

SIMEALI

V Simpósio de Engenharia
de Alimentos

Montes Claros, 16 a 18 de agosto de 2023

Instituto de Ciências Agrárias

Universidade Federal de Minas Gerais

Editores:

Carlos Alexandre de Oliveira

Claudia Regina Vieira

Érika Endo Alves

Organização:



MESTRADO EM
**alimentos
& saúde**

Mestrado em
Produção Animal 

ICA
INSTITUTO
DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS

UF **m** G

Apoio institucional:

Embrapa

Agroindústria de Alimentos

 **UESB**
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO SUDOESTE DA BAHIA



ISBN – 978-65-88389-29-4

Copyright © 2023 – Carlos Alexandre de Oliveira, Claudia Regina Vieira, Érika Endo Alves.

Diagramação: Claudia Regina Vieira, Érika Endo Alves.

Fotografias: Victor Maurício, Canva®

Direitos reservados dessa edição à
Carlos Alexandre de Oliveira, Claudia Regina Vieira, Érika Endo Alves.

Avenida Universitária, 1000
39 404 – 547 – Montes Claros, MG – Brasil

Tel: +55 38 2101 7710

Fax: +55 38 2101 7753

e-mail: organizacao.simeali@gmail.com

Web site: www.simeali.com

Todos os direitos reservados. A reprodução não autorizada dessa publicação, no todo ou em parte, constitui violação do copyright (Lei nº 9.610/98).

Os conceitos emitidos neste e-book são de inteira responsabilidade dos autores.

1ª Edição - 2023

Simpósio de Engenharia de Alimentos – SIMEALI (5. : 2023 : Montes Claros).

S612S
2024 V Simpósio de Engenharia de Alimentos (SIMEALI) – Biomas brasileiros: industrialização e consumo alimentar [recurso eletrônico] / Editores: Carlos Alexandre de Oliveira, Claudia Regina Vieira e Érika Endo Alves. Montes Claros: ICA/UFMG, 2024.
699 p. : il.

Inclui referências.

ISBN: 978-65-88389-29-4

1. Alimentos -- Indústria. 2. Levantamentos nutricionais. 3. Sustentabilidade. 4. Divulgação científica. I. Instituto de Ciências Agrárias da UFMG. II. Título.

ELABORADA PELA BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DO ICA/UFMG
Josiel Machado Santos – CRB-6/2577

APRESENTAÇÃO

O V SIMEALI - SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS chega aos seus 8 anos de existência com o desafio de propor um tema inovador e de se consolidar como um espaço para compartilhamento de experiências e informações relevantes à área de Engenharia de Alimentos e áreas afins. Desta forma, nesta 5ª edição, o SIMEALI apresenta o tema “Biomassas brasileiras: industrialização e consumo alimentar”, inspirado na importância e na necessidade de ampliar as discussões sobre a temática, com o enfoque no aproveitamento, produção e consumo de alimentos sustentáveis.

O V SIMEALI ocorreu entre os dias 16 e 18 de agosto de 2023, no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, Campus Montes Claros e contou com a participação da Comissão Organizadora, incluindo o Comitê científico, composta por quarenta integrantes: dezenove docentes do ICA/UFMG; cinco docentes/pesquisadores de diferentes instituições de Ensino e Pesquisa do Brasil (Embrapa Agroindústria de Alimentos, UESB, USP e UFG); três servidores técnicos administrativos do ICA/UFMG; nove discentes de Graduação do ICA/UFMG e quatro discentes de Pós-Graduação do ICA/UFMG.

Colaboraram com o Simpósio vinte conferencistas de diferentes Instituições, na realização de uma mesa redonda e seis palestras de temas variados – M.Sc. Alex Douglas Demier (CODEVASF), Jordana Maria Cardoso Kataoka (Mestranda em Biotecnologia/Unimontes), M.Sc. Karine Marafon (Duas Rodas), D.Sc. Lanamar De Almeida Carlos (Departamento de Engenharia de Alimentos/UFSJ), D.Sc. Luciana de Oliveira Andrade (ICB/UFMG), D.Sc. Márcia Cristina Teixeira Ribeiro Vidigal (DTA/UFV) e D.Sc. Ricardo Alexandre Silva Pessoa (Departamento de Zootecnia/UFRPE) e D.Sc. Paulo César Stringheta (DTA/UFV) – e na realização de onze

minicursos: D.Sc. Ana Clarissa dos Santos Pires (DTA/UFV), Eng. Andréia Braga Inácio (Bourbon Specialty Coffees), Camila Ribeiro Rocha (Doutoranda em Biotecnologia Industrial/Unimontes), D.Sc. Ernane Ronie Martins (ICA/UFMG), D.Sc. Gevany Paulino de Pinho (ICA/UFMG), D.Sc. Gustavo Leal Teixeira (ICA/UFMG), Handray Fernandes de Souza (Doutorando em Engenharia de Alimentos/USP), D.Sc. Ivan Pires de Oliveira (ICA/UFMG), D.Sc. Maria Fernanda Lousada Antunes (ICA/UFMG); D.Sc. Maximiliano Soares Pinto (ICA/UFMG), D.Sc. Matheus Henrique Mariz de Avelar (Pós-Doutorado/UFSJ) e Eng. Tatiana Santos Lima (Laticínios Damares).

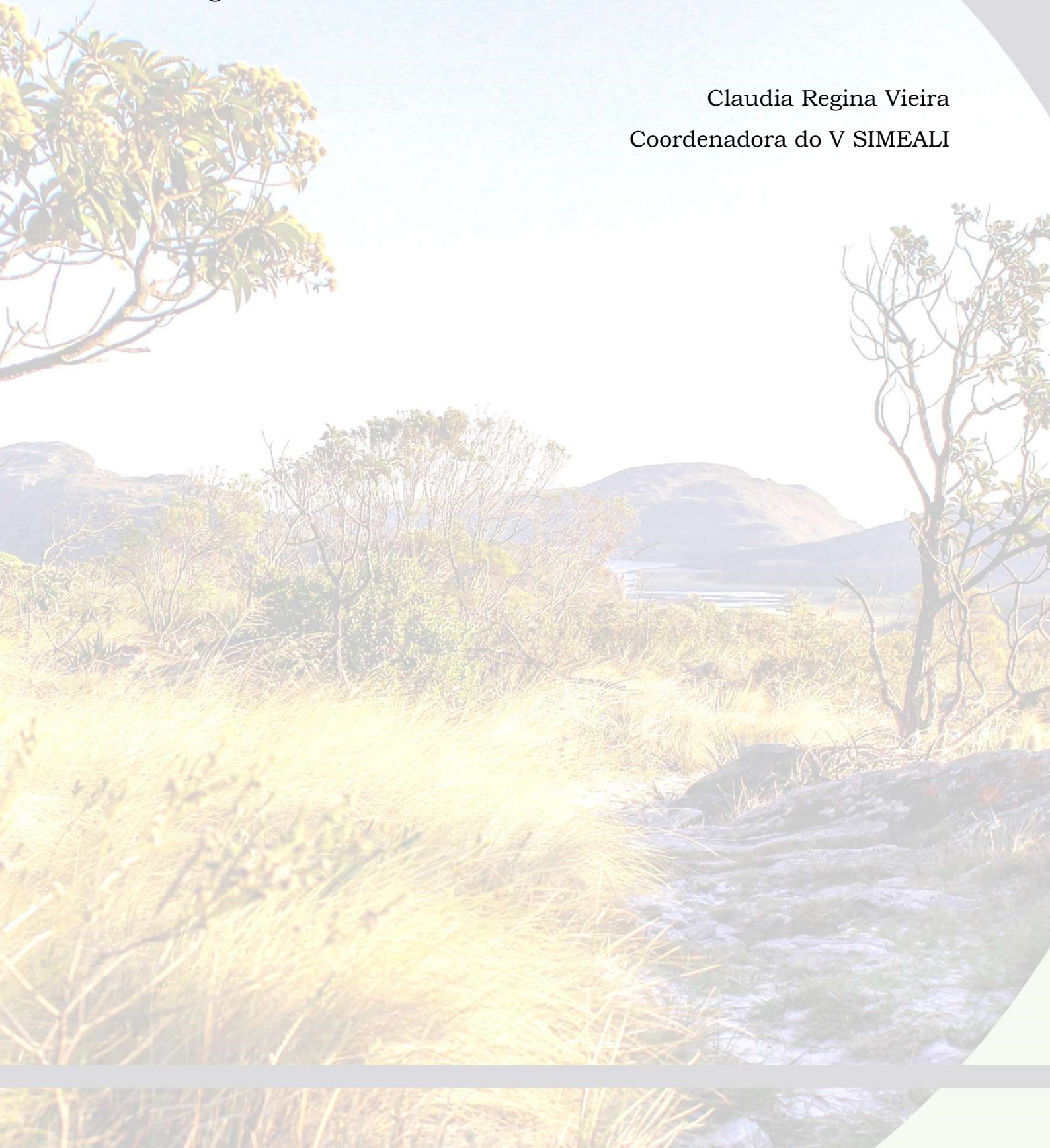
Nesta edição, contamos com a presença de 182 participantes inscritos, oriundos de diferentes localidades do Brasil e com a submissão de 61 trabalhos científicos, dos quais 53 foram aprovados e estão disponíveis neste *E-book*. O processo de avaliação foi realizado via Plataforma Even3® e contou com a colaboração de 62 avaliadores de diferentes instituições de Ensino e Pesquisa do País, de subáreas diversificadas e afins às áreas de Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos.

Os trabalhos aprovados e apresentados na forma de capítulos estão divididos nas seguintes áreas temáticas: Biotecnologia de alimentos, tratamento e aproveitamento de subprodutos; Controle de qualidade: análise sensorial, química de alimentos e análise de alimentos; Engenharia: desenvolvimento, modelagem, simulação, controle e automação de processos e operações; Nutrição: alimentos e saúde, alimentos funcionais, fortificação de alimentos, rotulagem obrigatória; Segurança dos alimentos: microbiologia de alimentos, higiene em indústria de alimentos e toxicologia de alimentos; Tecnologia de alimentos: embalagens de alimentos, desenvolvimento e processamento de alimentos.

Independente da área temática, os capítulos possuem como tema central os desafios enfrentados pela cadeia produtora de alimentos e representam o trabalho colaborativo, tão valorizado nos tempos atuais, e o

compartilhamento do conhecimento entre pesquisadores, professores, profissionais e acadêmicos de Cursos Técnicos, Graduação e Pós-Graduação das áreas de Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos, Nutrição, Ciências Agrárias e demais áreas afins da região Norte de Minas Gerais e demais regiões do Brasil.

Claudia Regina Vieira
Coordenadora do V SIMEALI



AGRADECIMENTOS

Aos autores, por compartilharem os resultados de suas pesquisas e possibilitarem a publicação deste *E-book*.

Aos avaliadores, pelas correções, sugestões e contribuições valiosas para o aprimoramento dos trabalhos avaliados.

Aos apoiadores e patrocinadores, pela confiança depositada e pela concessão de recursos que viabilizaram a realização do V SIMEALI.

À Organização, pelo trabalho árduo, comprometimento e dedicação na realização do evento.

A todos os inscritos no V SIMEALI, razão principal de nossos esforços e dedicação para realizar o evento.

Aos servidores dos Setores de Comunicação, Infraestrutura, Informática, Jardinagem, Limpeza e Segurança do ICA/UFMG, pela dedicação despendida, essencial para a realização do V SIMEALI.

A todos que, de alguma uma forma, tornaram possível a realização do V SIMEALI e, por conseguinte, a publicação deste *E-book*.

Nossos sinceros agradecimentos.

Claudia Regina Vieira
Coordenadora do V SIMEALI

Érika Endo Alves
Subcoordenadora do V SIMEALI



V SIMEALI
Fotos: Comissão Organizadora
Agosto de 2023

ORGANIZAÇÃO

Coordenação Geral

Claudia Regina Vieira – Docente (ICA/UFMG)

Érika Endo Alves – Docente (ICA/UFMG)

Comitê Planejamento e Logística

Hugo Calixto Fonseca – Técnico (ICA/UFMG)

Mariuze Loyanny Pereira Oliveira – Técnica (ICA/UFMG)

Comitê Científico

Alessandra Lopes de Oliveira - Docente (FZEA/USP)

Bruna Mara Aparecida de Carvalho Mesquita – Docente (ICA/UFMG)

Clarissa Damiani – Docente (UFG)

Cristiane Patrícia Oliveira – Docente (UESB)

Eduardo Robson Duarte (ICA/UFMG)

Fausto Makishi (ICA/UFMG)

Igor Viana Brandi – Docente (ICA/UFMG)

Janaína Teles de Faria – Docente (ICA/UFMG)

Júnia Capua de Lima Novello - Docente (UNIFTEC)

Junio Cota Silva (ICA/UFMG)

Luciana Castro Geraseev (ICA/UFMG)

Maximiliano Soares Pinto – Docente (ICA/UFMG)

Milton Nobel Cano Chauca – Docente (ICA/UFMG)

Neide Judith Faria de Oliveira – Docente (ICA/UFMG)

Roberta Torres Careli – Docente (ICA/UFMG)

Sérgio Henrique Souza Santos – Docente (ICA/UFMG)

Virgínia Martins da Matta – Pesquisadora (EMBRAPA Agroindústria de Alimentos)

William James Nogueira Lima – Docente (ICA/UFMG)

Comitê Mostra de Novos Produtos

Caroline Liboreiro Paiva – Docente (ICA/UFMG)

Ivan Pires de Oliveira (ICA/UFMG)

Juliana Pinto de Lima – Docente (ICA/UFMG)

Livia Vieira de Barros (ICA/UFMG)

Sandro Braga Soares – Técnico (ICA/UFMG)

Comitê Discente

Alexandre Oliveira Rodrigues – Mestrado em Produção Animal (ICA/UFMG)

Adna Pereira Mota Gomes – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Bárbara Clara Soares Fonseca – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Daniela Cácia dos Santos – Mestrado em Alimentos e Saúde (ICA/UFMG)

Dawyd Novaes Cunha – Graduação em Engenharia Florestal (ICA/UFMG)

Ester Dias Xavier – Mestrado em Produção Animal (ICA/UFMG)

Leonardo Correa Gomes da Silva - Mestrado em Alimentos e Saúde (ICA/UFMG)

Lívia Aparecida Gomes Silva – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Lucélio Alves Marques Costa – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Magno Simão Silva Filho – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Marcos Ferreira dos Santos – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Nicolly Rodrigues – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Yudji Christofolletti Sassaki Iuwakiri - Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)



Comissão Organizadora do V SIMEALI

Fotos: Comissão Organizadora

Agosto de 2023

SUMÁRIO

PARTE 1 16

CAPÍTULO 1 - Termoestabilidade da endoglucanase bruta de *Aspergillus niger* ATCC 1004 produzida por fermentação em estado sólido

Fabiane Neves Silva; João Marcos Sena Chaves; Luise de Oliveira Sena; Gabriel Lucas Silva de Jesus; Adriano Aguiar Mendes; Marcelo Franco 17

CAPÍTULO 2 - Imobilização de invertase bacteriana em sílica gel para produção do açúcar invertido

Larissa Santos Saraiva; Natanael do Carmo Souza Gomes; Michelle da Cunha Abreu Xavier; Rafael Firmani Perna; Alex Fernando de Almeida; Sergio Andres Villalba Morales 30

CAPÍTULO 3 - Avaliação do teor de proteínas e carotenoides de bagaço de malte submetido a fermentação em estado sólido

Noelia Fernanda Martins de Azevedo; Liliane Maciel de Oliveira; Felipe Machado Trombete 41

CAPÍTULO 4 - Produção de pectinases bacterianas a partir de culturas puras e mistas isoladas de frutos amazônicos

Roze Anne Ferreira Lima; Catarina Francisca Morais Lima Carvalhinho; Larissa Santos Saraiva; Sergio Andres Villalba Morales; Solange Cristina Carreiro; Alex Fernando de Almeida 53

PARTE 2 65

CAPÍTULO 1 - Avaliação do potencial extrator de constituintes fenólicos de diferentes solventes sobre a pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolia* Raddi) através de métodos espectrofotométricos e CLAE

Amanda Beatriz Sales de Lima; Roberta Ribeiro da Cruz Cangussu; Denise Santos Costa; Leandro Soares Santos 66

CAPÍTULO 2 - Avaliação microbiológica de Queijos Minas Artesanais produzidos na região do norte de Minas Gerais, na época de seca

Bárbara Clara Soares Fonseca; Camila Alves de Ávila; Tawana Silva Cardoso; Larissa de Mattos Sarmento; Maximiliano Soares Pinto; Denise Sobral 78

CAPÍTULO 3 - Avaliação das alterações sensoriais durante o armazenamento de chocolates

Beatriz de Oliveira Matos; Heloísa Oliveira Dória; Milena Rocha Lima; Taniele de Jesus Sousa Santos; Gabrielle Cardoso Reis Fontan 90

CAPÍTULO 4 - Caracterização físico-química e microbiológica de queijos produzidos no município de Paraopeba-MG

Emanuelle Couto Soares; Christiano Vieira Pires; Maria Laura Lourenço Moreira; Luana Sousa Silva; Edmilson Tinoco Vilela Junior 102

CAPÍTULO 5 - Espectroscopia de infravermelho próximo como técnica inovadora para detecção da autenticidade de suplementos alimentares de creatina

Gabriel Rosário Santos; Thinara de Freitas Oliveira; Laoan Brito Oliveira Rodrigues; Robério Rodrigues Silva; Leandro Soares Santos..... 116

CAPÍTULO 6 - Determinação de cobre em cachaças artesanais comercializadas no município de Itapetinga - Bahia

Ícaro Bastos Silva; Israel Teixeira Neto..... 128

CAPÍTULO 7 - Caracterização físico-química e química de coloríficos comercializados em Guanambi-BA

Joane Cistina Costa Pereira; Mateus Barbosa Silva; Amália Michelle Gomes Costa..... 140

CAPÍTULO 8 - Morfometria de queijos cabacinha de diferentes municípios do Vale do Jequitinhonha

Karine Santos Soares; Neide Judith Faria de Oliveira; Adair da Silva Santos Filho; Noel Cardoso Veloso; Augusto Andrade Pereira 154

CAPÍTULO 9 - Emprego da amêndoa de macaúba na formulação de produtos de panificação

Maria Eduarda Soares Andrade; Mariuze Loyanny Pereira Oliveira; Caroline Liboreiro Paiva. 168

CAPÍTULO 10 - Análises físico-químicas de cervejas produzidas com lúpulo em flor e pellet brasileiros e pellet importado

Neuza Marques Ramos; Alexandre Fontes Pereira; Michelle Rigueira Oliveira..... 183

CAPÍTULO 11 - Perfil aromático de cervejas produzidas com lúpulo em flor e pellet brasileiros e pellet importado

Neuza Marques Ramos; Alexandre Fontes Pereira; Michelle Rigueira Oliveira..... 198

CAPÍTULO 12 - Parâmetros de qualidade de óleos de pequi produzidos na região norte-mineira

Pedro Vitor de Souza Silva; Jefferson Fernandes Soares; José Fábio Soares; Hugo Calixto Fonseca; Caroline Liboreiro Paiva; Juliana Pinto de Lima..... 212

CAPÍTULO 13 - Caracterização físico-química de mortadelas tradicionais comercializadas na cidade de Goiânia - GO

Rayanna Ferreira Lopes; Rodrigo Blasquez; Tomás Rezende Gomes; Katiúcia Alves Amorim; Fernanda Salamoni Becker; Clarissa Damiani..... 226

CAPÍTULO 14 - Caracterização do mel de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e mel silvestre produzidos no estado de Minas Gerais

Roberta Ribeiro da Cruz Cangussu; Denise Santos Costa; Fernanda Damasceno Aguiar; Daniele Santana de Jesus; Laoan Brito Oliveira Rodrigues; Leandro Soares Santos..... 238

CAPÍTULO 15 - Avaliação sensorial de pão de forma enriquecido com farinha da torta de buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

Roberto Angelo Ferreira Nascimento; Maria Amanda do Carmo Souza; Tatiane Pereira da Silva; Karine Santos Soares; Claysse Aparecida Alves Machado ; Claudia Regina Vieira 249

CAPÍTULO 16 - Uso de imagem digital para determinação quantitativa de azul de metileno em solução aquosa

*Robson Almeida Silva; Rosane Pereira de Souza, João Vítor Mares Ramos; João Pedro Rocha Oliveira; Fabiany Cruz Gonzaga; Cristiane Patrícia de Oliveira;.....*262

CAPÍTULO 17 - Características físicas, químicas e nutricionais do coquinho-azedo: estudo comparativo entre frutos com diferentes cores de epicarpo

*Shirlene Gonçalves Siqueira, Lucas André Xavier da Silva, Juliana Froés Pirôpo de Oliveira Gabriel Sthefano Lourenço Pereira, Poliane Batista Santos, Juliana Pinto de Lima.....*273

CAPÍTULO 18 - Cajuzinho-do-cerrado: caracterização física, química e nutricional

*Shirlene Gonçalves Siqueira, Poliane Batista Santos, Mariuze Loyanny Pereira Oliveira, Gabriel Sthefano Lourenço Pereira, Lucas André Xavier da Silva, Juliana Pinto de Lima*285

PARTE 3.....296

CAPÍTULO 1 - Parâmetros de secagem do coproduto da agroindústria de coquinho azedo (*Butia capitata*)

*Claysse Aparecida Alves Machado; Maria Amanda do Carmo Souza; Tatiane Pereira da Silva; Debora Maria Barbosa Souza; Milton Nobel Cano Chauca; Claudia Regina Vieira.....*297

CAPÍTULO 2 - Análise de simetrias em equações diferenciais da cinética enzimática em engenharia de alimentos

*Ester Mabel de Oliveira Vieira; Marilyn da Rocha Campos; Israel Almeida Lopes; Ronaldo Thibes*309

CAPÍTULO 3 - Extração de proteínas de mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*)

*Isabela Cristine Braga de Oliveira; Bruna Larissa Pestana dos Santos; Carolina Magalhães Caires Carvalho; Flávia Echila Ribeiro Batista; Bruna Mara Aparecida de Carvalho Mesquita*319

CAPÍTULO 4 - Desenvolvimento do processo de secagem do coproduto da agroindústria de buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

*Karine Santos Soares; Nicolay Rodrigues; Skarleth Andressa Carvalho Castilho; Lilian Karoline Souza Fernandes; Roberto Angelo Ferreira Nascimento; Claudia Regina Vieira*333

CAPÍTULO 5 - Desenvolvimento de um secador de frutas solar com convecção forçada

*Silas Santana da Silva; Gabriel Rosário Santos; Thinara de Freitas Oliveira; Rosana Moura de Oliveira; Leandro Soares Santos; Leonardo Vieira Pontes*346

PARTE 4.....358

CAPÍTULO 1 - Análise crítica da rotulagem de doces comercializados no Mercado Central Christo Raeff Nedelkoff, em Montes Claros, Minas Gerais

*Bárbara Clara Soares Fonseca; Lívia Aparecida Gomes Silva; Caroline Liboreiro Paiva.....*359

CAPÍTULO 2 - A nova rotulagem nutricional frontal dos alimentos sob a ótica das crianças

*Débora de Souza Campos; Beatriz de Oliveira Matos; Gabrielle Cardoso Reis Fontan;.....*373

PARTE 5.....385

CAPÍTULO 1 - Avaliação da qualidade higiênico-sanitária de uma hamburgueria no município de Itapetinga-BA

Antônia Cardoso Mendes de Araújo; Mauren Miyaji 386

CAPÍTULO 2 - Análise microbiológica de queijo Minas artesanal de Porteirinha, MG

Livia Caroliny Almeida Santos Souza; Tawana Silva Cardoso; Bárbara Clara Soares Fonseca; Larissa de Mattos Sarmiento; Irene Menegali; Maximiliano Soares Pinto 400

CAPÍTULO 3 - Extrato etanólico de *Mangifera indica* L. reduz adesão de *Staphylococcus* spp. isolados de leite mastítico

Roberta Torres Careli; Diogo França Arruda; Camila Ribeiro Rocha; Emanuely Gomes Alves Mariano; Adriana Gonçalves Freitas; Eduardo Robson Duarte 412

CAPÍTULO 4 - Não conformidades em estabelecimentos registrados na inspeção municipal de alimentos de origem animal de Caxias do Sul - RS

Vanessa Webber; Daniela Jacobus; Leticia Sopena Casarin; Roberta Torres Careli; Júnia Cápua de Lima Novello..... 425

PARTE 6.....440

CAPÍTULO 1 - Ozonização de farinha integral de sorgo e avaliação dos efeitos na qualidade química

Bianca Rocha da Silva; Cintia Nanci Kobori; Lanamar de Almeida Carlos; Valéria Aparecida Vieira Queiroz; Felipe Machado Trombete..... 441

CAPÍTULO 2 - Elaboração e caracterização de balas de goma de tamarindo (*Tamarindu indica* L.)

Bruna Fernandes de Souza Santos; Michelle Aparecida Teixeira Ribeiro; Amanda Dias Martins; Ana Carolina Fonseca e Silva; Daniela Schreiber Sant'Anna; Cintia Nanci Kobori 454

CAPÍTULO 3 - Elaboração de farinha de beterraba por secagem: otimização do processo e avaliação da composição nutricional

Isabela Garcia Ribeiro, Lucas André Xavier da Silva, Lara Maria dos Santos Ferraz e Silva, Gabriel Sthefano Lourenço Pereira, Mariuze Loyanny Pereira Oliveira, Claudia Regina Vieira 468

CAPÍTULO 4 - Desenvolvimento e avaliação da qualidade de antepastos a base de Kefir

Lais da Costa Silva; Nathally Stefany Garcia; Juliana Cristina Sampaio Rigueira Ubaldo; Christiano Vieira Pires; Aline Cristina Arruda Gonçalves 479

CAPÍTULO 5 - Influência da adição de diferentes tipos de sais nas características físico-químicas e de textura de géis proteicos

Larissa Costa de Oliveira; Talita Fernandes Ferreira; Alejandra Paola Polanco; Monalisa de Andrade Pereira Dutra 493

CAPÍTULO 6 - Avaliação de filme a base de carboximetilcelulose incorporado com extrato de antocianinas do repolho roxo

Marcela Cirqueira de Jesus; Jéssica Santos de Oliveira; Cristiane Patrícia de Oliveira..... 507

CAPÍTULO 7 - Filmes bioativos à base de amido e gelatina reciclada incorporados com extrato de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller)

Maria Elis Ferreira Almeida; Jocilane Pereira Oliveira; Giovana Alkmin Barbosa Silva; Cristiane Patrícia Oliveira; Lucas Britto Landim; Normane Mirele Chaves Silva..... 519

CAPÍTULO 8 - Elaboração e caracterização de bolo integral com farinha de banana verde e psyllium

Maria Laura Lourenço Moreira; Christiano Vieira Pires; Emanuelle Couto Soares; Felipe Machado Trombete; Aline Cristina Arruda Gonçalves; Washinton Azevedo da Silva..... 532

CAPÍTULO 9 - Análise centesimal, compostos fenólicos e capacidade antioxidante de farelo e extrato obtidos a partir do processamento da casca de Mangostão

Mariélen Oliveira Amaral; Thaís Canuto; Franciele Maria Pelissari 545

CAPÍTULO 10 - Influência da cor da embalagem de pão de forma elaborado com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo (*Butia capitata*) na decisão de compra pelo consumidor

Nicolly Rodrigues; Maria Amanda do Carmo Souza; Tatiane Pereira da Silva; Karine Santos Soares; Claysse Aparecida Alves Machado ; Claudia Regina Vieira 559

CAPÍTULO 11 - Preferências do consumidor sobre a embalagem de pão de forma elaborado com farinha da torta de buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

Nicolly Rodrigues; Debora Maria Barbosa Souza; Lilian Karoline Souza Fernandes; Roberto Angelo Ferreira Nascimento; Mariuze Loyanny Pereira Oliveira; Juliana Pinto de Lima..... 572

CAPÍTULO 12 - Análise do impacto das técnicas de ultrassom e micro-ondas na extração proteica de microalgas e sua aplicabilidade em emulsões

Pedro Valverde Reis Lopes; Cintia Nanci Kobori; Christiano Vieira Pires; Janaína Miranda Barbosa..... 583

CAPÍTULO 13 - Influência do modelo de caneca em parâmetros de textura de bolos de micro-ondas

Rayanna Ferreira Lopes; Gabriel Montagnini Oliveira; Victor Hugo Bernardes Rodrigues; Katiúcia Alves Amorim; Fernanda Salamoni Becker ; Clarissa Damiani..... 598

CAPÍTULO 14 - Carne de búfalo (*Bubalus bubalis*): composição química, física e maturação *wet aged*

Ricardo Alexandre Silva Pessoa; Maria Victoria Viegas de Moraes Teixeira; Maria Vitória Gomes da Silva; Maria Luciana Menezes Wanderley Neves; Júlio César dos Santos Nascimento; Marília Celeste Tavares Fernandes..... 611

CAPÍTULO 15 - Caracterização físico-química e tecnológica de pão de forma elaborado com farinha da torta de buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

Roberto Angelo Ferreira Nascimento; Debora Maria Barbosa Souza; Lilian Karoline Souza Fernandes; Nicolly Rodrigues; Mariuze Loyanny Pereira Oliveira; Juliana Pinto de Lima 624

CAPÍTULO 16 - Biscoito integral amanteigado elaborado com farinha integral de milho extrudada: avaliação da cor, textura e tabela nutricional

Sabrina Jéssica Maura de Andrade; Ana Caroline Fonseca e Silva; Matheus Gonçalves Gomes; Isabela Maciel Costa; Washington Azevedo Silva ; Felipe Machado Trombete..... 638

CAPÍTULO 17 - Avaliação das características físico-químicas, textura e estabilidade de géis proteicos formulados de diferentes proteínas

Talita Fernandes Ferreira; Larissa Costa de Oliveira; Alejandra Paola Polanco Tabalera; Monalisa Andrade Pereira Dutra 651

CAPÍTULO 18 - Percepções do consumidor sobre propostas de embalagens de barra de cereais produzidas com farinha do coproduto da agroindústria de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata*)

Tatiane Pereira da Silva; Debora Maria Barbosa Souza; Lilian Karoline Souza Fernandes; Roberto Angelo Ferreira Nascimento; Mariuze Loyanny Pereira Oliveira; Juliana Pinto de Lima..... 665

CAPÍTULO 19 - Proposta de embalagem de barra de cereais elaborada com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo (*Butia capitata*): o tipo de embalagem pode influenciar na decisão de compra pelo consumidor?

Tatiane Pereira da Silva; Maria Amanda do Carmo Souza; Nicolay Rodrigues; Karine Santos Soares; Claysse Aparecida Alves Machado; Claudia Regina Vieira 678

CAPÍTULO 20 - Efeito da simbiose de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* durante a fermentação do leite para produção de iogurte

Tawana Silva Cardoso, Alexandre Oliveira Rodrigues, Bruna Karoline Oliveira Ferreira, Ester Dias Xavier, Irene Menegali, Maximiliano Soares Pinto 689

PARTE 1

BIOTECNOLOGIA DE ALIMENTOS; TRATAMENTO E APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS



Foto: Victor Maurício, 2019.

CAPÍTULO 1

Termoestabilidade da endoglucanase bruta de *Aspergillus niger* ATCC 1004 produzida por fermentação em estado sólido

Fabiane Neves Silva^{*1}; João Marcos Sena Chaves²; Luise de Oliveira Sena¹; Gabriel Lucas Silva de Jesus³; Adriano Aguiar Mendes⁴; Marcelo Franco⁵

Resumo

A termoestabilidade de enzimas é uma característica almejada pelas indústrias, já que a grande parte das operações são efetuados em diferentes temperaturas. O estudo buscou conhecer o efeito da temperatura na atividade da endoglucanase bruta produzida pelo *Aspergillus Niger* ATCC 1004 por fermentação em estado sólido da casca da amêndoa do cacau e palma forrageira, bem como os parâmetros termodinâmicos: energia de inativação térmica ($E_{a(D)}$), entalpia de ativação da desnaturação térmica (ΔH°_D), entropia de ativação da desnaturação térmica (ΔS°_D) e a energia livre de Gibbs de ativação da desnaturação térmica (ΔG°_D). Em concordância com outros autores, 50 °C foi a melhor condição de trabalho com a enzima. A $E_{a(D)}$ (11,51 KJ mol⁻¹) foi a quantidade mínima de energia fornecida a enzima para dar início ao processo de inativação. A constante de inativação (K_d) aumentou proporcionalmente com o aumento da temperatura indicando que a enzima é menos termoestável em temperaturas crescentes. A ΔS°_D reduziu com o aumento da temperatura demonstrando a existência de estabilidade enzimática, sendo uma característica desejada para aplicação bioindustrial. Valores positivos de ΔH (8,741 KJ mol⁻¹ e 8,574 KJ mol⁻¹ nas temperaturas máxima e mínima) indicam ser um processo endotérmico em que há fornecimento de energia para inativação da enzima. A ΔG°_D teve aumento proporcional ao aumento da temperatura, o que sugere uma maior resistência a desnaturação. O estudo dos parâmetros termodinâmicos indicou que a endoglucanase obtida do *Aspergillus niger* ATCC 1004 é termicamente estável e resistente ao processo de desnaturação, tornando-a propícia a aplicações biotecnológicas.

Palavras-chave: Caracterização enzimática. Celulase. Resíduos agroindustriais. Termodinâmica.

¹ Pós-graduação; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

² Pós-graduação; Universidade Estadual de Santa Cruz.

³ Graduação; Universidade Estadual de Santa Cruz.

⁴ Professor Associado; Universidade Federal de Alfenas.

⁵ Professor Pleno; Universidade Estadual de Santa Cruz.

* E-mail: fabineves@gmail.com.

Introdução

A celulose, polímero presente na parede celular vegetal, é composta por unidades de celobiose e constitui de estruturas cristalinas e amorfas. Ligações de hidrogênio entre grupos hidroxila na ligação de celulose formam os arranjos cristalinos, com diferentes graus de cristalinidade, enquanto nas regiões amorfas, os polímeros de celulose se encontram mais disponíveis para ligação de hidrogênio a outras moléculas. Em razão dessas diferentes formas moleculares, as regiões amorfas e cristalinas estão conectadas por ligações glicosídicas β -1,4 (SIQUEIRA, *et al.*, 2020).

A estrutura lignocelulósica é composta por uma matriz complexa de hemicelulose e lignina unidas à celulose na parede celular de plantas. É essencial ter uma ação sinérgica de enzimas celulolíticas para a degradação da celulose (SINGH, *et al.*, 2023). As celulasas que são o complexo enzimático composto, em grande parte, por endoglucanase (EC 3.2.1.4), exoglucanase, celobiohidrolase (EC 3.2.1.91), e β -glicosidase (EC 3.2.1.21) são responsáveis pela hidrólise da celulose (SIQUEIRA, *et al.*, 2020).

As celulasas compõem um grupo de enzimas de grande importância para o mundo industrial por atuarem em diversos processos de biotransformação (GAETE; TEODORO; MARTINAZZO, 2020). A demanda por essas enzimas cresce nas últimas décadas pela necessidade de novas fontes de enzimas eficientes e baratas para atender à busca pelos biocombustíveis e pela indústria alimentícia. Além disso, as celulasas têm outras aplicações amplas em diferentes áreas, como as indústrias de papel e celulose, detergentes, bebidas e ração animal. A obtenção das celulasas pode ser a partir de bactérias, fungos e protozoários através da degradação da celulose (LEE *et al.*; 2016; SAQIB *et al.*; 2010). Os microrganismos são vantajosos na produção dessas enzimas por gerarem produtos estáveis, em processo de baixo custo, espaço e duração, o que facilita a otimização de processos a níveis industriais (GURUNG *et al.*, 2013). Os fungos mais empregados são do gênero *Aspergillus* por meio de fermentação em estado sólido (FES) e fermentação submersa (FMS) (DIXIT, M.; SHUKLA, 2023; SANTOS, G. B.; *et al.* 2022).

Dentre as celulasas, tem-se a endoglucanase (EC 3.2.1.4) que hidroliza ligações β -1,4-glicosídicas internas de moléculas de celulose (HODA *et al.*, 2021). O custo de produção dessa enzima é um fator limitante para sua aplicação industrial. Dessa forma, uma alternativa seria a sua obtenção por SSF. Além disso, substratos lignocelulósicos, como os resíduos agroindustriais, podem ser empregados para reduzir custos sob o processo, por fornecerem nutrientes suficientes e proporcionarem o ambiente adequado para o desenvolvimento fúngico (DIXIT, M.; SHUKLA, 2023; SANTOS, G. B.; *et al.* 2022).

As condições de fermentação estão relacionadas aos parâmetros de pH do meio, teor de umidade, tempo de incubação e temperatura. São esses fatores que irão influenciar na máxima produção da

enzima. Celulases resistentes a variações de temperatura, como as termoestáveis, possuem uma qualidade almejada para fins industriais, pois são potencialmente interessantes na hidrólise de substratos lignocelulósicos e grande parte dos processos industriais é executada a temperaturas elevadas (SAQIB *et al.*; 2010). Neste contexto, se torna importante o estudo da termoestabilidade das enzimas, e no presente estudo, parâmetros como a energia de inativação térmica ($E_{a(D)}$), entalpia de ativação da desnaturação térmica (ΔH°_D), entropia de ativação da desnaturação térmica (ΔS°_D) e a energia livre de Gibbs de ativação da desnaturação térmica (ΔG°_D) foram utilizados para avaliar a termoestabilidade das preparações de endoglucanase produzidas por *Aspergillus Niger* ATCC 1004 por fermentação em estado sólido.

Material e Métodos

Preparo da suspensão de esporos

A cepa de *Aspergillus Niger* ATCC 1004 utilizada neste estudo foi cedida pela INCQS/Fiocruz (município de Manguinhos, Rio de Janeiro, Brasil) e pode ser consultado sob o código 40018. A cepa foi mantida a 4 °C em meio ágar-dextrose-batata (PDA). A suspensão de esporos foi preparada utilizando o microrganismo cultivado em meio PDA por 7 dias a 26 °C. Após a incubação, a cultura esporulada foi suspensa em solução de Tween 80 (0,01%, v/v) e a contagem do número de esporos foi realizada com o auxílio de um microscópio binocular (modelo BA-210, Motic) e uma câmara de Neubauer.

Biomassa lignocelulósica

A casca da amêndoa do cacau (CC) (*Theobroma cacao*) foi cedido pela empresa Barry Callebaut (município de Itabuna, Bahia, Brasil). A palma forrageira (PA) (*Nopalea cochenillifera*) foi doada pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) (Itapetinga, Bahia, Brasil). Os materiais foram secos em estufa de secagem com circulação de ar (24 h, 65 °C), seguido de moagem em um moinho Wiley para um tamanho de grão de aproximadamente 2 mm. A umidade da biomassa foi determinada em um equipamento de infravermelho (ID200, MARTE, São Paulo, Brasil).

Obtenção do extrato enzimático

As fermentações foram realizadas em Erlenmeyers de 125 mL contendo 5 g das misturas de

biomassas (80% casca da amêndoa do cacau e 20% de palma forrageira). A inoculação foi realizada com 10^7 de esporos/grama de biomassa e a umidade 60% com adição de água destilada autoclavada. As culturas foram conduzidas em uma incubadora BOD (TE-371, Tecnal, Piracicaba, Brasil) com temperatura controlada de 28°C por 96h. As condições de tempo, temperatura e umidade foram estabelecidas por testes realizados pelo grupo de pesquisa do presente trabalho.

A obtenção do extrato enzimático seguiu-se a metodologia de Nunes et al., (2020) com modificações. Após conclusão do tempo de fermentação, 50 mL de água destilada foram adicionados ao substrato fermentado e a mistura foi agitada em uma incubadora (QUIMIS, São Paulo, Brasil) a 30 °C e 200 rpm por 30 min. A fase líquida foi separada por prensagem mecânica, obtendo-se a permeação da gaze seguida de centrifugação (modelo CT-6000R, Cientec, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) por 10 minutos a 4000 rpm.

Determinação da atividade da endoglucanase

Para determinar a atividade enzimática aplicou-se o método baseado na medição dos açúcares redutores produzidos pela degradação de 2% (p/v) de carboximetilcelulose (CMC) (Cromoline, Diadema, Brasil) diluído em 0,05M de tampão acetato em pH 5,0 (MILLER, 1959). O ácido 3,5 - dinitrosalicílico – DNS – (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) foi aplicado para a quantificação de açúcares redutores. Os ensaios de reação foram conduzidos pela adição de 100 µL da solução de CMC em 100 µL do extrato enzimático. Os extratos foram diluídos na proporção de 1/5. O ensaio em branco continha 100 µL de CMC (Cromoline, Diadema, Brasil) e 100 µL de água destilada.

A reação ocorreu em banho maria (TE-054; Tecnal) a 50 °C durante 10 min, seguida da adição de 200 µL de DNS (Sigma-Aldrich). Os tubos foram submetidos a banho maria à 100 °C por 5 min e, posteriormente, a reação interrompida pela adição de 2 mL de água destilada para leitura de absorbância em 540 nm em um espectrofotômetro (UV-M51 UV/Vis; Spectrophotometer). Uma unidade internacional de atividade enzimática (U/mL) foi definida como a quantidade de enzima capaz de liberar 1 µmol de redução de açúcares por minuto a 50°C (SILVA *et al.*, 2018 com modificações).

Efeito da temperatura na atividade da endoglucanase

O efeito da temperatura na máxima atividade da endoglucanase foi obtida por meio de ensaios em diferentes temperaturas, 40 a 70°C em tampão acetato 0,05M, pH 5.

Ensaio de estabilidade térmica: estimativa dos parâmetros termodinâmicos

Os ensaios procederam com a incubação da endoglucanase bruta em diferentes temperaturas (60 a 80°C) por tempos determinados. Alíquotas foram coletadas em intervalos de tempo e imediatamente resfriadas em banho de gelo por 1 min para interromper a reação de inativação, seguida da determinação da atividade enzimática usando ensaio padrão na temperatura ótima. A atividade residual (%) foi calculada em relação a atividade enzimática no tempo zero (antes da incubação) em que a atividade foi tomada como 100%. A constantes de inativação (k_d) foi determinada com aplicação do modelo de decaimento exponencial não linear proposto por Sadana e Henley (SADANA & HENLEY; 1987). Os dados experimentais foram analisados no software Origin Pro, versão 8.0.

A energia de inativação térmica (E_{aD}) para a inativação da endoglucanase foi determinada por um gráfico de $\ln k_d$ contra $1/T$ conforme indicado na Eq. (1) (KUMAR *et al.*; 2013).

$$\ln kd = \ln A - \frac{E_d}{R} \frac{1}{T} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde A é o fator de frequência.

As alterações na entalpia (ΔH^0_D), energia livre de Gibbs (ΔG^0_D) e entropia (ΔS^0_D) para a inativação térmica do extrato bruto foram determinados por meio das respectivas equações (Eqs. (2), (3), (4) (KUMAR *et al.*; 2013) :

$$\Delta H^0 = E_d - RT \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\Delta G^0 = -RT \ln \left(\frac{k_d}{k_B T} \right) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\Delta S^0 = \frac{\Delta H^0 - \Delta G^0}{T} \quad (\text{Eq. 4})$$

onde T é a temperatura experimental correspondente (K), h é a constante de Planck ($11,04 \times 10^{-36}$ J/min), e k_B é a constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K).

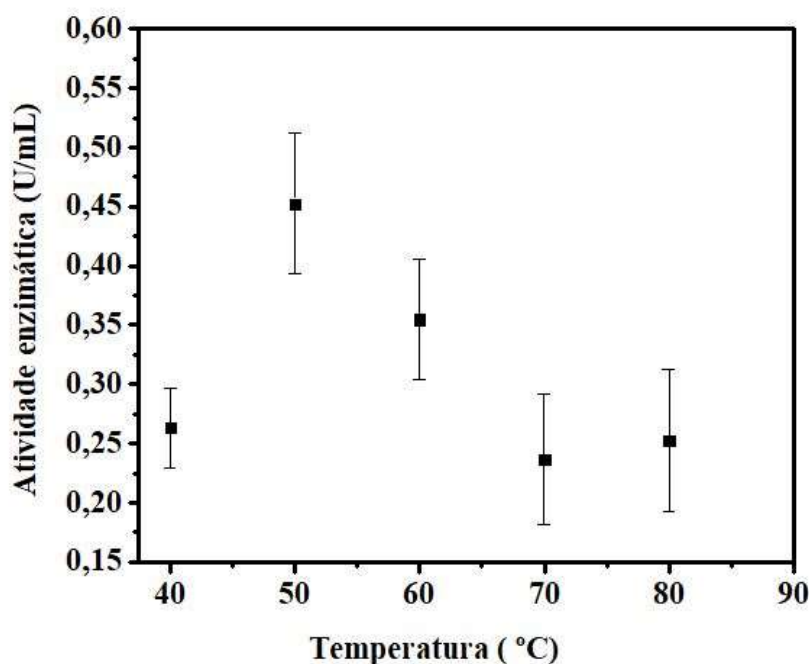
Resultados e Discussão

Neste estudo, foi investigado a estabilidade da endoglucanase frente ao tratamento térmico (40 °C – 80 °C) para descobrir a melhor condição de trabalho com a enzima produzida por ação de microrganismos na fermentação em estado sólido nas condições descritas, assim como, a temperatura que haveria decaimento da atividade enzimática e sua inativação.

A partir do estudo do efeito da temperatura na enzima, observou-se que o extrato enzimático bruto, com o aumento na temperatura levou um aumento correspondente na atividade da enzimática, e apresentou o maior índice de atividade enzimática para endoglucanase na temperatura de 50 °C, conforme Figura 1, indicando esta como sua temperatura ótima, acima desta temperatura a atividade foi

gradualmente perdida. Segundo Pacheco et al., (2022), a perda de atividade enzimática em temperaturas mais elevadas pode estar associada a desnaturação da estrutura da enzima. Dixit e Shukla (2023) investigaram a obtenção da endoglucanase por *Aspergillus niger* MPS25 pela técnica de FES e encontraram a máxima produção da enzima a 40 °C. Xue *et al.* (2018) averiguaram a temperatura ótima para a endoglucanase de *Aspergillus niger* purificada extraída da fermentação do vinho e obtiveram a temperatura de 60 °C. Em concordância com esta pesquisa, Narra *et al.* (2014) relataram encontrar a temperatura ótima de 50 °C para a endoglucanase obtida do *Aspergillus terreus*, enquanto, Oliveira *et al.*, (2019) relatam encontrar a mesma temperatura para a endoglucanase produzida em FES por *Penicillium roqueforti* ATCC 10110.

Figura 1 - Atividade da endoglucanase de *Aspergillus Niger* ATCC 1004 submetida a diferentes temperaturas



Fonte: Dos autores, 2023.

O conhecimento sobre os parâmetros termodinâmicos é necessário para entender o comportamento das moléculas em diferentes condições. Os ensaios de termoestabilidade e cinética dizem respeito a tolerância da enzima quanto ao aquecimento, já que, em geral as enzimas em altas temperaturas sofrem o processo de desdobramento ou desnaturação (PACHECO *et al.*, 2022). Os estudos de termoestabilidade da endoglucanase foram realizados segundo metodologia descrita por Sadana & Henley (1987) incubando a enzima nas temperaturas de 60 °C a 80 °C com intervalo de 10 °C em diferentes períodos de incubação e analisado a partir dos parâmetros energia de inativação (E_{aD} – quantidade mínima de energia para desnaturação enzimática), variação de entalpia de desnaturação

(ΔH°_D), variação de entropia associada a desnaturação térmica (ΔS°_D) e variação da energia livre de Gibbs durante a desnaturação térmica (ΔG°_D) obtidos a partir do tratamento de dados do experimento (Tabela 1)(SAQIB *et al.*; 2010).

Tabela 1 - Cinética e parâmetros termodinâmicos na desnaturação térmica irreversível da endoglucanase obtida do *Aspergillies niger* ATCC 1004

Temperatura		Kd ^a (min ⁻¹)	ΔH°_D (KJ mol ⁻¹)	ΔG°_D (KJ mol ⁻¹)	ΔS°_D (J mol ⁻¹ K ⁻¹)
°C	K				
60	333	0,0301	8,741	91,56	-248,7
70	343	0,0342	8,657	94,03	-248,9
80	353	0,0381	8,574	96,53	-249,2

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: Os valores de Kd foram obtidos a partir da Figura 3. A energia de ativação para desnaturação, $E_{a(D)} = -\text{slope} \times R$ (constante universal dos gases) = 11,51 KJ mol⁻¹.

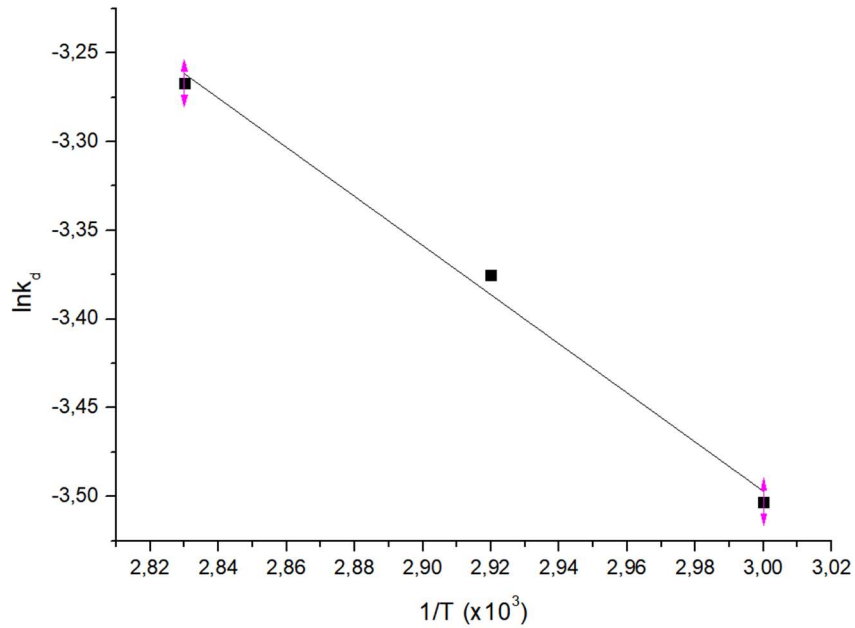
Os parâmetros termodinâmicos para a desnaturação térmica da endoglucanase (Tabela 1) foram calculados com base nos resultados expostos na Figura 3, 4 e 5. Assim como as reações químicas convencionais, para que ocorra a desnaturação da enzima é necessária uma quantidade mínima de energia, a energia de ativação, $E_{a(D)}$, que deve ser fornecido a enzima para dar início ao processo, sendo, esta inativação da enzima um processo irreversível, visto que, uma vez quebra parte da estrutura da enzima torna-se irreparável que ela retorne ao seu estado nativo (ANFENSEN, 1993; GAGNEUX, 2004; SILVA, 2015). A endoglucanase obtida da *Aspergillus niger* ATCC 1004 sob fermentação em estado sólido apresentou energia de inativação térmica de 11,51 KJ mol⁻¹, essa energia foi calculada a partir das linhas de ajuste para os gráficos de Arrhenius da constante de desnaturação térmica (K_d) versus temperatura absoluta inversa ($1/T$) (Figura 2). Com resultado semelhante, Mirando *et al.*, (2014) obtiveram energia de inativação térmica de 11,1 kJ/mol para o extrato bruto contendo lipase de *Thermomyces lanuginosus*. Já Regmi *et al.*, (2020) observaram 40,212 kJ/mol de energia de inativação para endoglucanase homogênea GluCB31 de *Bacillus subtilis*.

A constante de inativação enzimática (K_d) aumentou proporcionalmente com o aumento da temperatura. Uma taxa aumentada de K_d em temperatura elevada indica que a enzima é menos termoestável em temperaturas crescentes (CHINYELUM; HENRY; IRUOGHENE, 2021).

A variação de entropia (ΔS°_D) reduziu conforme o aumento da temperatura e valores negativos foram observados para esse parâmetro. Como no presente estudo, Regmi *et al.*, (2020) também observaram valores negativos de ΔS°_D para endoglucanase homogênea GluCB31 de *Bacillus subtilis* e sugerem que valores baixos de ΔS°_D indicam a existência de estabilidade enzimática, sendo essa uma característica desejada em uma enzima para aplicação bioindustrial. Além disso, a desnaturação térmica

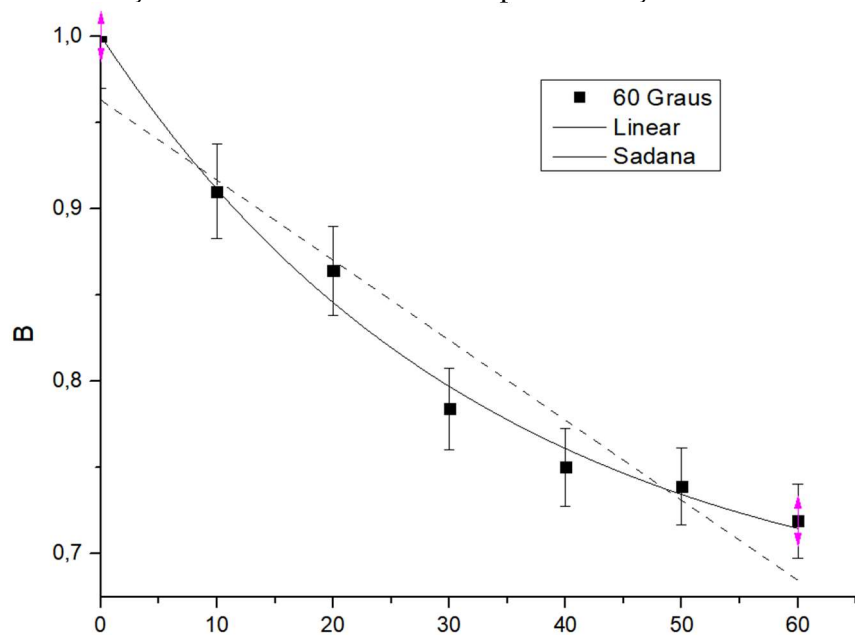
é um parâmetro dependente da entropia, uma vez que, uma ΔS°_D negativa mostra uma menor desordem na reação devido a agregação de proteínas envolvidas na formação de poucas ligações intra e intermoleculares. Todavia, uma ΔS°_D maior ou positiva indicaria um grande número de ligações intramoleculares e tornaria o processo irreversível, já que seu aumento leva a abertura da configuração da enzima.

Figura 2 - Determinação da energia de inativação térmica ($E_{a(D)}$) para o extrato bruto por gráfico de Arrhenius



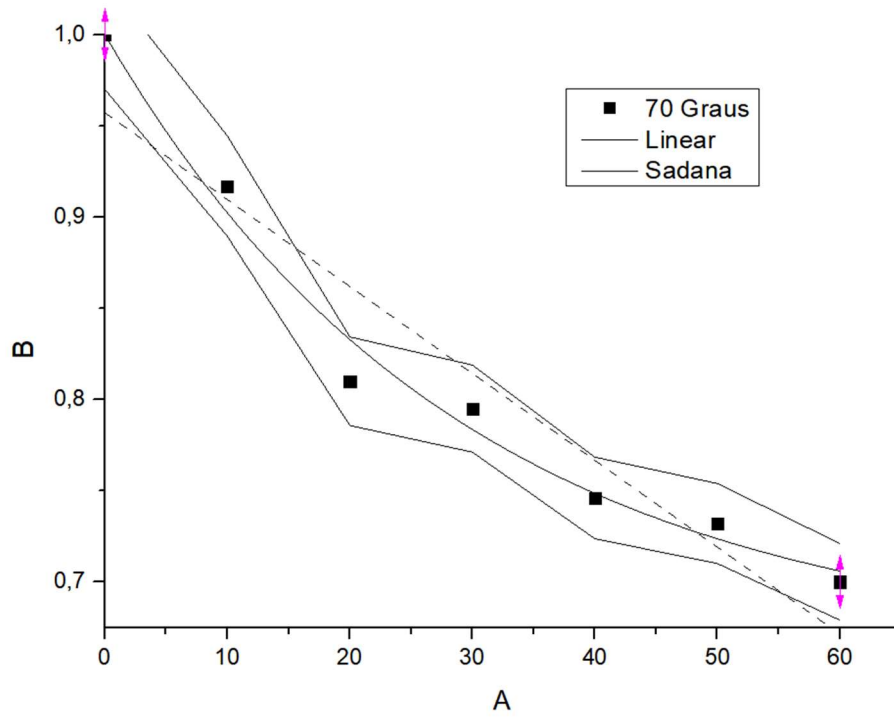
Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 3 - Curvas de inativação térmica do extrato bruto por incubação em 60 °C



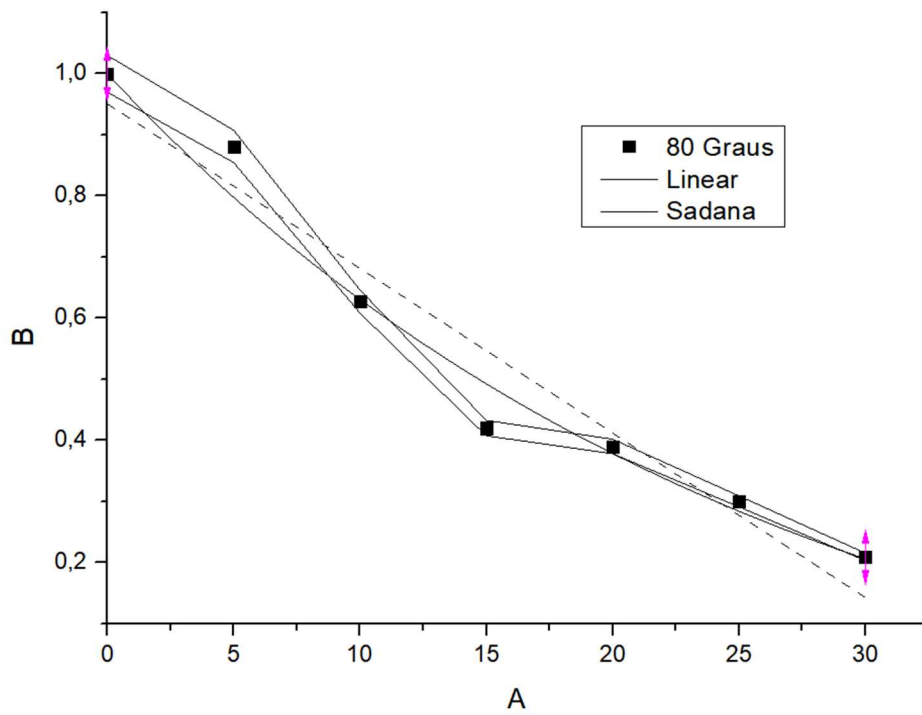
Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 4 - Curvas de inativação térmica do extrato bruto por incubação em 70 °C



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 5 - Curvas de inativação térmica do extrato bruto por incubação em 80 °C



Fonte: Dos autores, 2023.

A energia livre de desnaturação de Gibbs (ΔG_D°) é um parâmetro fundamental por ser o mais preciso e confiável para se estudar a estabilidade enzimática, pois correlaciona os valores de ΔH_D° e ΔS_D° . No presente estudo, o ΔG_D° teve aumento proporcional ao aumento da temperatura, o que sugere uma maior resistência a desnaturação. Ao contrário, valores baixos ou negativos indicaria um processo espontâneo com menor estabilidade enzimática e maior desnaturação (SOUZA *et al.*; 2015). Esses mesmos autores, em concordância com o presente trabalho, também observaram valores positivos de ΔG_D° (110, 112 e 107 kJ mol⁻¹ para 60 °C, 70 °C e 80 °C, respectivamente) para endoglucanase bruta produzida por *Aspergillus fumigatus* sob fermentação em estado sólido. Silva *et al.* (2018) também notaram um aumento de ΔG_D° com o aumento da temperatura, que foi máxima em 80 °C (96,6 kJ mol⁻¹). Assim como Chinyelum; Henry; Iruoghene, (2021) obtiveram valores positivos conforme o aumento da temperatura com máxima de 24618.915 KJ mol⁻¹ em 80°C para glicose isomerase de *Streptomyces roseiscleroticus*. Esses autores afirmam que valores positivos de Energia livre de Gibbs indica que a enzima está termicamente estável a alta temperatura e a reação que catalisa é não-espontânea, assim, é necessária uma enzima termoestável para catalisar a reação. Em complemento, Iruoghene *et al.*, (2022) sugere que haja uma resistência ao desdobramento térmico quando submetida a temperaturas mais altas, possibilitando suportar a alta energia necessária para o processo, o que indica ser termicamente estável.

Conclusão

O estudo da caracterização enzimática é um importante fator a ser compreendido para suas aplicações em diferentes processos industriais. A endoglucanase bruta produzida por *Aspergillus niger* ATCC 1004 apresentou temperatura ótima em 50°C. A interpretação dos parâmetros termodinâmicos permitiu inferir que há uma resistência da enzima quanto ao desdobramento térmico quando submetida a temperaturas mais altas. Valores positivos para ΔH_D° indicaram um processo endotérmico, haverá necessidade de fornecimento de energia para desnaturação da enzima. Os valores negativos da ΔS_D° indicam a existência de estabilidade enzimática. Em concordância com a variação de entalpia e entropia, os valores da ΔG_D° positivos, sendo eles 91,56 e 96,53 KJ mol⁻¹ para as temperaturas mínima e máxima, respectivamente, demonstraram processos não espontâneos, sendo necessário o fornecimento de energia para que a reação ocorra. A endoglucanase estudada neste presente estudo apresentou características desejáveis para aplicação industrial em diferentes setores, como em alimentos, cosméticos, indústria têxtil, papel e celulose e produção de bioetanol.

Agradecimentos

Ao grupo de pesquisa Laboratório de biotransformação e biocatálise orgânica (LABIOCAT) e

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) pelos ensinamentos e acolhimento, a Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) pela estrutura disponibilizada para a execução da pesquisa e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) pela assistência financeira concedida.

Referências

ANFINSEN, C. B. Principles that Govern the Folding of Protein Chains. *Science*, v. 181, n. 4096, p. 223–230, 1973.

CHINYELUM, O. P., HENRY, O. E., IRUOGHENE, O. Thermostability Studies of *Streptomyces Roseiscleroticus* Glucose Isomerase. **Journal of Thermodynamics & Catalysis**, v. 12, p. 209 – 217, 2021.

DIXIT, M., SHUKLA, P. Multi-efficient endoglucanase from *Aspergillus niger* MPS25 and its potential applications in saccharification of wheat straw and waste paper deinking. **Chemosphere**, v. 313, p. 137298, 2023.

GAETE, A. V.; TEODORO, C. E. de S.; MARTINAZZO, A. P. Use of agro-industrial waste for cellulase production: a review. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. e567985785, 2020.

GAGNEUX, P. Protein Structure and Function, *Journal of Heredity*, v. 95, n. 3, p. 274, 2004.

GURUNG, N. *et al.* A Broader View: Microbial Enzymes and Their Relevance in Industries, Medicine, and Beyond. **BioMed Research International**, v. 2013, n. 329121, p. 1–18, 2013.

HEIDTMANN, R. B. *et al.* Kinetics and thermodynamic characterization of β -galactosidase from *Kluyveromyces marxianus* CCT 7082 fractionated with ammonium sulfate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, n. 1, 2012.

HODA, A., TAJAJ, M., SALLAKU, E., 2021. In silico Structural, Functional and Phylogenetic Analyses of cellulase from *Ruminococcus albus*. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, v. 19, n.58, p.

IRUOGHENE, O.; *et al.* Kinetics and Thermodynamic Properties of Glucose Oxidase Obtained from *Aspergillus fumigatus* ASF4. **Tropical Journal of Natural Product Research**, v. 6, n. 3, p. 438-445, 2022.

KUMAR, D.; *et al.* Covalent immobilization of organic solvent tolerant lipase on aluminum oxide pellets and its potential application in esterification reaction. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 87, p. 51–61, 2013.

LEE, K. C. *et al.* Evaluation of Enzymatic Deinking of Non-impact Ink Laser-Printed Paper Using Crude Enzyme from *Penicillium rolfii* c3-2(1) IBRL. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 181, n. 1, p. 451–463, 2016.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426–8, 1959.

MIRANDA, J. S.; *et al.* Immobilization of *Thermomyces lanuginosus* lipase on mesoporous polyhydroxybutyrate particles and application in alkyl esters synthesis: Isotherm, thermodynamic and mass transfer studies. **Chemical Engineering Journal**, v. 251, p. 392–403, 2014.

NARRA, M.; *et al.* Production, purification and characterization of a novel GH 12 family endoglucanase from *Aspergillus terreus* and its application in enzymatic degradation of delignified rice straw. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 88, p. 150-161, 2014.

NUNES, N. da S.; *et al.* Simplex-Centroid Design and Artificial Neural Network-Genetic Algorithm for the Optimization of Exoglucanase Production by *Penicillium Roqueforti* ATCC 10110 Through Solid-State Fermentation Using a Blend of Agroindustrial Wastes. **BioEnergy Research**, v. 13, p. 1130–1143, 2020.

OLIVEIRA, P. C.; *et al.* Cocoa shell for the production of endoglucanase by *Penicillium roqueforti* ATCC 10110 in solid state fermentation and biochemical properties. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 18, n. 3, p. 777-787, 2019.

PACHECO, A. F. C. *et al.* In: Web Encontro Nacional de Engenharia Química, 2022. **Anais do II WENDEQ**, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/363105384_EFEITO_DA_HOMOGENEIZACAO_A_ALT_A_PRESSAO_EM_ENZIMAS_INATIVACAO_ATIVACAO_E_ESTABILIZACAO.

REGMI, S.; *et al.* Endoglucanase Produced by *Bacillus subtilis* Strain CBS31: Biochemical Characterization, Thermodynamic Study, Enzymatic Hydrolysis, and Bio-industrial Applications. **Biotechnology and Bioprocess Engineering**, v. 25, n. 1, p. 104–116, 2020.

SADANA, A., & HENLEY, J. P. Single-step unimolecular non-first-order enzyme deactivation kinetics. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 30, n. 6, p. 717–723, 1987.

SANTOS, G. B.; *et al.* Cellulase production by *Aspergillus niger* using urban lignocellulosic waste as substrate: Evaluation of different cultivation strategies. **Journal of Environmental Management**, v. 305, p. 114431, 2022.

SAQIB, A. A. N., *et al.* Thermostability of crude endoglucanase from *Aspergillus fumigatus* grown under solid state fermentation (SSF) and submerged fermentation (SmF). **Process Biochemistry**, v. 45, n. 5, p. 641–646, 2010.

SILVA O. S.; *et al.* Thermodynamic investigation of an alkaline protease from *Aspergillus tamarii* URM4634: A comparative approach between crude extract and purified enzyme. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 1039–1044, 2017.

SILVA, P. Desnaturação, **Revista Ciência Elementar**, v. 3, n. 3, p. 186, 2015.

SILVA, T. P.; *et al.* Production, purification, characterization and application of a new halotolerant and thermostable endoglucanase of *Botrytis ricini* URM 5627. **Bioresource Technology**, v. 270, p. 263–269, 2018.

SINGH, R. *et al.* Prospects of microbial cellulase production using banana peels wastes for antimicrobial applications. **International Journal of Food Microbiology**, v. 388, n. 110069, 2023.

SIQUEIRA, J. G. W., *et al.* Current advances in on-site cellulase production and application on lignocellulosic biomass conversion to biofuels: A review. **Biomass and Bioenergy**, v.132, n.105419, p.1-12, 2020.

SOUZA, P. M.; *et al.* Kinetic and thermodynamic studies of a novel acid protease from *Aspergillus foetidus*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 81, p. 17–21, 2015.

XUE, D. S.; *et al.* Ethanol tolerant endoglucanase from *Aspergillus niger* isolated from wine fermentation cellar. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 15, p. 19-24, 2018.

CAPÍTULO 2

Imobilização de invertase bacteriana em sílica gel para produção do açúcar invertido

Larissa Santos Saraiva*¹; Natanael do Carmo Souza Gomes²; Michelle da Cunha Abreu Xavier²;
Rafael Firmani Perna³; Alex Fernando de Almeida¹; Sergio Andres Villalba Morales^{1,3}

Resumo

A invertase é uma enzima que tem a capacidade de hidrolisar a sacarose e produzir açúcar invertido, sendo esse de ampla aplicabilidade nas indústrias de alimentos, farmacêuticas, biotecnológicas e até no preparo de ração animal, mas a enzima em sua forma livre apresenta baixa estabilidade quando submetida a processos industriais. A imobilização da invertase em suportes inorgânicos como a sílica gel pode aumentar a sua estabilidade, permitir o reuso e fácil separação do meio reacional, reduzir a contaminação e a formação de subprodutos, melhorando assim suas aplicações biotecnológicas para obtenção de produtos alimentícios. Logo, o objetivo do trabalho foi imobilizar a invertase produzida a partir de uma bactéria extraída do fruto amazônico, utilizando como suporte a sílica gel, para obter biocatalisadores estáveis e calcular o rendimento de imobilização e atividade recuperada. A invertase foi produzida a partir da bactéria *Bacillus tequilenses* extraída do fruto da pupunha por fermentação, isolando o microrganismo em placas e sendo necessário um cultivo em meio líquido. Após a fermentação, foi obtido o sobrenadante por centrifugação e assim realizado a imobilização em sílica gel, pelo método de adsorção. A imobilização é observada pela determinação da atividade enzimática, sendo feito o cálculo com esses resultados de rendimento de imobilização e atividade recuperada, encontrando valores de 22,77% e 30,67% respectivamente. Diante do exposto concluiu-se que é possível utilizar a sílica gel como suporte para a imobilização da invertase bacteriana, obtendo biocatalisador estável para a produção de açúcar invertido.

Palavras-chave: Adsorção. Enzimas. Pupunha. Suporte.

Introdução

A invertase, ou β -frutofuranosidase (FFase, EC 3.2.1.26), é uma enzima que pode ser amplamente utilizada na indústria alimentícia e farmacêutica, extraída principalmente de

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos; Universidade Federal do Tocantins, Campus Palmas, 77001-090, Brasil.

² Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Tocantins, Campus Palmas, 77001-090, Brasil.

³ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Alfenas, Campus Poços de Caldas, 37715-400, Brasil.

*E-mail: larissasansaraiva@gmail.com

microrganismos (ÖZTOP *et al.*, 2020). A hidrólise que ocorre nas ligações $\alpha - 1, 4$ – glicosídicas da sacarose, resulta na formação do açúcar invertido, que é constituído pelos monossacarídeos D – glicose e D – frutose (OZCAN *et al.*, 2019). Esse açúcar invertido é considerado mais atraente para indústria, visto que a frutose resultante possui maior poder edulcorante, não cristaliza durante processos e não permite a produção de subprodutos, como alteração na cor e sabor desejado (KOTWAL e SHANKAR, 2009).

Além do seu uso para hidrólise da sacarose, essa enzima pode ser utilizada para a hidrólise da inulina e produção de ácido láctico, sendo que, dependendo do método aplicado, a sua utilização também viabiliza a redução de custos e reutilização em processos industriais (HAKKOYMAZ; HIDAYET, 2020). Na indústria alimentícia, o açúcar invertido pode ser utilizado no preparo de balas, geleias, melaço para bebidas alcoólicas, mel, chocolates, coberturas líquidas e biscoitos, podendo ser utilizado também em xaropes farmacêuticos e até ração animal (LINCOLN e MORE, 2017).

A invertase pode ser produzida em maior quantidade utilizando leveduras, bactérias, vegetais e fungos, e vários meios de crescimento, sendo que essa invertase apresenta melhores propriedades catalíticas, e permite a obtenção de produtos seguros para o consumo, podendo assim ser utilizada na indústria de alimentos (NADEEM *et al.*, 2015; ÖZTOP *et al.*, 2020; RASBOLD *et al.*, 2021). De acordo com Manoochchri *et al.* (2020), o processo recombinante é o mais acessível para a produção da invertase, visto que esse processo resulta em maior produtividade, baixos custos e maior quantidade de enzimas, podendo ser utilizadas leveduras, fungos filamentosos e bactérias em um mesmo sistema.

No bioma amazônico é possível encontrar várias espécies frutíferas podendo citar o fruto da pupunha, onde ocorre a extração de vários compostos e microrganismos no próprio fruto e também nos subprodutos gerados, como bactérias produtoras de enzimas, podendo ser utilizados para aplicações biotecnológicas (MATOS *et al.*, 2019).

Apesar das vantagens apresentadas de propriedades catalíticas, as enzimas podem sofrer desnaturação, desativação e se contaminar em processos tecnológicos em sua forma livre, logo, para melhores aplicações industriais são preferíveis que a enzima seja utilizada de forma imobilizada (ÖZTOP *et al.*, 2020).

A imobilização enzimática tem como objetivo a retenção ou confinamento de macromoléculas em um espaço definido, com determinada área superficial, sendo este um método que preserva sua atividade catalítica, aumentando a estabilidade da enzima, possuindo maior tolerância à altas temperaturas, solventes orgânicos e mais resistência à desnaturação, possibilitando a reutilização em biocatalisador com redução de custos, além da possibilidade de diferentes configurações em reatores (RASBOLD *et al.*, 2021; MELLER *et al.*, 2016; REMONATTO *et al.*, 2022).

Existem diversos métodos de imobilização, classificados de acordo com o modo de ligação das enzimas, podendo ser físicos como a adsorção e aprisionamento, químicos como ligação covalente e reticulação, ou físico-químicos como a microencapsulação (XIE; ZHANG; SIMPSON, 2022). A adsorção é um método físico que requer interação hidrofóbica ou iônica entre o suporte e a enzima, sendo um método reversível, simples, e que permite reutilizar o suporte após a inativação da enzima imobilizada, resultando em menores custos (BAYRAMOĞLU *et al.*, 2009; REMONATTO *et al.*, 2022).

Como desvantagem, o método de adsorção pode causar o desprendimento da enzima ao suporte, devido as ligações fracas e ocorrer uma contaminação indesejável quando entrar em contato com a solução do substrato, principalmente durante a utilização em condições industriais que requer altas concentrações e maior força iônica (NAZAROVA *et al.*, 2021).

O sucesso da imobilização vai depender principalmente do suporte e método utilizado, visto que o suporte precisa tolerar a formação de várias ligações, de maneira que consiga imobilizar grandes quantidades de enzimas e possa ser reutilizado (EMREGUL; SUNGAR; AKBULUT, 2007). Esses suportes podem ser classificados como orgânicos, inorgânicos ou sintéticos orgânicos, sendo que os inorgânicos possuem maior estabilidade, pois não sofrem alterações em condições de alta temperatura e pressão (MILETIĆ; NASTASOVIĆ; LOOS, 2012).

Recentemente, a sílica gel tem se destacado pela sua aplicabilidade na imobilização de enzimas frutossiltransferase, utilizadas para a obtenção de açúcares funcionais (FARIA *et al.*, 2021), pelo qual são considerados como materiais com alto potencial para imobilização de enzimas semelhantes, sendo encontrado em grande quantidade na natureza e apresentando baixo custo, mas ainda não se encontra na literatura a utilização da sílica gel como suporte para imobilização de invertase bacteriana.

Considerando a importância biotecnológica dessa enzima, o presente trabalho tem como objetivo imobilizar a invertase produzida a partir de uma bactéria isolada do fruto amazônico pupunha, utilizando como suporte a sílica gel para obter biocatalisadores estáveis e alcançar resultados para os parâmetros de atividade recuperada e rendimento de imobilização.

Material e Métodos

Produção da enzima

A produção da invertase foi realizada a partir da linhagem bacteriana *Bacillus tequilenses* isolada do fruto amazônico Pupunha e disponível no Laboratório de Microbiologia Aplicada (LAMA) da Universidade Federal do Tocantins (UFT) campus Palmas. Essa linhagem bacteriana foi preservada em

criotubos contendo 50% de glicerol 40%, e 50% do meio de cultura, contendo 5 g/L de peptona de carne e 3 g/L de extrato de carne e armazenada a -80 °C até o momento da reativação. Para o repique em placas, foi utilizado o meio caldo nutriente com 20 g/L de ágar, 5 g/L de peptona e 3 g/L de extrato de carne. O meio preparado e as placas foram esterilizados em autoclave, sendo feita em seguida as estrias utilizando alças de inóculo descartáveis e estéreis nas placas e colocadas em incubadora Demanda Bioquímica de Oxigênio (BOD) por 24 horas a 30 °C. Após o crescimento do microrganismo em placas, foi seguido com o pré-inóculo em frascos Erlenmeyers (125 mL) contendo 20 mL do meio basal, utilizando 5 g/L de peptona e 3 g/L de extrato de carne, sendo esterilizados a 121 °C por 15 minutos e inoculado a colônia do microrganismo com alças de inóculo descartáveis e estéreis. O pré-inóculo foi mantido em agitador tipo shaker a 150 rpm por 24 horas a 30 °C. Para o cultivo submerso, foi utilizado 2 mL do pré-inóculo em 18 mL de meio mineral esterilizado, contendo 1,5 g/L de fosfato de potássio, 3,5 g/L de fosfato de sódio, 2 g/L de sulfato de amônio, 1 g/L de extrato de levedura, 0,2 g/L de sulfato de magnésio e 2% de sacarose (REDDY *et al.*, 2010). Esse cultivo foi mantido em agitador tipo shaker em 150 rpm, por 48 horas a 30 °C. Após esse tempo, as amostras foram colocadas em tubo falcon de 15 mL e centrifugadas em 3000 rpm, por 30 minutos a 10 °C, obtendo assim o sobrenadante para seguir com a imobilização.

Imobilização

A sílica gel foi seca em estufa a 70 °C por 24 horas e utilizada como suporte. A imobilização foi realizada pelo método de adsorção física, adicionando em frascos Erlenmeyers (125 mL) 1 g de suporte e 20 mL do sobrenadante, sendo essa quantidade suficiente para cobrir o suporte e retirar as alíquotas, conduzido em triplicata. Essas amostras foram colocadas em banho Dubnoff por 8 horas, a 175 rpm em 30 °C, onde foi retirado uma alíquota de 1 mL do sobrenadante a cada hora. Após o final da imobilização, o suporte foi filtrado em filtro a vácuo e armazenado sob refrigeração para posteriores análises de atividade enzimática.

Determinação da atividade enzimática

A determinação da atividade enzimática (U/mL) foi realizada pelo método Miller (1959), onde o ácido 3,5-dinitrossalicílico (DNS) é reduzido pelo açúcar redutor em meio alcalino a ácido 3-amino-5-nitrossalicílico. Durante essa reação o grupo aldeído é oxidado a ácido carboxílico, resultando em uma mudança de coloração da amostra de amarelo para vermelho marrom. Essa análise foi desenvolvida em duplicata, sendo preparado inicialmente o meio reacional com tampão McIlvaine pH 5.0 e 2% de

sacarose. 800 µL de meio reacional foi colocado em banho-maria a 50 °C por 5 minutos, após esse tempo foi adicionado 200 µL de amostra (ou 0,2 g do derivado imobilizado) nesse meio reacional. Depois da homogeneização foram retirados 200 µL do meio reacional com a amostra e adicionado em 200 µL de DNS, sendo considerado o tempo zero. Após 5 minutos, outra alíquota de 200 µL da mesma amostra com meio reacional foi adicionada a solução de DNS. Essas amostras foram levadas para o banho-maria a 100 °C por 5 minutos e logo em seguida colocado no banho de gelo, adicionando 2 mL de água destilada. As leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro UV-VIS a 540 nm, com os valores, foi calculada a atividade enzimática (U/mL) e a média das repetições.

Rendimento de imobilização e atividade recuperada

Após a determinação da atividade enzimática em cada tempo e do derivado imobilizado foi calculado o rendimento de imobilização (RI) pela Equação 1 e atividade recuperada (AR) pela Equação 2, definindo o melhor tempo para imobilização da invertase (TARVENINI *et al.*, 2021; PRADO, 2021).

$$RI (\%) = \frac{A_{td}}{A_{ti}} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$AR (\%) = \frac{A_{td}}{A_{ti} - A_{tf}} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

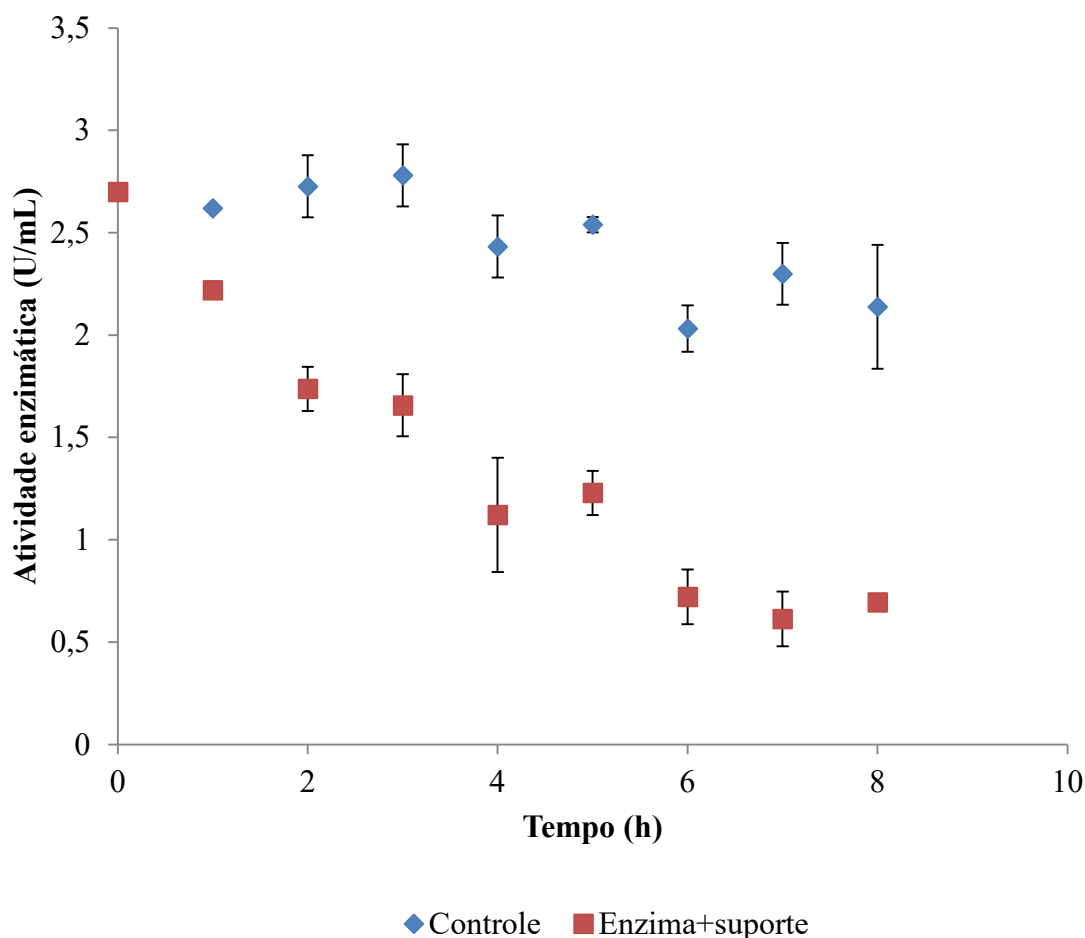
Onde, A_{td} é a atividade enzimática (U) do derivado enzima-suporte, A_{ti} representa a atividade enzimática do sobrenadante antes da imobilização e A_{tf} a atividade enzimática após a imobilização.

Resultados e Discussão

Imobilização em sílica gel

A imobilização da invertase em sílica gel em função do tempo é apresentada na Figura 1. Durante o processo observou-se que a atividade enzimática do sobrenadante em contato com o suporte diminuiu no decorrer do tempo. Já a amostra do sobrenadante controle, sem a presença do suporte, manteve sua atividade enzimática com valores aproximados da atividade inicial. Com isso, é possível observar que a enzima foi imobilizada no suporte, pois o sobrenadante na presença da sílica gel perdeu a atividade após as 8 horas de imobilização.

Figura 1 - Atividade enzimática do sobrenadante durante 8 horas de imobilização.



Fonte: Dos autores, 2023.

A amostra controle indica o que acontece com a enzima livre quando submetida às mesmas condições de imobilização, porém sem o suporte, o qual é importante visto que valores da perda de atividade durante a imobilização nem sempre podem significar que a enzima está sendo imobilizada (BOUDRANT; WOODLEY; FERNANDEZ-LAFUENTE, 2020).

Esses resultados estão diretamente relacionados ao material de suporte utilizado, visto que para cada suporte, método de imobilização e enzima em questão ocorre variação no tempo e parâmetros de imobilização. Segundo Mishra *et al.* (2020), a utilização da sílica como suporte inorgânico apresenta alta resistência química e a ataques microbianos, estabilidade estrutural e biocompatibilidade, contribuindo para o aprimoramento das propriedades físico-químicas da enzima imobilizada. A sílica também contribui para a imobilização por conter alta área superficial, oferecendo propriedades de sorção de maior interesse, visto que essas propriedades reduzem as limitações de difusão, além de possuir grupos hidroxilas, que permitem a fixação enzimática (ZDARTA *et al.*, 2018).

A invertase foi imobilizada em sílica gel pelo método de adsorção e para não haver interferência das moléculas de água com a superfície da sílica gel durante a imobilização, o suporte passou pelo

tratamento de secagem em estufa, sendo imobilizado logo após esse processo, visto que a sílica tem capacidade para absorção e retenção de água rapidamente. Para a produção da invertase é utilizado o pH 5.5 e temperatura de crescimento do microrganismo em 30 °C, sendo então definidos esses valores como melhores parâmetros durante a imobilização, com agitação a 175 rpm.

O método de adsorção é considerado reversível, de baixo custo e com ligações fracas, sendo mais indicado para manter a atividade catalítica da enzima (NUNES *et al.*, 2021). As interações eletrostáticas, ligações de hidrogênio e interações de Van der Waals são as dominantes para a adsorção, visto que a invertase externa é altamente hidrofílica, logo a efetividade da imobilização por adsorção pode ser influenciada pelas alterações hidrofóbicas ou hidrofílicas da superfície, carga e tamanho do material de suporte (ANDJELKOVIĆ *et al.*, 2015).

De acordo com a literatura, a temperatura e pH se mantêm a mesma do cultivo, observando nos trabalhos uma variação entre pH 5.0 a 6.0 e temperatura de 25 a 35 °C (FARIAS *et al.*, 2021; CADENA *et al.*, 2010; ALAGÖZ *et al.*, 2022). Esses parâmetros de temperatura e pH associados aos iniciais de cultivos também são indicados para a enzima não ficar exposta a condições diferentes das já usuais, pois com essas condições a enzima pode manter mais estável durante a imobilização e não ocorrer perdas da atividade enzimática e mudanças na sua conformação antes de concluir o processo (BOUDRANT; WOODLEY; FERNANDEZ-LAFUENTE, 2020).

Uzun *et al.* (2013) definiu pH 5.0 o melhor para imobilização da invertase pelo método de adsorção utilizando como suporte nanopartículas de óxido de ferro enxertadas com polivinilimidazol e temperatura ótima em 55° C, sendo que o pH manteve o da enzima livre, mas já a temperatura aumentou 10° C, além de identificar maior estabilidade da enzima imobilizada, pois depois de 10 dias de armazenamento a invertase preservou aproximadamente 90% da sua atividade inicial e em 30 dias foi perdido apenas 20 % da sua atividade inicial.

Waifalkar *et al.* (2016) utilizou o método de adsorção para imobilizar a invertase utilizando como suporte nanopartículas magnéticas revestidas com quitosana, definindo o pH ótimo em 5.0. Andjelković *et al.* (2015) utilizou o mesmo método e encontrou pH ótimo de valor semelhante para imobilização da invertase, mas utilizou como suporte nanoargilas de beidélita, com esses trabalhos observa-se que é possível a imobilização da invertase em diferentes suportes e condições, visto que as enzimas também são produzidas de diferentes meios e não apresentam a mesma atividade enzimática.

Rendimento de imobilização e atividade recuperada

Com os resultados da atividade enzimática pela média das amostras em triplicata apresentada, foi calculada a atividade recuperada e rendimento de imobilização. Os valores encontrados para

atividade recuperada e rendimento de imobilização são representados na Tabela 1, com resultados satisfatórios para imobilização em sílica gel por adsorção, visto que essa invertase bacteriana não se encontra purificada.

Tabela 1 – Parâmetros de imobilização.

Suporte	Atividade recuperada (%)	Rendimento de imobilização (%)
Sílica gel	30,67	22,77

Fonte: Dos autores, 2023.

Esse rendimento indica o percentual de enzimas que foram imobilizadas em relação a atividade enzimática inicial e a atividade recuperada indica o percentual de enzima que é mantido no suporte em função da diferença de perda da atividade enzimática (BOUDRANT; WOODLEY; FERNANDEZ-LAFUENTE, 2020). Prado (2021) imobilizou a enzima frutossiltransferase extracelular em sílica gel por adsorção, encontrando valores de 12,33% para o rendimento de imobilização e 9,37% para atividade recuperada, esse rendimento foi aumentado quando o suporte passou por funcionalização com glutaraldeído, alcançando rendimento de imobilização de 38% e atividade recuperada de 7,5%.

Faria (2021) ao imobilizar a enzima frutossiltransferase extracelular em sílica gel pelo método de adsorção, encontrou maior rendimento de imobilização na temperatura de 35 °C e pH 5.5, quando comparada a diferentes temperaturas, alcançando um rendimento de 85 % e 10 % de atividade recuperada. Já Rasbold *et al.* (2021) encontrou 98% de rendimento de imobilização para a invertase produzida por um fungo e imobilizada em alginato de cálcio, essa enzima estava na forma purificada, o que explica maior valor no rendimento. Alagöz *et al.* (2022) imobilizou a enzima xilanase em sílica gel funcionalizada, definindo o rendimento de imobilização em 100%. Esses resultados mostram que a sílica gel pode ser utilizada como suporte para imobilização de diferentes enzimas.

Conclusão

A invertase bacteriana advinda do fruto amazônico pupunha foi imobilizada em sílica gel pelo método da adsorção física, obtendo valores de atividade recuperada e rendimento de imobilização comparáveis a outras enzimas nesse suporte. Esses resultados indicam um alto potencial de aplicação da invertase microbiana como biocatalisador enzimático estável para a hidrólise da sacarose visando a produção enzimática do açúcar invertido.

Agradecimentos

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de recursos para o desenvolvimento do projeto, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Tocantins (FAPT), edital 018/2020 e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) da UFT.

Referências

ALAGÖZ, D.; VARAN, N. E.; TOPRAK, A.; YILDIRIM, D.; TUKEL, S. S.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R. Immobilization of xylanase on differently functionalized silica gel supports for orange juice clarification. **Process Biochemistry**, v. 113, p. 270-280, 2022.

ANDJELKOVIĆ, U.; MILUTINOVIĆ-NIKOLIĆ, A.; JOVIĆ-JOVIČIĆ, N.; BANKOVIĆ, P.; BAJT, T.; MOJOVIĆ, Z.; VUJČIĆ, Z.; JOVANOVIĆ, D. Efficient stabilization of *Saccharomyces cerevisiae* external invertase by immobilisation on modified beidellite nanoclays. **Food Chemistry**, v. 168, p. 262-269, 2015.

BAYRAMOĞLU, G.; KARAKIŞLA, M.; ALTINTAŞ, B.; METIN, A.U.; SAÇAK, M.; ARICA, M. Y. Polyaniline grafted polyacrylonitrile conductive composite fibers for reversible immobilization of enzymes: Stability and catalytic properties of invertase, **Process Biochemistry**, v. 44, p. 880-885, 2009.

BOUDRANT, J.; WOODLEY, J. M.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R. Parameters necessary to define an immobilized enzyme preparation. **Process Biochemistry**, v.90, p.66-80, 2020.

CADENA, P. G.; JERONIMO, R. A. S.; MELO, J. M.; SILVA, R. A.; LIMA FILHO, J. L.; PIMENTEL, M. C. B. Covalent immobilization of invertase on polyurethane, plast-film and ferromagnetic Dacron. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 1595-1602, 2010. Disponível em: <https://doi-org.ez6.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.biortech.2009.10.044>. Acesso em: 02 de jun. 2023

EMREGUL, E.; SUNGAR, S.; AKBULUT, U. Polyacrylamide–gelatine carrier system used for invertase immobilization. **Food Chemistry**, v. 97, p. 591-597, 2007.

FARIA, L. L. ; MORALES, S. A. V. ; PRADO, J. P. Z. ; DIAS, G. S. ; ALMEIDA, A. F. ; XAVIER, M. C. A. ; SILVA, E. S. ; MAIORANO, A. E. ; PERNA, R. F. . Biochemical characterization of extracellular fructosyltransferase from *Aspergillus oryzae* IPT-301 immobilized on silica gel for the production of fructooligosaccharides. **Biotechnology Letters (online)**, v. 43, p. 43-59, 2021. Disponível em: <https://doi-org.ez6.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10529-020-03016-7>. Acesso em: 02 de jun. 2023

HAKKOYMAZ, O.; HIDAYET, M. An immobilized invertase enzyme for the selective determination of sucrose in fruit juices. **Analytical Biochemistry**, v. 611, 2020.

KOTWAL, S. M.; SHANKAR, V. Immobilized invertase. **Biotechnology Advances**, v. 27, p. 311-322, 2009.

LINCOLN, L.; MORE, S. S. Bacterial invertases: Occurrence, production, biochemical characterization, and significance of transfructosylation. **Journal of Basic Microbiology**, v. 57, p. 803-813, 2017.

MANOOCHEHRI, H.; HOSSEINI, N. F.; SAIDIJAM, M.; TAHERI, M.; REZAAEE, H.; NOURI, F. A review on invertase: Its potentials and applications. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 25, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101599>. Acesso em: 15 de mar. 2023.

MATOS, K. A. N.; LIMA, D. P.; BARBOSA, A. P. P.; MERCADANTE, A. Z.; CHISTÉ, R. C. Peels of tucumã (*Astrocaryum vulgare*) and peach palm (*Bactris gasipaes*) are by-products classified as very high carotenoid sources. **Food Chemistry**, v. 272, p. 216-221, 2019.

MELLER, K.; SZUMSKI, M.; BUSZEWSKI, B. Microfluidic reactors with immobilized enzymes—Characterization, dividing, perspectives. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 244, p. 84-106, 2016.

MILETIĆ, N.; NASTASOVIĆ, A.; LOOS, K. Immobilization of biocatalysts for enzymatic polymerizations: Possibilities, advantages, applications, **Bioresource Technology**, v. 115, p. 126-135, 2012.

MILLER, G. L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, 1959. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ac60147a030>. Acesso em: 09 abr. 2023.

MISHRA, A.; MELO, J. S.; AGRAWAL, A.; KASHYAP, Y.; SEN, D. Preparation and application of silica nanoparticles-*Ocimum basilicum* seeds bio-hybrid for the efficient immobilization of invertase enzyme. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 188, p. 110796, 2020.

NADEEM, H.; RASHID, M. H.; SIDDIQUE, M. H.; AZEEM, F.; MUZAMMIL, S.; JAVED, M. R.; ALI, M. A.; RASUL, I.; RIAZ, M. Microbial invertases: A review on kinetics, thermodynamics, physiochemical properties. **Process Biochemistry**, v. 50, p. 1202-1210, 2015.

NAZAROVA, E. A.; YUSHKOVA, E. D.; IVANETS, A. I.; PROZOROVICH, V. G.; KRIVOSHAPKIN, P. V.; KRIVOSHAPKINA E. F. α -Amylase Immobilization on Ceramic Membranes for Starch Hydrolysis. **Starch journal**, v. 74, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://doi-org.ez6.periodicos.capes.gov.br/10.1002/star.202100017>. Acesso em: 21 de mai. De 2023.

NUNES, Y. L.; MENEZES, F. L.; SOUSA, I. G.; CAVALCANTE, A. L. G.; CAVALCANTE, F. T. T.; MOREIRA, K. S.; OLIVEIRA, A. L. B.; MOTA, G. F.; SOUZA, J. E. S.; FALCÃO, I. R. A.; ROCHA, T. G.; VALÉRIO, R. B. R.; FECHINE, P. B. A.; SOUZA, M. C. M.; SANTOS, J. C. S. Chemical and physical chitosan modification for designing enzymatic industrial biocatalyst: how to choose the best strategy?. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 30, p. 1124-1170, 2021.

OZCAN, O.; YILDIRIM, R. M.; TOKER, O. S.; AKBAS, N.; OZULKU, G.; YAMAN, M. The effect of invertase concentration on quality parameters of fondant. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, p. 4242–4250, 2019.

ÖZTOP, H. N.; AKYILDIZ, F.; SARAYDIN, D. Poly (acrylamide/vinylsulfonic acid) hydrogel for invertase immobilization. **Microscopy Research and Technique**, v. 83, p. 1487-1498, 2020. Disponível em: <https://doi-org.ez6.periodicos.capes.gov.br/10.1002/jemt.23542>. Acesso em: 13 mai. 2023.

PRADO, J. P. Z. Imobilização da enzima frutossiltransferase extracelular de *Aspergillus oryzae* IPT-301 em sílica gel pura e funcionalizada para produção de frutooligossacarídeos. 2021. 104 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2021. Disponível em: <https://btdt.unifal-mg.edu.br/>. Acesso em: 09 abr. 2023.

RASBOLD, L. M.; DELAI, V. M.; KERBER, C. M. C.; SIMÕES, M. R.; HEINEN, P. R.; SILVA, J. L. C.; SIMÃO, R. C. G.; KADOWAKI, M. K.; MALLER, A. Production, immobilization and application of invertase from new wild strain *Cunninghamella echinulata* PA3S12MM. **Journal of Applied Microbiology**, v. 132, p. 2832-2843, 2022. Disponível em: <https://doi-org.ez6.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jam.15394>. Acesso em: 13 mai. 2023.

RASBOLD, L. M.; HEINEN, P. R.; SILVA, J. L. C.; SIMÃO, R. C. G.; KADOWAKI, M. K.; MALLER, A. *Cunninghamella echinulata* PA3S12MM invertase: Biochemical characterization of a promiscuous enzyme. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, 2021.

REDDY, P. P.; REDDY, G.S.N.; SULOCHANA, M.B. Screening of β -fructofuranosidase producers with high transfructosylation activity and its 3 experimental run studies on reaction rate of enzyme. **Journal of Biological Sciences**, vol. 10, n.3, p. 237-241, 2010.

REMONATTO, D.; JUNIOR, R. H. M.; MONTI, R.; BASSAN, J. C.; PAULA, A. V. Applications of immobilized lipases in enzymatic reactors: A review. **Process Biochemistry**, v. 114, p. 1-20, 2022.

TAVERNINI, L.; ROMERO, O.; ABURTO, C.; LÓPEZ-GALLEGO, F.; ILLANES, A.; WILSON, L. Development of a hybrid bioinorganic nanobiocatalyst: Remarkable impact of the immobilization conditions on activity and stability of β -Galactosidase. **Molecules**, v. 26, p. 4152, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules26144152>. Acesso em: 23 de jun. 2023.

UZUN, K., ÇEVİK, E., ŞENEL, M., BAYKAL, A. Reversible immobilization of invertase on Cu-chelated polyvinylimidazole-grafted iron oxide nanoparticles. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 36, p.1807–1816, 2013.

WAIFALKAR, P. P.; PARIT, S. B.; CHOUGALE, A. D.; SAHOO, S. C.; PATIL, P. S.; PATIL, P. B. Immobilization of invertase on chitosan coated γ -Fe₂O₃ magnetic nanoparticles to facilitate magnetic separation. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 482, p. 159-164, 2016.

XIE, J.; ZHANG, Y.; SIMPSON, B. Food enzymes immobilization: novel carriers, techniques and applications. **Current Opinion in Food Science**, v. 43, p. 27-35, 2022.

ZDARTA, J.; MEYER, A.S.; JESIONOWSKI, T.; PINELO, M. A general overview of support materials for enzyme immobilization: characteristics, properties, practical utility. **Catalysts**, v. 8, p. 92, 2018.

CAPÍTULO 3

Avaliação do teor de proteínas e carotenoides de bagaço de malte submetido a fermentação em estado sólido

Noelia Fernanda Martins de Azevedo ^{*1}; Liliane Maciel de Oliveira²; Felipe Machado Trombete²

Resumo

A necessidade de redução no descarte de resíduos agroindustriais impulsiona as pesquisas de reaproveitamento desses materiais, gerando subprodutos que podem ser utilizados para a produção de ração animal, para extração de compostos bioativos ou como substrato em fermentações microbianas. O bagaço de malte (BM) é um subproduto da indústria cervejeira que possui nutrientes em potencial para uso em bioprocessos. Visando o aproveitamento deste subproduto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o enriquecimento proteico e de carotenoides do bagaço de malte, avaliando a produção desses nutrientes a partir da fermentação desse substrato em estado sólido por um fungo do gênero *Neurospora sp.* em diferentes condições de umidade inicial (UI) (50, 60 e 70 %). As fermentações foram realizadas sem adição de nenhum outro nutriente. A UI da fermentação influenciou nos teores finais de proteínas e carotenoides. As fermentações com 50 % e 70 % de UI apresentaram menores teores de carotenoides (3538,47 e 4751,91 µg /100 g, respectivamente) que a fermentação realizada a 60 % UI (7479,77 µg /100 g). Para o teor proteico (% P) foi observado uma diminuição de proteínas do BM em relação ao BM antes da fermentação, que inicialmente apresentava 25,37 % de proteínas, e após a fermentação houve a diminuição para todas as amostras, sendo 19,27 % nas amostras de 50 % UI, 12,48 % para 60 % UI, e 10,20 % de 70 % UI. A fermentação do BM puro com o fungo *Neurospora sp.* foi viável para a produção de carotenoides, mas promoveu redução no teor de proteínas, indicando que esta não seja uma condição favorável para enriquecimento do material em relação a estes dois nutrientes.

Palavras-chave: Enriquecimento nutricional. Fungos. Proteína microbiana. Resíduos. Umidade

Introdução

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores de alimentos do mundo e tem no agronegócio uma das principais atividades econômicas, que representou, em 2021, 27,4 % do produto interno bruto do país (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA –

¹Bolsista de iniciação científica; Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de São João del-Rei.

² Professor(a); Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de São João del-Rei.

* E-mail: gm701429@gmail.com

CEPEA, 2022). Acompanhada desta produção, perdas ao longo da cadeia produtiva acontecem, seja pelo manejo, transporte ou armazenamento inadequados, seja pela produção de resíduos não aproveitados para outras finalidades. Estimativas apontam que 88 milhões de toneladas de alimentos são desperdiçadas por ano na Europa, que representa um custo estimado de 143 bilhões de euros (SOCAS-RODRÍGUEZ *et al.*, 2021).

Os resíduos agroindustriais geram custos, já que as indústrias necessitam de um sistema de descarte adequado, sendo muitas vezes necessário realizar um tratamento prévio destes materiais antes de serem destinados a locais de descartes. Esses produtos residuais podem se tornar potenciais poluidores do meio ambiente, além de serem um desperdício de matéria prima (PELIZER, PONTIERI e MORAES, 2007). Assim, a redução na produção e no desperdício de resíduos é uma importante forma de reduzir os custos e aumentar a eficiência do sistema produtivo. E representa também uma forma importante de contribuir para a sustentabilidade (SOCAS-RODRÍGUEZ *et al.*, 2021).

Em processos fermentativos, é comum avaliar o emprego de resíduos agroindustriais e outros subprodutos de pouco valor comercial na composição do meio de cultura, o que torna o aproveitamento desses materiais um grande interesse em pesquisas. Uma vez que são matérias-primas de baixo valor, os custos com o meio de cultura ficam menores. A estes materiais podem ser adicionados outros nutrientes, como minerais e compostos orgânicos, a fim de agregar potencial nutritivo específico ao microrganismo estudado, visando o melhor crescimento e maior produtividade (SCHMIDELL *et al.*, 2001).

Diferentes tipos de resíduos e subprodutos têm sido utilizados para obtenção de produtos de interesse pela fermentação. Podem ser citados o resíduo do café, casca de banana, casca de arroz, palha de trigo e bagaço de cana de açúcar para produção de etanol (NAYAK e BHUSHAN, 2019), resíduos de soja, mandioca e pão para a produção de carotenoides, dentre outros (GMOSER *et al.*, 2019; SILVIA, BRENELLI e MARIUTTI, 2023). O bagaço de malte, resíduo gerado em grande volume em cervejarias, é muito utilizado como um complemento proteico na ração animal, sendo uma matéria prima economicamente viável, visando aumentar a capacidade produtiva do rebanho (PORTILHO, 2010). Além desta destinação, ele também é utilizado como um substrato em processos fermentativos (CANEDO *et al.*, 2016).

No desenvolvimento de um bioprocesso, a escolha do microrganismo depende do produto de interesse, e o sucesso do processo produtivo está ligado às condições ótimas oferecidas, como temperatura, pH, agitação, composição do meio de cultura, potencial redox, que variam entre microrganismos diferentes. Ainda, o mesmo microrganismo pode produzir diversos produtos quando ele é submetido a condições diferentes (nutrientes, temperatura, etc). (SCHMIDELL *et al.*, 2001). Desta

forma, faz-se necessário estudar e estabelecer as condições ótimas de processo para cada microrganismo e cada produto de interesse.

A fermentação em estado sólido é uma estratégia de processo muito utilizada para fermentação de resíduos agroindustriais. Nela, a fermentação ocorre sobre uma matriz sólida na ausência ou quase ausência de água livre, mas com o substrato contendo umidade suficiente para permitir o desenvolvimento de microrganismos. Neste processo, além das variáveis já mencionadas que influenciam as condições ótimas de desenvolvimento dos microrganismos, a umidade inicial da fermentação é um parâmetro chave a ser otimizado (POSTIGO *et al.*, 2021). O valor adequado depende da natureza do substrato, do tipo de produto final e das exigências do microrganismo. Esta influência está relacionada à atividade de água, efeito bem conhecido no crescimento de microrganismos e na sua atividade metabólica (Hernández-Almanza *et al.*, 2014).

Os carotenoides são pigmentos naturais que podem ser de origem microbiana, de plantas e algas. Estes são visados pela indústria alimentícia para substituir corantes artificiais dos produtos. Eles são encontrados na natureza com as colorações amarela, laranja e vermelha, são corantes lipofílicos, com diversas aplicações industriais, enriquecendo produtos como rações, fármacos e cosméticos. (TATSCH, 2008; MESQUITA, 2017).

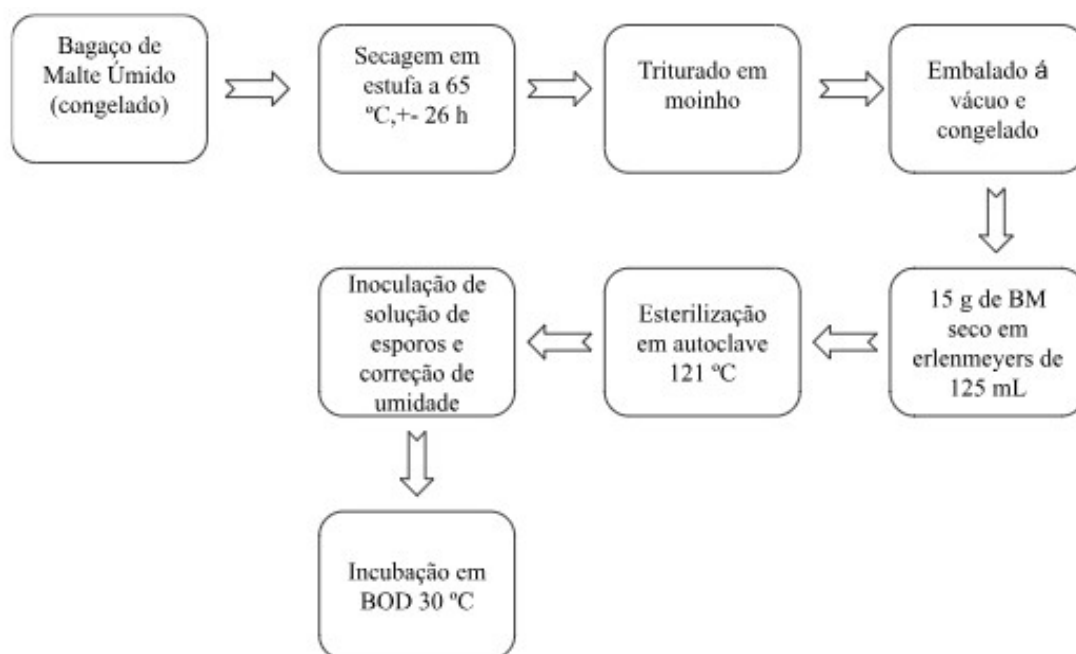
O fungo *Neurospora* sp. foi recentemente isolado por um professor do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de São João del-Rei. O fungo despertou interesse devido à produção de carotenoides. A torularodina e toruleno são carotenoides produzidos por *Neurospora crassa* (IGREJA, 2020), que é do gênero do microrganismo utilizado nesta pesquisa. Entretanto, não se sabe ainda se ele é capaz de promover o enriquecimento proteico de resíduos ou subprodutos agroindustriais. Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar a produção simultânea de carotenoides e de proteína microbiana por este fungo utilizando como substrato o bagaço de malte, em três diferentes condições de umidade inicial.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados nos laboratórios de Engenharia Bioquímica, de Análise de Alimentos e de Princípios de Conservação de Alimentos da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), campus Sete Lagoas-MG.

O processo de preparação do malte e das fermentações é representado na Figura 1.

Figura 1 - Processo de preparo do BM para fermentação



Fonte: Dos autores, 2023.

Preparo do bagaço de malte

O bagaço de malte (BM) utilizado foi doado por uma cervejaria localizada em Sete Lagoas. O BM foi previamente seco em estufa convectiva a 65 °C, até o peso constante, o que durou cerca de 26 h. O material seco passou por uma moagem em moinho de facas (MARCONI-MA 680), e o pó obtido foi fracionado e embalado à vácuo em sacos de polietileno de alta densidade, que foram armazenados à -20 °C até o uso posterior nas fermentações ou para realização de outras análises.

Microorganismo

O fungo utilizado nesta pesquisa foi isolado do pó de café, na aula da disciplina de Microscopia de Alimentos no segundo semestre de 2022, ministrada pelo docente do Departamento de Engenharia de Alimentos, da UFSJ-CSL. O fungo foi identificado como *Neurospora* sp. pelo Centro Pluridisciplinar de Pesquisa Química, Biológica e Agrícola, em Campinas. O estudo de isolamento e identificação deste microrganismo ainda está em fase de publicação.

Preparo do inóculo

Fez-se a inoculação de parte do micélio do fungo em tubos de ensaio inclinados contendo ágar batata dextrose (PDA). Os tubos foram incubados à 30 °C por 10 dias, com incidência de luz solar, até

a formação de esporos (Figura 2) . Após o crescimento, os tubos foram armazenados à 4 °C para uso posterior.

Para obtenção da solução de inóculo, verteu-se uma solução de água peptonada 1 % dentro dos tubos contendo os esporos e, com o auxílio de um bastão de vidro, os esporos foram sendo desprendidos e transferidos para a solução. Em seguida, foi feita uma filtração desta solução de esporos utilizando um funil de vidro e gaze, de forma a separar os esporos de eventuais pedaços de ágar desprendidos. A concentração de esporos no filtrado foi determinada por contagem em câmara de Neubauer.

Figura 2 - Fotografia dos tubos contendo esporos, incubados a 30 °C, crescendo em ágar batata dextrose (PDA)



Fonte: Dos autores, 2023.

Fermentação em estado sólido do bagaço de malte

A fermentação em estado sólido foi feita com três variações de umidade inicial, 50 %, 60 % e 70 %, em triplicata.

Os sacos contendo o BM foram descongelados em temperatura de refrigeração (4 °C) um dia antes do uso. Adicionou-se 15 g de BM em frascos Erlenmeyer de 125 mL. Após esterilização do material, adicionou-se a solução de inóculo num volume suficiente para obter uma concentração inicial de $1,5 \times 10^7$ esporos/g BM. Adicionou-se também água estéril para atingir a umidade inicial desejada. Os frascos foram incubados à 30 °C por 10 dias, com incidência de luz solar. Ao final da fermentação,

o conteúdo de cada frasco foi homogeneizado com uma espátula, e amostras foram coletadas e armazenadas à -20 °C para análises posteriores.

Para a correção da umidade do substrato foi considerada sua umidade inicial, aferida em medidor de umidade por infravermelho OHAUS-MB35, no modo AUTO, na temperatura de 105°C, feita com a amostra de bagaço de malte após o processo de esterilização em autoclave. Por um balanço de massa, desenvolveu-se uma fórmula para o cálculo da água a ser adicionada de forma a atingir a umidade desejada (Equação 1). Nos cálculos, desprezou-se o volume de água do inóculo, uma vez que ele era muito pequeno.

$$M_{aa} = \frac{\left[\frac{U}{100} M_r - \frac{U_s}{100} M_r \right]}{\left(1 - \frac{U}{100} \right)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Maa: massa de água a ser adicionada;

U: umidade da fermentação (em %);

Mr.: Massa do resíduo de BM em cada frasco Erlenmeyer;

Us.: Umidade do substrato (em %);

Considerou-se a densidade da água como 1g/mL para a conversão da Maa em volume de água a ser adicionado.

Análise do teor de proteínas

A análise para o teor de proteínas foi feita de acordo com o método Kjeldahl, segundo procedimento descrito pela AOAC (1995). Utilizou-se o valor de 6,25 como fator de conversão do nitrogênio total em proteínas.

A digestão foi realizada pesando-se cerca de 0,5 g de amostra em papel de seda, adicionada de 1,0 g mistura digestora (dióxido de titânio, sulfato cúprico e sulfato de potássio, proporção 0,3:0,3:6) e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. A amostra foi digerida em bloco digestor, com elevação gradual de temperatura até 400 °C.

A destilação foi feita em destilador de nitrogênio, com hidróxido de sódio 50 % para a neutralização, e com ácido bórico adicionado do indicador de pH verde de bromocresol e vermelho de metila, para receber o destilado.

Para titulação foi utilizado o ácido clorídrico (HCl) padronizado 0,01M, observando o volume de HCl gasto na titulação para obter os valores de nitrogênio presentes nas amostras. O percentual de proteínas foi determinado de acordo com a equação 2:

$$\% P = [(V * Fc * M * 0,014 * 6,25 * 100) / Pa] \quad (\text{Eq.2})$$

sendo:

V= volume de HCl gasto na titulação, subtraído o volume gasto com o branco;

Fc= fator de correção do HCl;

M= Concentração Molar teórica do HCl;

Pa= peso da amostra

Extração e determinação de carotenoides totais

O procedimento de extração e determinação de carotenoides foi feito por extração convencional descrito por Cunha, Pacheco e Godoy (2010), com algumas adaptações. A extração de carotenoides foi feita por maceração de uma massa conhecida de amostra fermentada, utilizando almofariz e pistilo, adicionado de celite, BHT e acetona. Após a etapa de maceração, o material foi filtrado à vácuo e o filtrado foi vertido em balão de separação, juntamente com água destilada e éter de petróleo. Após separação das fases, a solução inferior foi descartada e foi adicionada água destilada pelo menos duas vezes no balão, até que a solução inferior se apresentasse sem turbidez.

A solução superior, contendo os carotenóides, que apresenta cor levemente laranja, foi recepcionada em um béquer contendo carbonato de sódio para separar resquícios de água destilada da amostra. Após, a amostra foi filtrada com papel de filtro qualitativo e funil, em um balão volumétrico de 25 mL, sendo o volume completado com éter de petróleo.

Para a determinação dos carotenoides totais, foi feita a leitura de absorvância em espectrofotômetro, a 450 nm, da amostra final, utilizando o éter de petróleo como branco. Todo o procedimento foi realizado em laboratório sem incidência de luz artificial ou natural, com as vidrarias cobertas por papel alumínio, evitando a degradação dos carotenoides presentes nas amostras (Figura 7).

A concentração de carotenóides [C] foi determinada de acordo com a equação 3:

$$[C] = 100 * (A * V * 10^4) / (E^{1\%} * 1cm * m) \quad (\text{Eq.3})$$

sendo:

A= absorvância da amostra à 450 nm;

V= volume do filtrado;

E= coeficiente de extensão do β -caroteno (2592);

m= massa da amostra.

Resultados e Discussão

Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas fotos do BM fermentado após 3 dias de inoculação, e ao final

do processo.

Figura 3 - Fotografia do frasco Erlenmeyer contendo o BM fermentado por *Neurospora* sp. em 72h de fermentação à 30 °C



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 4 - Fotografia do BM fermentado nos frascos Erlenmeyer após 10 dias de fermentação à 30 °C



Fonte: Dos autores, 2023.

Após 3 dias da inoculação foi possível observar o crescimento do fungo, mas com hifas ainda brancas. Ao final dos 10 dias, a coloração do meio já apresenta tonalidade laranja, cor característica de carotenoides (Figura 4).

Os resultados de proteínas e de carotenóides do BM inicial e ao final de cada fermentação estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Teor de proteína e de carotenoides do BM puro e ao final das fermentações com 50, 60 e 70 % de umidade inicial

Ensaio	Teor de proteínas (% - m / m)	Desvio Padrão	Concentração de carotenóides (µg /100 g)	Desvio Padrão
BM inicial	25,37	0,28	1578,18	462,95
UI 50 %	19,27	0,87	3538,47	322,56
UI 60 %	12,48	0,91	7479,77	2484,40
UI 70 %	10,20	0,49	4751,91	2456,65

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: BM inicial: Bagaço de Malte sem fermentação; UI: umidade inicial da fermentação.

A partir dessas determinações foi possível observar que a fermentação do substrato de BM pelo microrganismo diminuiu o teor de proteínas presentes no material, além desse consumo proteico pelo microrganismo ser maior com o aumento da umidade inicial. Provavelmente, o fungo utilizou as proteínas como fonte de carbono durante seu crescimento. O teor de proteínas no BM puro encontrado neste estudo está dentro da faixa reportada na literatura, que varia de 19 a 30 % (VIAN, GEREMIAS e BARATTO, 2022). O bagaço de malte é um resíduo com altos teores de fibra e proteínas, o que justifica seu uso para aumentar a proteína em rações animais. Neste estudo, mesmo com o consumo das proteínas pelo fungo, o BM ainda continua sendo uma boa fonte proteica.

No estudo de Canedo *et al.* (2016), na fermentação de BM por *Rhizopus oligosporus* houve um aumento médio de aproximadamente 1,7 vezes no teor proteico do bagaço de malte, para a fermentação com 70 % de UI. Entretanto, esse aumento foi observado em amostras que receberam fontes de nitrogênio não proteico. Para as fermentações com UI de 50 e 60 % também houve aumento em relação ao BM sem fermentação, chegando a teores de proteína bruta parecidos. Silva *et al.* (2014) observaram que o enriquecimento proteico do resíduo de abacaxi a partir de *Saccharomyces cerevisiae* foi cerca de 20 % comparado ao resíduo inicial sem fermentação. *Pleurotus ostreatus* foi utilizado por Araújo *et al.* (2019) para enriquecimento nutricional em proteínas, carotenoides e lipídeos em resíduos de batata doce. Houve um aumento de 42,47 % no teor de proteínas do resíduo e produção de 26,30 µg/g de carotenoides ao final da fermentação.

Esses resultados demonstram que vários resíduos podem ser utilizados como substrato para enriquecimento de nutrientes, para posterior uso em alimentação animal ou como ingrediente alimentício, porém o enriquecimento varia de acordo com o microrganismo e o substrato/meio de cultura utilizado nas fermentações. A *Neurospora sp.* utilizada neste trabalho não apresentou resultados esperados em relação ao enriquecimento proteico, o que pode ser justificado pela ausência de outros nutrientes no meio de cultura.

Um comportamento oposto foi observado em relação à produção de carotenoides. Houve um enriquecimento desse pigmento em relação ao BM sem fermentação, sendo que as concentrações variaram de acordo com o percentual de umidade inicial do sistema fermentativo. A fermentação com umidade inicial de 60 % apresentou a maior concentração de carotenóides (7479,77 mcg/g), sendo que a fermentação com umidade inicial de 70 % apresentou concentração do pigmento menor que a de 60 % e maior que a de 50 %.

No estudo de Gmoser *et al.* (2019), observou-se um aumento na produção de carotenoides por *Neurospora intermedia* em resíduos de pão ao aumentar-se a umidade inicial de fermentação de 30 para 40 %. A produção em 50 % de umidade inicial foi semelhante à de 40 %, enquanto aumentos superiores na umidade levaram a uma redução na produção do pigmento. Já no estudo de Hernández-Almanza (2014), o aumento da umidade inicial de 70 para 90 % favoreceu a produção de carotenoides por *Rhodotorula glutinis* em substrato inerte feito de espuma de poliuretano adicionado de glicose, extrato de malte, extrato de levedura e peptona.

Whallans, Soares e Bianchi (2019) analisaram outros parâmetros do processo que influenciam a bioprodução de carotenoides. Em seu estudo viram que o pH inicial influencia significativamente na síntese de carotenoides, a partir do microrganismo *Rhodotorula mucilaginosa* usada para a fermentação de bagaço de laranja. Observaram que, à medida que o pH aumentava, a produção de carotenoides diminuía. Outro fator observado foi a granulometria do substrato, sendo a melhor produção na menor granulometria devido a maior área de contato. Além disso, os autores analisaram a adição de melaço de cana de açúcar, a fim de comparar se o aumento de açúcares favorece o aumento de carotenoides.

Neste estudo não foram realizadas as análises para verificar a influência do pH e granulometria inicial do bagaço de malte, mas outros estudos indicam suas influências, o que torna essas análises importantes para o seguimento do estudo em questão.

Conclusão

A fermentação em estado sólido do bagaço de malte puro, sem adição de nutrientes, não promoveu o enriquecimento proteico do substrato, além de haver diminuição no conteúdo proteico. A umidade inicial da fermentação influenciou no teor proteico final do substrato, sendo que maiores valores de umidade resultaram em menor teor de proteínas.

A umidade da fermentação também influenciou na produção de carotenoides, sendo a maior produção observada em 60 %, quando comparada à 50 e 70 %.

A fermentação do BM puro em 50, 60 ou 70 % UI não foi uma condição adequada para

enriquecimento nutricional do BM em carotenoides concomitantemente com enriquecimento proteico.

Referências

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21 ed. Gaithersburg: AOAC, 2019. 3200p.

AQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter; SCHMIDELL, Willibaldo; LIMA, Urgel de A. **Biotecnologia Industrial**. v. 4. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

ARAUJO, P. S. *et al.* Composição proximal e incorporação dos teores de carotenoides totais em resíduos de batata doce (*ipomoea batatas*) fermentado via bioprocesso em estado sólido utilizando o fungo *Pleurotus ostreatus*. **Avanços e Desafios de Nutrição 3**. Cap. 24, Atena, 2019.

CANEDO, M. S. *et al.* Protein enrichment of brewery spent grain from *Rhizopus oligosporus* by solid-state fermentation. **Bioprocess and Biosystem Engineering**, v. 39, p. 1105-1113, 2016. DOI: 10.1007/s00449-016-1587-8.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. PIB do agronegócio brasileiro. 2022. Disponível em: <https://www.cepea.org.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em 19/06/2023.

CUNHA, C. P., PACHECO, S., GODOY, R. L. O. Ensaio comparativo para extração de carotenoides. *In: ANAIS DA XX JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO*, 20, 2010, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos [...]** Rio de Janeiro: UFRRJ, 2010. Disponível em : <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25757/1/2010-067.pdf>. Acesso em 24 jun. 2023.

GMOSER *et al.* Combining submerged and solid state fermentation to convert waste bread into protein and pigment using the edible filamentous fungi *N. inermis*. **Waste management**, v. 97, p. 63-70, 2019.

HERNÁNDEZ-ALMANZA, A. *et al.* Carotenoid production by *Rhodotorula glutinis* YB-252 in solid-state fermentation. **Food Bioscience**, v. 7, p. 31-36, 2014.

IGREJA, W. S. **Produção de carotenoides por leveduras *Rhodotorula rubra* utilizando caroço de açaí (*euterpe oleracea mart.*) como substrato para a fermentação**. 2020. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, Belém - PA, 2020.

MACHADO, W. R. C.; SOARES, A. B. V.; BIANCHI, V. L. del. Produção de carotenoides por meio de fermentação em estado sólido com *rhodotorula mucilaginosa* em bagaço de laranja (*Citrus sinensis*). **Revista de Engenharia e Tecnologia**. ISSN 2176-7270. V. 11, No. 3, 2019.

MESQUITA, S. S.; TEIXEIRA, C. M. L. L.; SERVULO, E. F. C. Carotenoides: Propriedades, Aplicações e Mercado. **Revista Virtual de Química**, 672-688, 2017.

NAYAK A, BHUSHAN B. An overview of the recent trends on the waste valorization techniques for food wastes. **J Environ Manage**, v. 233, p. 352-370, 2019.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, p. 118-127, 2007.

PORTILHO, F. P. **Utilização do resíduo de cervejaria na formulação de misturas minerais proteinadas para ovinos a pasto**. 2010. 76 f. Tese (Doutorado em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

POSTIGO, L. O. C. *et al.* Solid-state fermentation for enhancing the nutraceutical content of agrifood by-products: Recent advances and its industrial feasibility. **Food Bioscience**, v. 41, n. 100926, 2021.

RIBEIRO, A. H. R.. **Bioprodução de carotenoides por uma nova cepa de *Sporidiobolus pararoseus* utilizando resíduos agroindustriais**. 2011. 94f. Dissertação (Mestrado de Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, 2011.

SCHMIDELL, W.;LIMA,U.A.;AQUARONE,E.BORZANI,W. **Biotecnologia Industrial**. 1ed. São Paulo: Blucher, 2001.

SILVA, P. B. V. D., BRENELLI, L. B., & MARIUTTI, L. R. B. (2023). Waste and by-products as sources of lycopene, phytoene, and phytofluene - Integrative review with bibliometric analysis. **Food research international** (Ottawa, Ont.,. V. 169, n 112838, 2023.

SILVA. G. M. S. *et al.* Enriquecimento proteico do resíduo de abacaxi mediante fermentação semissólida. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**.V.11, Nº 5, p. 39-44, 2016.

SOCAS-RODRÍGUEZ *et al.* Food by-products and food wastes: are they safe enough for their valorization?. **Trends in Food Science and Technology**, v. 114, p. 133-147, 2021.

TATSCH, P. O. **Produção de carotenoides em meio sintético por *Sporidiobolus salmonicolor* CBS 2636 em biorreator**. 2008. 94f. Dissertação (Mestrado de Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, 2008.

VIAN, M. L.; GEREMIAS, R.; BARATTO, C. M. Utilização do bagaço de malte para obtenção de produtos de valor agregado. **Anuário Pesquisa E Extensão Unoesc Videira**, v. 7, e29982, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeuv/article/view/29982>. Acesso em: 25 jun. 2023.

CAPÍTULO 4

Produção de pectinases bacterianas a partir de culturas puras e mistas isoladas de frutos amazônicos

Roze Anne Ferreira Lima*¹; Catarina Francisca Morais Lima Carvalhinho¹; Larissa Santos Saraiva¹; Sergio Andres Villalba Morales²; Solange Cristina Carreiro³; Alex Fernando de Almeida⁴

Resumo

As pectinases são enzimas que degradam substâncias pécticas, quebrando as ligações glicosídicas ao longo da cadeia carbônica dessas moléculas. Para que as enzimas ofereçam informações que podem produzir a enzima pectinase é necessário saber as formas de produção da enzima. As formas de produção e caracterização da pectinase estão associadas à fermentação submersa e em estado sólido. As enzimas pectinases detêm várias aplicações biotecnológicas nas indústrias de alimentos, como a extração e clarificação de sucos de frutas e vinhos, extração de óleos essenciais, tratamento preliminar do suco de uva para indústrias vinícolas, amadurecimento das frutas, entre outros. Os frutos amazônicos apresentam propriedades nutricionais que permitem sua inserção em produtos alimentícios, agregando nutrientes importantes como vitaminas, ácidos graxos da família ômega 3 e 6, e minerais, portanto, esses nutrientes são essenciais para a extração de carotenoides e clarificação de suco de frutas. O presente trabalho teve como objetivo selecionar culturas puras e mistas para a produção de pectinases a partir de linhagens bacterianas isoladas de frutos amazônicos Bacupari (*Rheedia Gardneriana*) e Tucumã (*Astrocaryum Vulgare* Mart.). A metodologia procedeu primeiramente por meio da manutenção do inóculo, no qual foi feita a reativação das linhagens e o preparo pré-inóculo e cultivo submerso para a produção da enzima, por fim foi determinado a atividade enzimática. No entanto foi observado que as enzimas estudadas produziam atividade enzimática. Foi analisado que as linhagens BCLB-640 (5,52 U/mL), BCLB-197A (5,13 U/mL) e a cultura mista BCLB-197A + BCLB-640 (14,68 U/mL), apresentaram as maiores atividades de pectinase. Comparando os resultados deste estudo com os relatados na literatura, concluiu-se que a atividade pectinase promissora foi alcançada com a cepa mista de *Bacillus* spp. neste estudo.

Palavras-chave: *Bacillus* spp. Linhagens. Produção.

¹ Mestrandas do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA; Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus Palmas, Tocantins.

² Doutor, Pesquisador e Professor do PPCGTA; UFT, Campus Palmas, Tocantins.

³ Doutora e Professora Titular na UFT; Campus Palmas, Tocantins.

⁴ Doutor, Pesquisador e Professor do PPCGTA; UFT, Campus Gurupi, Tocantins, Brasil.

*E-mail: roze.anne@mail.uft.edu.br

Introdução

As pectinases são enzimas que compõem principalmente poligalacturonase (EC 3.2.1.15), pectina liase (EC 4.2.2.10) e pectinesterase (EC 3.1.1.11), que degrada substâncias pécnicas para quebrar as paredes celulares, diminuir viscosidade e clarificar suco de frutas (NAWAWI *et al.*, 2022). Segundo o Comitê de Nomenclatura da União Internacional de Bioquímica e Biologia Molecular (IUBMB), as enzimas pectinases são classificadas em três grupos de acordo com seu mecanismo de ação: as esterases catalisam a desesterificação da pectina pela remoção de resíduos de acetil e metoxila dando origem a ácido poligalacturônico. São subdividas em pectina metil esterases (PME, E.C 3.1.1.11) e pectina acetil esterase (PAE, E.C 3.1.1.6). As protopectinases solubilizam a protopectina (encontrada na fruta verde) para formar pectina solúvel (encontrada na fruta madura). E as enzimas despolimerases quebram as ligações glicosídicas entre os resíduos galacturônicos via transeliminção (liases) (PL, E.C 4.2.2.2) (pectato liases e pectina liases) ou hidrólise (hidrolases) (PG, E.C 3.2.1.15) (exo ou endo – poligalacturonases) (VAZ *et al.*, 2021).

Essas enzimas são encontradas naturalmente nas paredes celulares das frutas e legumes (LI *et al.*, 2018), portanto, vários microrganismos podem produzir as pectinases. Diversos gêneros de microrganismos como *Bacillus*, *Erwinia*, *Kluyveromyces*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Pseudomonas*, *Penicillium* e *Fusarium* são conhecidos como bons produtores de pectinases, podendo ser utilizados em escala industrial (REGO *et al.*, 2021). Estes microrganismos são cruciais para a produção de enzimas pectinase, que encontram aplicações em processos biotecnológicos que aplicam a pectina como fonte de carbono (HAILE *et al.*, 2022).

As enzimas pectinases detêm várias aplicações biotecnológicas nas indústrias de alimentos, são utilizadas na extração e clarificação de sucos de frutas e vinhos, extração de óleos essenciais, tratamento preliminar do suco de uva para indústrias vinícolas, amadurecimento das frutas. As substâncias pécnicas são responsáveis pela consistência, turbidez e aparência dos sucos das frutas, e por alterar suas propriedades sensoriais (MOJSOV, 2016). Essas aplicações vêm se tornando cada vez mais frequente e reconhecida por possuir diversas reações que possibilita a melhoria de processos produtivos mantendo a qualidade dos produtos.

Porém, para que as enzimas ofereçam informações que podem produzir a enzima pectinase é necessário saber as formas de produção da enzima. As formas de produção e caracterização da pectinase estão associadas à fermentação submersa e em estado sólido. A fermentação em estado sólido, incorpora crescimento microbiano e formação de produto sobre ou dentro de partículas de um substrato sólido. Neste sentido as enzimas são produzidas a partir de realizações analíticas quanto ao pH, temperatura, tempo de incubação e especialidade do substrato (CHOWDHURY *et al.*, 2017). Em contraste, na

fermentação submersa os nutrientes e microrganismos estão ambos submersos na água. Aproximadamente 90% de todas as enzimas industriais são produzidas por fermentação submersa, frequentemente usando microrganismos manipulados geneticamente (OUMER, 2017).

Diferentes trabalhos de pesquisa mostram que, entre diferentes isolados bacterianos rastreados para propriedades pectinolíticas, as cepas de *Bacillus* foram selecionadas como os produtores enzimáticos mais potente (SOHAIL; LATIF, 2016; KAVUTHODI; SEBASTIAN, 2018). O custo mais elevado da produção é talvez a principal restrição na comercialização de novas fontes de enzimas. Porém, usando cepas de alto rendimento, a fermentação ideal condições e matérias-primas baratas como fonte de carbono podem reduzir o custo de produção de enzimas para posterior aplicações em processos industriais (MURAD; AZZAZ, 2011).

A diversidade do bioma brasileiro é de vasta fonte de exploração de substâncias que são produzidos por microrganismos. No entanto as bactérias são muito exploradas na microbiologia e têm sido identificadas em várias plantas, onde se habitam nos tecidos internos do seu hospedeiro (RHODEN *et al.*, 2019).

O presente trabalho teve como objetivo selecionar culturas puras e mistas para a produção de pectinases a partir de linhagens bacterianas isoladas de frutos amazônicos.

Material e Métodos

O projeto é vinculado ao PROCAD Amazônia Legal (Convênio: 1707/2018) e PDPG-FAP (18/2020).

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Microbiologia Aplicada – LAMA, da Universidade Federal do Tocantins – UFT, *Campus* Palmas, TO.

Microrganismos: Manutenção e Inóculo

As linhagens bacterianas foram isoladas de frutos de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart) e bacupari (*Rheedia gardneriana*) por Santos (2022) (Tabela 1). As linhagens foram mantidas no Laboratório de Microbiologia Aplicada da Universidade Federal do Tocantins, *Campus* de Palmas, TO. As linhagens foram preservadas em tubos eppendorf contendo 50% de glicerol 40%, e 50% do meio de cultura contendo 10 g/L de triptona, 5 g/L de extrato de levedura, 5 g/L de cloreto de sódio. As linhagens foram mantidas em freezer a -80°C até o momento da reativação.

Tabela 1 - Linhagens bacterianas utilizadas para a triagem de produção de pectinase

Linhagens	Identificação
BCLB-785	<i>Klebsiella oxytoca</i>
TCLB-25	<i>Cronobacter sakazakii</i>
TCMK-112	<i>Kosakonia</i> sp.
BCLB-179	<i>Klebsiella aerogenes</i>
BCLB-122	<i>Proteus</i> sp.
BCLB-197A	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
TCMK-109	<i>Kosakonia</i> sp.
BCLB-640	<i>Bacillus siamensis</i>
BCLB-197B	<i>Klebsiella aerogenes</i>

Fonte: Dos autores, 2023.

A reativação foi realizada retirando a amostra dos tubos eppendorf com o auxílio de uma alça descartável estéril, inoculando-a em placa de Petri contendo 5 g/L de peptona de soja, 3 g/L de extrato de carne e 20g/L de ágar bacteriológico. Os isolados permaneceram incubados a 30 °C por 24 horas.

Cultivos dos microrganismos

O pré-inóculo foi preparado em frascos Erlenmeyer (125 mL) contendo 20 mL do meio basal composto por 5 g/L de peptona de soja e 3 g/L de extrato de carne. O meio de cultivo foi esterilizado a 121°C por 15 minutos em autoclave. Posteriormente foi inoculado um isolado das diferentes amostras nos frascos Erlenmeyer (125 mL). O cultivo de pré-inóculo foi mantido a 150 rpm, em 30 °C por 24 horas no *Agitador Orbital com controle de temperatura*.

Produção de pectinases em cultivo submerso

Na Tabela 2 são apresentadas as linhagens utilizadas para produção de pectinases com culturas puras e mistas.

O método utilizado para a produção de pectinases foi adaptado por Reddy *et al.* (2010). O cultivo submerso foi realizado em frascos Erlenmeyer (125 mL) contendo meio mineral (MM) adicionado de 1% de pectina cítrica (m/v), 3,0 g/L de sulfato de amônio, 1,5 g/L de fosfato monopotássico, 0,2 g/L de sulfato de magnésio, 3,5 g/L de fosfato dissódico, 1 g/L de extrato de levedura, o pH final foi ajustado para 7,0 utilizando hidróxido de sódio (NaOH) 1M (SOARES *et al.*, 1999). O meio foi esterilizado a uma temperatura de 121°C durante 15 minutos em autoclave.

Tabela 2 - Linhagens (cultura pura e mista) utilizadas na produção de pectinases

Cultura pura	Cultura mista
BCLB-640	BCLB-197B + BCLB197A
BCLB-197A	BCLB-197B + TCMK-109
BCLB-197B	BCLB-197B+ BCLB-640
TCMK-109	BCLB-197A + TCMK-109
	BCLB-197A + BCLB-640
	TCMK-109 + BCLB-640

Fonte: Dos autores, 2023.

Os cultivos submersos foram realizados utilizando-se 1 mL do pré-inóculo para as culturas puras e 1 mL de cada uma das culturas mistas, para inocular 18 mL de meio de cultivo, para a produção da enzima. Os cultivos submersos foram realizados em incubadora com agitação orbital a 150 rpm, 30 °C por 48 horas. Após o tempo de cultivo, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 30 minutos a 10 °C para obtenção do sobrenadante (extrato enzimático bruto) e posteriormente determinação da atividade de pectinase. Com a determinação da atividade de pectinase para as culturas puras e mista foi possível selecionar as que obtiverem melhores resultados em suas atividades.

Determinação da atividade de pectinase total

A atividade enzimática de pectinase total foi realizada em duas repetições em triplicata. Para determinar a atividade enzimática foi adicionando 800 µL de uma solução de pectina cítrica a 1 % (m/v) em tampão McIlvaine pH 5,0 em tubos de ensaio. Os tubos se mantiveram a 50°C por 5 minutos. O início da reação ocorreu com a adição de 200 µL do extrato enzimático e, em diferentes intervalos de tempo (entre 0 e 5 minutos), retirou-se 200 µL da reação, adicionando-os em tubos contendo 200 µL de ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). O branco da reação foi realizado nas mesmas condições experimentais com a adição de água destilada em substituição do extrato enzimático. Então, os tubos foram levados para fervura em banho maria a 100°C onde permaneceram por 5 minutos. Posteriormente, as amostras foram resfriadas em banho de gelo e, em seguida, 2 mL de água destilada foram adicionados em cada tubo para posterior leitura. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-VIS a 540 nm. Esta análise, utilizando o DNS, identifica a presença do grupo carbonila livre (C = O), os chamados açúcares redutores (MILLER, 1959). Segundo Deshavath *et al.* (2020) e Silva *et al.* (2003) esse ensaio envolve a oxidação do grupo funcional aldeído presente no ácido correspondente, enquanto o DNS é simultaneamente reduzido a ácido 3-amino-5-nitrosalicílico em condições alcalinas (Figura 1). Uma

unidade de atividade pectinase foi definida como a quantidade de enzima necessária para produzir 1 μmol de ácido galacturônico, por mililitro, por minuto.

Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos nos experimentos foram analisados e submetidas a análise de variância (ANOVA) pelo teste de Tuckey ao nível de 5% de significância. Foi utilizado o software *SISVAR* para as análises *estatísticas*.

Resultados e Discussão

Produção de pectinases

As linhagens selecionadas com potencial para a produção de pectinase foram cultivadas em condições submersas e os resultados de atividade pectinolítica então apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Produção de pectinases bacterianas

Tratamentos	Atividade de Pectinase (U/mL)
BCLB-785	3,29 \pm 1,27 ^a
TCLB-25	3,57 \pm 2,63 ^a
TCMK-112	3,66 \pm 1,76 ^a
BCLB-179	3,77 \pm 0,70 ^a
BCLB-122	3,95 \pm 1,47 ^a
BCLB-197A	4,13 \pm 2,89 ^a
TCMK-109	4,23 \pm 1,76 ^a
BCLB-640	4,24 \pm 0,44 ^a
BCLB-197B	5,36 \pm 2,31 ^a

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Letras iguais, na linha, não apresentam diferença significativa entre si (Tukey $p < 0,05$).

Foi observado que não houve diferença significativa entre as médias analisadas, portanto, é interessante destacar que as linhagens produtoras de pectinases, BCLB-197B, BCLB-640, TCMK-109 e BCLB-197A apresentaram os maiores valores de atividade enzimática (5,36 U/mL, 4,24 U/mL, 4,23 U/mL e 4,13 U/mL, respectivamente). Além de, estatisticamente não apresentarem diferença significativa, as linhagens com maiores atividades são de alto interesse para o estudo da interação entre as linhagens em cultivo puro e misto. As linhagens que apresentaram capacidades para produção de

pectinase são provenientes do fruto do tucumã e do bacupari. Vale mencionar que todas as linhagens analisadas constataram potencial enzimático (Tabela 1), sendo assim, produtoras de enzimas, porém apresentaram atividade enzimática inferiores as com maiores valores de atividade.

Os microrganismos do gênero *Bacillus* atuam com um grande papel na produção de pectinase devido sua aplicabilidade de crescimento rápido e alta capacidade de produção, o que pode acarretar em reduzir custos. Jayani *et al.* (2010) relataram que os *Bacillus sphaericus* pode ser uma cepa eficiente para a atividade da poligalacturonase. Em outro estudo, a produção de poligalacturonase a partir da casca de laranja por *Bacillus subtilis* foi de 12,7 U/mL (KUMAR; SUNEETHA, 2016). Bibi, Ali e Tabassum (2016) relataram uma atividade de pectinase de 219, 0U/mL com 2,5% da casca de laranja por *Bacillus licheniformis*. Uzuner *et al.* (2015) demonstraram em seus estudos uma atividade de pectinase de 5,60 U/mL a partir da casca de avelã através de *B. subtilis*. Contudo, os valores observados no presente estudo são similares aos relatados na literatura, devido seu alto valores produção encontrados para atividade de pectinase.

Produção de pectinases bacterianas em culturas mistas

A maioria dos estudos são focados em monoculturas para a produção de pectinases. Por outro lado, culturas mistas são vantajosas devido ao alto rendimento de produção e maior estabilidade dos produtos (KUVVET; UZUNER; CEKMECELIOGLU, 2019). A produção de pectinase em culturas puras e mistas foram desenvolvidas utilizando as linhagens que apresentaram maior atividade enzimática. Os resultados para a produção de enzima são apresentados na Tabela 4. A partir da análise estatística, observou-se que atividade de pectinase das linhagens BCLB-640, BCLB-197A e a cultura mista BCLB-197A + BCLB-640, tiveram efeito significativo sobre a atividade da pectinase, com nível de confiança acima de 95% ($p < 0,05$).

A interação entre algumas linhagens em alguns casos foi prejudiciais, não havendo aumento da produção como no caso das TCMK-109 + BCLB-640, TCMK-109, BCLB-197B e BCLB-197A + TCMK-109, e, em outros casos reduziram a produção da enzima (BCLB-197B + TCMK-109, BCLB-197B + BCLB-197A e BCLB-197B + BCLB-640). Em contrapartida, a mistura entre algumas linhagens de acordo com o teste de Tukey (Tabela 4) apresentaram alta atividade de pectinase. Mostrando que houve diferença significativa nas atividades enzimáticas (BCLB-197A, BCLB-640 e BCLB-197A + BCLB-640).

Tabela 4 - Produção de pectinases bacterianas com culturas puras e mistas realizados em cultivos submersos

	Tratamentos	Atividade de Pectinase (U/mL)
Culturas Puras	BCLB-197A	5.13±0,46 ^d
	BCLB-640	5.52±0,32 ^d
	TCMK-109	7.45±0,17 ^c
	BCLB-197B	9.22±0,55 ^b
Culturas Mistas	BCLB-197B + TCMK-109	0.65±0,05 ^f
	BCLB-197B + BCLB-197A	0.96±0,05 ^f
	BCLB-197B + BCLB-640	1.60±0,03 ^f
	BCLB-197A + TCMK-109	3.34±0,42 ^e
	TCMK-109 + BCLB-640	8.54±0,28 ^{b,c}
	BCLB-197A + BCLB-640	14.68±1,64 ^a

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Letras diferentes em uma mesma coluna são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Deste modo, as amostras de BCLB-640 (*Bacillus siamensis*) e BCLB-197A (*Bacillus amyloliquefaciens*) são iguais entre si. Por sua vez, a mistura de duas linhagens (BCLB-197A + BCLB-640) foi favorável, aumentando a atividade de pectinase. Estatisticamente essas linhagens se diferenciou entre as demais analisadas, apresentando uma maior atividade de pectinase de 11,96±4,28 U/mL. A produção de pectinase pela cultura mista foi 2,85 vezes maior quando comparada às culturas puras (Tabela 4). Os microrganismos são os principais produtores de enzimas, desta maneira, podem interagir de forma coordenada para expressão de fenótipos como a produção de enzima com linhagens fortemente produtoras de pectinase.

Fundamentalmente, a interação dos mecanismos entre as cepas com diferente aumento em sua atividade de pectinase é útil no desenvolvimento de abordagem adequadas para elevar a produção de pectinases bacterianas. A maioria dos estudos relata a produção de pectinase para uma única cultura. Com isso, a cultura mista se torna vantajosa, apresentando maior rendimento de produção, ou seja, maior produção de enzimas.

Dessa forma, cepas bacterianas como *B. siamensis* e *B. amyloliquefaciens* têm excelente capacidade de produzir grandes quantidades de pectinases quando as condições ideais são fornecidas.

Kuvvet, Uzuner e Cekmecelioglu (2019) determinou uma maior atividade de pectinase com 11,48 ± 0,51 U/mL para a mistura entre *B. subtilis* e *Bacillus pumilus* em meio de bagaço de maçã com uma proporção de 2,13, observando que a produção de pectinase aumenta relativamente quando a proporção entre a mistura é aumentada.

A mistura de cultura para formar coquetéis de enzimas é vantajosa para hidrolisar a cooperação

de vários polímeros de carboidratos, como celulose e hemicelulose. Entretanto, Bhardawal *et al.* (2021) evidenciaram que uma mistura de enzimas pectinases e celulase melhorou a extração e clarificação para a indústria de sucos.

Desta maneira, conforme exposto na literatura, neste estudo observou-se claramente que a produção de pectinase aumenta com a mistura entre as culturas, apresentando alto impacto em sua produção. O aumento da atividade de pectinase entre os mecanismos de diferentes interações está relacionado com o aumento da carga sólidos e as condições ideais para a produção dessas enzimas, ou seja, tempo, temperatura e pH.

As próximas etapas no presente estudos foram realizadas apenas com as linhagens de *B. siamensis* - BCLB-640, *B. amyloliquefaciens* - BCLB-197A e BCLB-197A + BCLB-640, proveniente do fruto do bacupari, cujo apresentam ser maiores produtoras de pectinase. Descartando as linhagens do fruto do tucumã por não apresentarem alta atividade enzimática.

Conclusão

Contudo, foi possível observar que as linhagens BCLB-640 (5,52 U/mL), BCLB-197A (5,13 U/mL) e a cultura mista BCLB-197A + BCLB-640 (14,68 U/mL), apresentaram as maiores atividades de pectinase. A interação dos mecanismos diferenciais entre as linhagens, com diferente aumento em sua atividade de pectinase é útil no desenvolvimento de abordagem adequadas para elevar a produção de pectinases bacterianas.

Comparando os resultados deste estudo com os relatados na literatura, concluiu-se que a atividade pectinolítica promissora foi alcançada com a cepa mista de *Bacillus* spp. neste estudo.

Entre as fontes microbianas, bactérias como *Bacillus* spp. são favorecidos porque o alto rendimento de pectinase é obtido a partir da fermentação bacteriana, que é uma fonte baratas como fonte de carbono para a indústria e facilmente disponível. O aumento da atividade de pectinase é especialmente importante na indústria de fermentação, podendo reduzir o custo de produção de enzimas para posterior aplicações em processos industriais.

Agradecimentos

Agradeço a CAPES pela concessão de recursos de custeio para o desenvolvimento do Projeto PROCAD-AM 1707/2018 (Processo nº 88881.200497/2018-01).

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - PPGCTA - UFT e a Universidade Federal do Tocantins pela infraestrutura disponibilizada para a execução dos

experimentos.

Referências

BIBI, N.; ALI, S.; TABASSUM, R. Statistical Optimization of Pectinase Biosynthesis from Orange Peel by *Bacillus licheniformis* Using Submerged Fermentation. **Waste and Biomass Valorization**, v. 7, n. 3, p. 467–481, 2016.

BHARDWAJ, N.; KUMAR, B.; AGRAWAL, K.; VERMA, P. Perspectiva atual sobre produção e aplicações de celulases microbianas: uma revisão. **Biorecursos Bioprocesso**. 2021.

CRUZ, G.; SILVA, A. V. S.; SILVA, J. B. S.; CALDEIRAS, R. N.; SOUZA, M. E. P. Biocombustíveis de frutas oleaginosas usando diferentes processos termoquímicos: oportunidades e desafios. **Wiley Online Library, Training Hub**, v. 14, 2. 3, p. 696-719, 2020. <https://doi-org.ez6.periodicos.capes.gov.br/10.1002/bbb.2089>

CHOWDHURY, T. I.; JUBAYER, F.; UDDIN, B.; AZIZ, G. Production and characterization of pectinase enzyme from *rhizopus oryzae*. **Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences**, v.11, n.1, p.641-651, 2017.

DESHAVATH, N. N.; MUKHERJEE, G.; GOUD, V. V.; VEERANKI, V. D.; & SASTRI, C. V. Pitfalls in the 3, 5-dinitrosalicylic acid (DNS) assay for the reducing sugars: Interference of furfural and 5-hydroxymethylfurfural. **International journal of biological macromolecules**, v. 156, p. 180-185, 2020.

FERNANDEZ, C. M. M. LORENZETTI, F. B.; IWANAGA, C. C.; BERNUCI, K. Z.; SIMÕES, L. P.; ANDRADE, J. P. P. DE.; BORTOLUCCI, W. C.; GONÇALVES, J. E.; CORTEZ, D. A. G.; GAZIM, Z. C.; FILHO, B. P. D. Chemical composition and seasonal variation of essential oils from the leaves of *Garcinia gardneriana* (Planchon and Triana) Zappi (Clusiaceae), **Australian Journal of Crop Science**, AJCS 15 (01): 1-8, 2021.

HAILE, SETEGN.; MASI, CHANDRAN., TAFESSE, M. Isolation and characterization of pectinase producing bacteria (*Serratia marcescens*) from avocado peel waste for juice clarification. **Gale Academic**, v. 22, p. 145-145, 2022.

JAYANI, R. S.; SHUKLA, S. K.; GUPTA, R. Triagem de cepas bacterianas para atividade de poligalacturonase: sua produção por *Bacillus sphaericus* (MTCC 7542). **Enzyme Research**, 2010.

KAVUTHODI, B.; SEBASTIAN, D. Review on bacterial production of alkaline pectinase with special emphasis on *Bacillus* species. **Bioscience Biotechnology Research Communications**, v.11, n.1, 18–30, 2018.

KUMAR, G. P.; SUNEETHA, V. Caracterização da pectina liase e poligalacturonase do novo *Bacillus cereus* GS-2 isolado de Chittoor e Vellore Fruit Industrial Dump Sites por SEM, sequenciamento de 16SrRNA, troca iônica, SDS e análise de HPLC. **J Pure Appl Microbiol**, v.10, n.1, p.741-749, 2016.

KUVVET, C.; UZUNER, S.; CEKMECELIOGLU, D. Improvement of Pectinase Production by Co-culture of *Bacillus* spp. Using Apple Pomace as a Carbon Source. **Waste and Biomass Valorization**, v. 10, n. 5, p. 1241–1249, 2019.

LI, Q.; LOMAN, A.; CALLOW, N. V.; ISLAM, S. M.; JU, LU-KWANG. Leveraging pH profiles to direct enzyme production (cellulase, xylanase, polygalacturonase, pectinase α -galactosidase, and invertase) by *Aspergillus foetidus*. **Biochemical engineering journal**, v. 137, p.247-254, 2018.

MAGNUSSON W. E. Biodiversity: the chasm between what we know, and we need to know. **An Acad Bras Cienc**. 2019. DOI 10.1590/0001-3765201920190079

MILLER, G. L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, 1959.

MOJSOV, K. D. *Aspergillus* Enzymes for Food Industries. New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. Faculty of Technology. University, Stip, Republic of Macedonia. **All rights reserved**, Elsevier. p 215-222. 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-63505-1.00033-6>

MURAD, H. A.; AZZAZ, H. H. Microbial Pectinases and Ruminant Nutrition. **Journal of Microbiology**, v. 3, n.6, p. 246-269, 2011. DOI:10.3923/jrn.2011.246.269

NAWAWI, M. H.; ISMAIL, K. I.; SA'AD, N.; MOHAMAD, R.; TAHIR, P. M.; ASA'ARI, A. Z.; SAAD, W. Z. Optimisation of Xylanase–Pectinase Cocktail Production with *Bacillus amyloliquefaciens* ADI2 Using a Low-Cost Substrate via Statistical Strategy. **Fermentation**, v. 8, n. 3, 2022.

Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB), IUBMB.ORG. 2021.

OUMER, O. J.; ABATE, D. F. Screening and Molecular Identification of Pectinase Producing Microbes from Coffee Pulp. **BioMed research international**, p.2961767-7, 2018.

OUMER, O. J. Pectinase: Substrate, Production and their Biotechnological Applications. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v. 2, n. 3, p. 1007–1014, 2017.

PINTO, T. Z.; FERREIRA, C. J.; CARRIÇO, C.; LEAL, C. R.; DOS SANTOS, B. F.; MENDONÇA, V. M.; BERENGER, P. R.; FIGUEIREDO, A. L.; RAQUEL, M. Acaricidal effects of seven Brazilian plant extracts. **Revista Colombiana de Entomología**, v.44, n.1, p.44-47, 2018.

REDDY, P. P.; REDDY, G. S. N.; SULOCHANA, M.B. Screening of β -fructofuranosidase producers with high transfructosylation activity and it 3 experimental run studies on reaction rate of enzyme. **Journal of Biological Sciences**, vol. 10, n.3, p. 237-241, 2010.

REGO, D.; GAYESKI, L.; TRES, G. A.; CAMERA, F. D.; ZENI, J. Produção Microbiológica de Enzimas: uma Revisão Microbiological Production of Enzymes: A Review. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p.9232-9254, 2021.

RHODEN, S. A.; LUCAS, A. P. C.; EVANGELISTA, C. L.; DE LIMA, F. S., DE CARVALHO DEPRÁ, I.; NASCIMENTO, R. A., & PAMPHILE, J. A. Aspectos Físicos, Químicos e Genéticos na Interação Patógeno Planta Hospedeira. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, 14(1), 34-41, 2019.

SAGRILLO, M. R.; GARCIA, L. F. M.; DE SOUZA FILHO, O. C.; DUARTE, M. M. M. F.; RIBEIRO, E. E.; CADONÁ, F. C. Tucumã fruit extracts (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) decrease cytotoxic

effects of hydrogen peroxide on human lymphocytes. **Food Chemistry**, 173, 741–748. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.067>.

SANTOS, I. L. DOS.; ALMEIDA, F. DE.; ELIAS, F. C. P. **Prospecção de microrganismos de frutos amazônicos produtores de pectinases para aplicação industrial**. Dissertação de mestrado acadêmico – Universidade Federal do Tocantins – Campus Palmas – Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciências e Tecnologia de Alimentos, 2022.

SILVA, R.S.; MARB, C. L.; KLUCZKOVSKIC, J. M.; FIGUEIREDO, A. M.; SORAIA, V. J. A.; BORGES, A. M. Physicochemical properties of tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) powders with different carbohydrate biopolymers, **LWT - Food Science and Technology**. p.79–86. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.047>

SILVA, R. D. N.; MONTEIRO, V. N.; ALCANFOR, J. D. X.; ASSIS, E. M.; ASQUIERI, E. R.; Comparison methods for the determination of reducers sugars and total in honey. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos (Brazil)**, v. 23, p. 337-341, 2003.

SOARES, M. M.; SILVA, R. D.; GOMES, E. Screening of bacterial strains for pectinolytic activity: characterization of the polygalacturonase produced by *Bacillus* sp. **Revista de microbiologia**, v. 30, n. 4, p. 299-303, 1999.

SOHAIL, M.; LATIF, Z. Phylogenetic analysis of polygalacturonase-producing *Bacillus* and *Pseudomonas* isolated from plant waste material. **Jundishapur journal of microbiology**, v. 9, n. 1, 2016.

UZUNER, S.; CEKMECELIOGLU, D. Increased pectinase production by optimizing the fermentation conditions of *Bacillus subtilis* growing in hazelnut husk hydrolyzate. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, p. 62-67, 2015.

VAZ, R. P.; VICI, A. C.; TEIXEIRA, M. P.; LOURDES, M.; MAGALHÃES, P. O.; FILHO, E. X. F, Immobilization studies of a pectinase produced by *Aspergillus terreus*. **Biotechnology and applied biochemistry**, Vol.68 (1), p.197-208, 2021.

PARTE 2

CONTROLE DE QUALIDADE:

Análise sensorial, Química de alimentos e Análise de alimentos



Foto: Victor Maurício, 2019.

CAPÍTULO 1

Avaliação do potencial extrator de constituintes fenólicos de diferentes solventes sobre a pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolia* Raddi) através de métodos espectrofotométricos e CLAE

Amanda Beatriz Sales de Lima*¹; Roberta Ribeiro da Cruz Cangussu¹; Denise Santos Costa²; Leandro Soares Santos³

Resumo

Os frutos da *Schinus terebinthifolius* Raddi são amplamente consumidos como especiaria compondo pratos de carnes, massas e drinks. No entanto, seu uso não se restringe ao uso alimentício, a indústria farmacêutica tem utilizado a pimenta rosa como matéria prima para diversos cosméticos e fármacos devido às suas propriedades bioativas. A forma de extração dos compostos bioativos é um ponto crítico ao se trabalhar com produtos naturais. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar diferentes solventes para extração de compostos bioativos da pimenta rosa. Para isso, testaram-se cinco diferentes solventes (Etanol 80%, Metanol 80%, Água destilada, Água acidificada com Ácido Acético 2,5% e Acetona 80%) e a eficiência da extração foi avaliada pelos compostos fenólicos (CFT) e flavonoides totais (FT), atividade antioxidante pelo método do DPPH• e compostos fenólicos individuais por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Foram identificados e quantificados seis compostos por CLAE: Ácido gálico, catequina, epicatequina, rutina, quercetina e biochanina A. As soluções extratoras apresentaram diferenças significativas para o teor de CFT e %Inibição do DPPH•. O teor de CFT variou de 0,63 a 2,07 mg de EAG.g⁻¹ de amostra. Já a %Inibição do DPPH• variou entre 44,21% e 79,09%. Em ambos os casos, os maiores valores obtidos foram para extratos produzidos com acetona 80% e menores com água acidificada. As três melhores soluções extratoras segundo o teor de CFT, FT e %Inibição do DPPH foram a Acetona 80%, o Metanol 80% e o Etanol 80%, os quais foram analisados por CLAE. Os três extratos analisados foram estatisticamente semelhantes para o teor de todos os constituintes analisados. Os extratos obtidos apresentaram alta atividade antioxidante e teores maiores que os reportados pela literatura para os constituintes fenólicos individuais. Os solventes analisados demonstraram boa capacidade extratora para o método utilizado e um potencial promissor para mais propriedades bioativas.

Palavras-chave: Aroeira vermelha. Compostos bioativos. HPLC. Otimização da extração.

¹ Aluna de Doutorado; Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

² Aluna do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

³ Professor Titular do curso de Graduação e Pós-graduação; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

*E-mail: amandaengalimentos@hotmail.com

Introdução

A *Schinus terebinthifolius* Raddi é uma planta da família *Anacardiaceae* conhecida popularmente como Aroeira vermelha ou Aroeira pimenteira. A aroeira é uma árvore de médio porte, que pode atingir a altura entre 5 e 10 metros. Suas folhas são verde-escuras, seus frutos são do tipo drupa, crescem em cachos e sua coloração no ponto de colheita varia do rosa ao vermelho vivo. É amplamente encontrada em áreas de clima tropical e subtropical especialmente na América do Sul e América Central. Seus frutos são conhecidos como pimenta-rosa, aroeira, aroeira vermelha ou pimenta brasileira e, apesar do seu uso alimentício ser semelhante ao das pimentas, é considerada uma “falsa pimenta” por não pertencerem à mesma família botânica (LOCALI-PEREIRA, LOPES e NICOLETTI, 2022).

Suas aplicações vão desde aromatizante e saborizante de alimentos e bebidas como especiaria, além disso, a indústria de perfumaria, farmacêutica e/ou terapêutica têm utilizado essa matéria prima desde uso como fragrância, ou medicamentosa devido a sua composição rica em compostos bioativos. Muitas atividades biológicas como antioxidante, anti-hipertensivo, antitumoral e anti-inflamatória têm sido amplamente demonstradas para esse fruto (CARNEIRO *et al.*, 2022).

Essas propriedades estão frequentemente associadas a composição química das matérias primas, especificamente, a presença de compostos fenólicos. Os compostos fenólicos são compostos fitoquímicos, produtos do metabolismo secundário das plantas que possuem na sua estrutura um anel aromático com uma ou mais hidroxilas. Essa estrutura gera um efeito protetor às células frente a danos oxidativos (CÖMERT; GÖKMEN, 2018). A pimenta rosa possui diversos compostos fenólicos na sua composição, que incluem grupos de ácidos fenólicos, flavonóides (flavonóis, flavanóis, flavononas, antocianinas), e taninos (VIEIRA *et al.*, 2023).

Um dos pontos críticos de se trabalhar com produtos naturais com propriedades farmacológicas é a forma de extração dos compostos bioativos da matéria prima. A definição de uma metodologia eficiente é crucial para o início de qualquer pesquisa realizada com essa natureza. Diversos parâmetros influenciam na eficiência da extração. Os fatores mais comuns que afetam esse processo são as propriedades da matriz, solvente, temperatura, pressão e tempo. Os solventes mais comumente utilizados incluem água, etanol, metanol, clorofórmio, éter e acetona. E as técnicas clássicas utilizadas são por Soxhlet, maceração e hidrodestilação, sendo a maceração uma das técnicas mais comuns para obtenção de moléculas fenólicas a partir de espécies vegetais e devido o longo tempo requerido para esse tipo de extração, tem sido associada a técnicas não convencionais como uso de ultrassom para acelerar o processo de extração (AZMIR *et al.*, 2013).

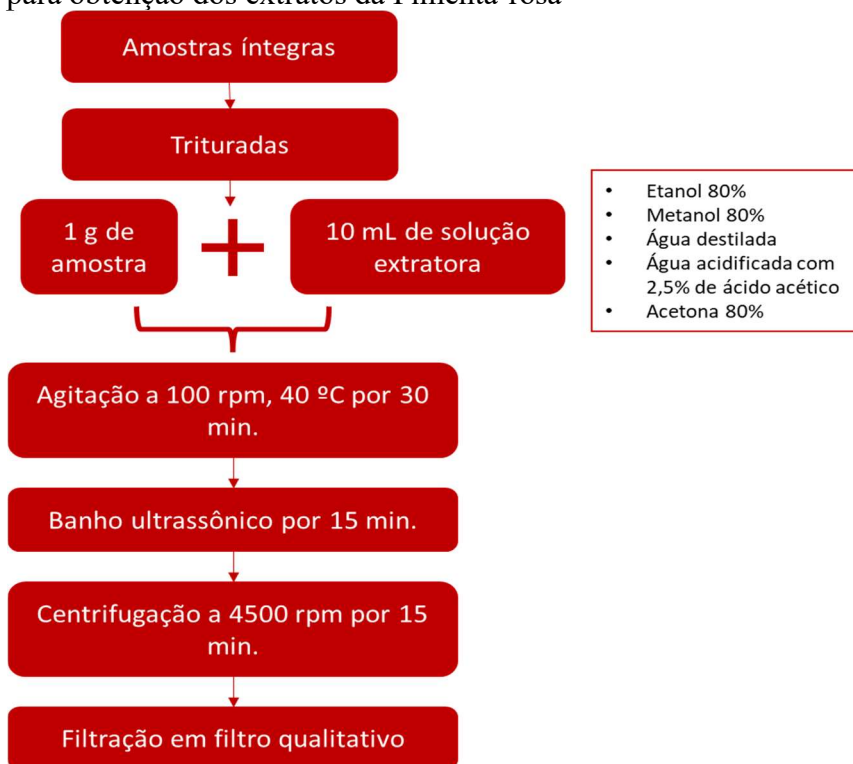
Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes solventes para extração de compostos bioativos da pimenta rosa utilizando uma técnica combinada de maceração e ultrassom. Para isso, testaram-se cinco diferentes solventes e a eficiência da extração foi avaliada pelos compostos fenólicos e flavonoides totais, atividade antioxidante pelo método do DPPH• e compostos fenólicos individuais por cromatografia líquida de alta eficiência.

Material e Métodos

Aquisição das amostras e obtenção do extrato

Três amostras de pimenta rosa em grão foram adquiridas em casas de especiarias. Duas na cidade de Campina Grande – PB e uma na cidade de João Dourado – BA. As amostras foram trituradas usando um triturador de grãos e especiarias Hamilton Beach®. Para os testes de extração dos compostos fenólicos foram usadas como soluções extratoras: metanol 80%, etanol 80%, água destilada, água acidificada com 2,5% de ácido acético e acetona 80%. Para obtenção dos extratos foi pesado 1 grama de amostra e adicionados 10 mL de solução extratora. Cada mistura foi mantida em um banho com regulação térmica e agitação (Banho Dubnoff SL – 157, SOLAB) a 40 ° C, 100 rpm por 30 minutos. Em seguida, as misturas foram submetidas a um banho ultrassônico (Banho Ultrassônico SOLIDSTEET) por 15 minutos a temperatura ambiente, posteriormente centrifugadas (Centrífuga Universal 320 R, HETTICH) a 4500 rpm por 15 minutos e por fim, filtradas utilizando papel filtro qualitativo (Figura 1). Para as análises de bancada, foram utilizados todos os extratos, obtendo um total de 18 unidades experimentais. Para as análises de cromatografia líquida de alta eficiência utilizaram-se somente os extratos produzidos com as soluções extratoras consideradas como mais eficientes na extração de compostos fenólicos e bioativos.

Figura 1 - Etapas para obtenção dos extratos da Pimenta-rosa



Fonte: Dos autores 2023.

Constituintes Fenólicos Totais

O conteúdo fenólico total foi determinado usando o reagente de Folin Ciocalteau (SINGLETON e ROSSI JR., 1965; SINGLETON, ORTHOFER e LAMUELA-RAVENTÓS, 1998). A reação foi preparada com uma alíquota de 0,5 mL do extrato, 2,5 mL de solução aquosa de Folin-Ciocalteau a 10% e 2,0 mL de carbonato de sódio a 7,5%. A mistura foi introduzida em banho-maria com regulagem térmica a 45°C durante 15 minutos; em seguida, a mistura foi retirada e mantida ao abrigo de luz e temperatura ambiente por 30 minutos. A absorbância foi medida em um espectrofotômetro (Marca Shimadzu Modelo UV 1800) a 750 nm. A quantidade de constituintes fenólicos totais foi expressa como equivalente de ácido gálico (EAG) (mg EAG. g⁻¹ de amostra), através de uma curva de calibração preparada com soluções de concentrações conhecidas do padrão de ácido gálico (0,01 a 0,1 mg ácido gálico.mL⁻¹ de solução) nas mesmas condições ($\lambda = 750$ nm).

Constituintes Flavonoides Totais

Os constituintes flavonoides totais foram quantificados por espectrofotometria UV/Vis de acordo com o método descrito por Sakanaka; Tachibana e Okada (2005), utilizando cloreto de alumínio. A análise foi realizada adicionando em tubos de ensaio, 0,5 mL do extrato, 2,5 mL de água destilada e

0,15 mL de nitrito de sódio 5%. Essa mistura foi homogeneizada por agitação em vórtex e mantida em repouso por 6 minutos a abrigo de luz. Em seguida, foi adicionado 0,3 mL de uma solução metanólica de cloreto de alumínio 10%, a mistura foi novamente agitada e mantida em repouso e abrigo de luz por 5 minutos. Logo depois adicionou-se 1 mL de hidróxido de sódio 1M e 0,55 mL de água destilada a fim de se obter um volume final de 5 mL. A leitura de absorvância foi realizada a 510 nm, para o branco utilizou-se etanol absoluto no lugar da amostra. A quantidade de constituintes flavonoides totais foi expressa como equivalente de catequina (mg de eq. Catequina. g⁻¹ de amostra), através de uma curva de calibração preparada com soluções de concentrações conhecidas do padrão de catequina (0,02 a 0,51 mg catequina.ml⁻¹ de solução) nas mesmas condições.

Determinação da capacidade antioxidante in vitro pelo método de DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazil)

A capacidade antioxidante in vitro das amostras foi avaliada utilizando o método do sequestro do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilil (DPPH•) (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995). Uma alíquota de 0,1 mL de cada extrato foi transferida para tubos de ensaio com 3,9 mL da solução etanólica (etanol - álcool absoluto 99,8%) do radical DPPH•, o qual teve a absorvância inicial ajustada para a faixa de 0,6 a 0,7 em espectrofotômetro a 515 nm. Após 30 minutos de incubação no escuro e à temperatura ambiente, a redução do radical livre DPPH• foi medida através da leitura da absorvância a 515 nm. O mesmo procedimento foi realizado com etanol substituindo a amostra, considerada como branco. A capacidade de eliminar o radical DPPH (% de atividade antioxidante) foi calculada utilizando-se a seguinte equação (Equação 1):

$$\text{Atividade antioxidante (\%)} = \frac{\text{Abs Controle} - \text{Abs Amostra}}{\text{Abs Controle}} \times 100 \quad (1)$$

Sendo: Abs Controle = Absorvância da solução de DPPH sem a amostra e Abs Amostra = Absorvância da solução de DPPH com a amostra.

Cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa (CLAE)

Os experimentos cromatográficos foram realizados com o sistema de cromatografia líquida Agilent 1260 Infinity LC (Agilent Technologies, Santa Clara, USA) acoplado com um detector de arranjo diodo (DAD) (modelo G1315D) com injeção automática. Os dados foram processados no Software OpenLAB CDS ChemStation Edition (Agilent Technologies, Santa Clara, EUA). A coluna de separação utilizada foi uma Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (250 × 4.6 mm, 3.5 μm) com uma coluna guarda Zorbax C18 (12.6 × 4.6 mm, 5 μm) (Zorbax, USA). A separação cromatográfica foi baseada no método proposto por Carneiro *et al.* (2022) e validado por Padilha *et al.* (2017) com modificações.

A separação ocorreu a temperatura controlada de 35 °C com um volume de injeção de 20 µL de extrato previamente filtrado em filtro de seringa com membranas de 0,45 µm. A fase móvel utilizada foi água acidificada com ácido fosfórico (pH 2,0) (solvente A) e metanol acidificado com 0,52% de ácido fosfórico (solvente B), com fluxo constante de 0,8 mL.min⁻¹. O gradiente iniciou com 95% de A e 5% de B. De 0 a 3 minutos: 5% de B. De 3 a 7 minutos: 20% de B e 80% de A. De 7 a 27 minutos: 50% de B e 50% de A. De 27 a 33 minutos: 80% de B e 20% de A. De 33 a 45 minutos: 95% de B e 5% de A. De 45 a 47 minutos: 5% de B e 95% de A. De 47 até 50 minutos, manteve-se a condição inicial para recondicionamento da coluna para a injeção subsequente.

A identificação dos compostos fenólicos foi realizada utilizando padrões externos e comparando tempo de retenção, espectro de absorção no UV-VIS e pureza do pico. Já a quantificação foi realizada através de curvas de calibração obtidas com no mínimo cinco concentrações diferentes de cada padrão por meio das áreas dos picos geradas com as respectivas concentrações conhecidas.

Foram utilizados padrões autênticos (Sigma Aldrich) de Ácido Gálico, Catequina, Epicatequina, Rutina, Quercetina e Biochanina A para identificação e quantificação. As Equações da reta, linearidade (R) e a faixa de concentração de cada padrão estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Equações da reta, linearidade (R), faixa de concentração, comprimento de onda e tempo de retenção para cada padrão utilizado na CLAE

Padrão	Equação da reta	R	Faixa de concentração (µg.mL ⁻¹)	Comprimento de onda máximo (nm)	Tempo de retenção (min)
Ácido Gálico	Y = 0,0094x	0,9998	7,8125 - 500	270	9,85
Catequina	Y = 0,0514x	0,9998	2,6042 - 500	270	15,40
Epicatequina	Y = 0,049x	0,9996	2,6042 - 500	270	19,05
Rutina	Y = 0,018x	0,9999	1,5625 - 500	270	28,10
Quercetina	Y = 0,0169x	0,9984	1,9531 - 500	310	33,65
Biochanina A	Y = 0,0057x	0,9960	1,3021 - 500	270	37,60

Fonte: Dos autores 2023.

Análise estatística

Os resultados dos testes de extração com diferentes soluções extratoras foram verificados por análise de variância (ANOVA) e submetidos ao teste de comparação de médias pelo teste Tukey, em nível de significância de 5%, utilizando o Software SAS versão *OnDemand for Academics*.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias dos resultados das análises de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e percentual de inibição do radical DPPH• dos extratos produzidos com cinco soluções extratoras diferentes para três amostras de pimenta rosa.

Tabela 2 – Dados médios do teor de constituintes fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante por percentual de inibição do radical DPPH• dos extratos produzidos a partir de três amostras de pimenta rosa com cinco soluções extratoras diferentes

Soluções extratoras	Constituintes fenólicos totais (mg de EAG. g ⁻¹ de amostra)	Constituintes flavonoides totais (mg de EC. g ⁻¹ de amostra)	DPPH (%Inibição)
Etanol 80%	1.3770 ^B	0.4494 ^A	63.2552 ^{AB}
Metanol 80%	1.3862 ^B	0.5006 ^A	74.0104 ^A
Água destilada	0.6718 ^C	0.1257 ^A	45.0781 ^B
Ácido acético 2,5%	0.6295 ^C	0.1028 ^A	44.2116 ^B
Acetona 80%	2.0753 ^A	0.6856 ^A	79.0918 ^A

Fonte: Dos autores 2023.

Nota: Valores em uma mesma coluna, seguidos por letras maiúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

De acordo com os dados obtidos, os solventes utilizados para extração dos compostos bioativos da pimenta rosa apresentaram diferença estatística significativa quanto ao teor de compostos fenólicos totais e percentual de inibição do radical livre DPPH•. Para o teor de flavonoides totais, todos os tratamentos foram estatisticamente semelhantes a um nível de significância de 5%.

Para os constituintes fenólicos totais, o Acetona 80% foi o solvente mais eficiente na extração, seguido do Etanol 80% e Metanol 80%, que não apresentaram diferenças significativas entre si, enquanto a Água destilada e Água acidificada com Ácido Acético 2,5% foram os solventes com menor eficiência na extração desses constituintes e não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$).

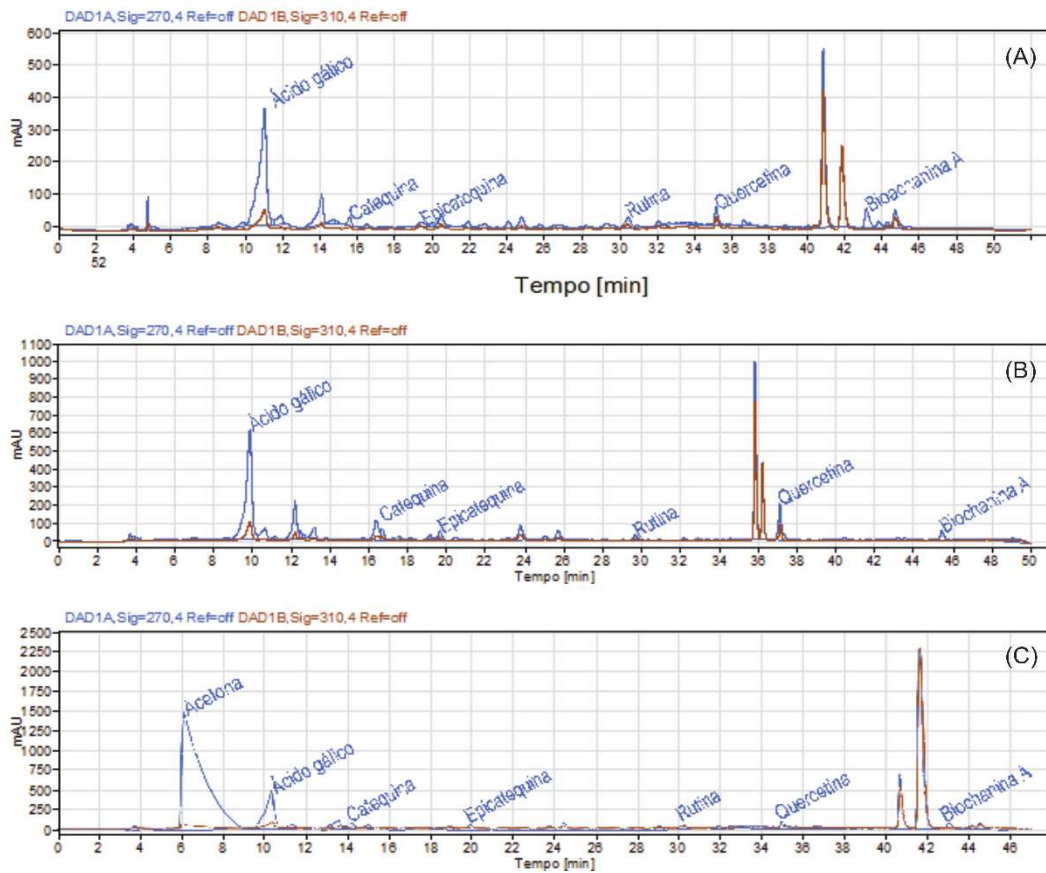
Segundo a análise de capacidade antioxidante por Inibição do radical DPPH•, os solventes mais eficientes para produzir extratos com maior potencial antioxidante foram Etanol 80%, Metanol 80% e Acetona 80%, sendo o Etanol 80% também estatisticamente semelhante à Água destilada e Água acidificada com Ácido Acético 2,5%.

A partir das análises realizadas, é possível sugerir que os melhores solventes de extração para compostos fenólicos para a pimenta rosa são, respectivamente, Acetona, Metanol e Etanol. Oliveira *et al.* (2020), analisando extratos de pimenta rosa produzidos com metanol 80%, encontraram valores de 13,66 mg de EAG. g⁻¹ de amostra para o teor de constituintes fenólicos totais e 10,33 mg de EQ. g⁻¹ de amostra para o teor de constituintes flavonoides totais. Esses valores foram superiores aos encontrados neste estudo para a mesma matéria prima com o mesmo solvente de extração (2,07 mg de EAG. g⁻¹ e 0,68 mg de EC. g⁻¹). Já para a capacidade antioxidante, os mesmos autores observaram um %Inibição do DPPH de 42,68%, um valor consideravelmente menor ao encontrado neste estudo para o mesmo solvente de extração (74,01%). Esse fato pode se dar pela composição fenólica individual. Nem todos os compostos fenólicos possuem caráter antioxidante por ação primária (radicais livres) e mesmo quantidades menores de constituintes fenólicos totais, podem gerar um efeito maior na inibição de radicais livres.

A fim de verificar a eficiência de extração para compostos fenólicos individuais, analisou-se os extratos produzidos com os três melhores solventes de extração por CLAE. Os cromatogramas de uma das amostras analisadas para os três solventes estão apresentados na Figura 2 e os dados dos padrões encontrados estão na Tabela 3.

Os três solventes escolhidos para seguir a análise por cromatografia líquida de alta eficiência foram Acetona 80% (Figura 2C), Metanol 80% (Figura 2B) e Etanol 80% (Figura 2A). Essa escolha foi feita com base nas análises preliminares de bancada. A partir dos cromatogramas obtidos, observa-se que, apesar dos padrões utilizados estarem presentes nos três extratos, os tempos de retenção variaram. Observa-se ainda perfis cromatográficos distintos, com presença de compostos, intensidades ou comportamentos diferentes de acordo com a solução extratora utilizada. Assim, se existir uma molécula de interesse específica, o analista pode direcionar a obtenção do seu extrato de acordo com sua molécula de interesse.

Figura 2 – Cromatogramas de extratos uma mesma amostra para os três solventes de extração. 2A: Etanol 80%; 2B: Metanol 80%; 2C: Acetona 80%



Fonte: Dos autores 2023.

De acordo com os dados obtidos e quantificados por CLAE (Tabela 3), observa-se que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os constituintes fenólicos individuais quantificados para os três solventes de extração.

Tabela 3 – Dados médios de constituintes fenólicos individuais determinados por cromatografia líquida de alta eficiência para extratos de pimenta rosa produzidos com diferentes soluções extratoras

Soluções extratoras	Acido Gálico	Catequina	Epicatequina	Rutina	Quercetina	Biochanina A
Etanol 80%	633.3347 ^A	124.0433 ^A	191.6447 ^A	110.1800 ^A	30.4753 ^A	24.9406 ^A
Metanol 80%	626.7313 ^A	143.0510 ^A	476.0353 ^A	124.9440 ^A	5.7106 ^A	9.0512 ^A
Acetona 80%	1145.9859 ^A	229.7128 ^A	440.3535 ^A	125.3320 ^A	24.0473 ^A	26.7566 ^A

Fonte: Dos autores 2023.

Nota: Unidade de medida em μg do padrão. g^{-1} de amostra.

Carneiro et al. (2022), analisando extratos de pimenta rosa com etanol 80%, encontraram 25,4 µg de Catequina por grama de amostra, não detectaram Epicatequina, encontraram 3,5 µg de Quercetina por grama de amostra e 167,3 µg de Ácido Gálico por grama de amostra. Todos esses valores foram inferiores aos encontrados no presente estudo para os três solventes analisados. Já Míguas, David e David (2020), analisando extratos etanólicos (70%) de pimenta rosa, encontraram 3,8 mg mL⁻¹ de Ácido Gálico, 5,8 mg mL⁻¹ de Catequina, 3,4 mg mL⁻¹ de Epicatequina, 6,9 mg mL⁻¹ de Quercetina e 2,1 mg mL⁻¹ de Rutina. Ao converter esses valores para a unidade de medida do presente estudo, observa-se também valores inferiores aos encontrados. Até o momento não foram identificados na literatura estudos que analisassem ou identificassem os teores de Biochanina A na pimenta rosa, não sendo possível a comparação de tais dados.

Os constituintes fenólicos analisados possuem uma série de propriedades bioativas já consolidadas na literatura. O Ácido Gálico possui propriedades antioxidante, antitumoral, anti-inflamatória e gastroprotetora (VERMA; SINGH e MISHRA, 2013). A Catequina e Epicatequina possuem diversas propriedades farmacológicas associadas a suas ações como: anticarcinogênica, antimutagênica, quimioprotetiva, anti-inflamatória, antioxidante, antidiabética, antialérgica, anti-hipertensiva, entre outras (ZANWAR *et al.*, 2014). Já a Rutina possui vários efeitos antioxidantes *in vitro* e *in vivo*, pode ser antidiabético, anti-inflamatório, antiasmático, entre outros (PINTO *et al.*, 2020). De acordo com Erlund (2004), a quercetina exibe propriedades antioxidantes, anticarcinogênicas, efeitos anti-inflamatórios, antiagregantes e vasodilatadores. Já Sarfraz et al. (2020) apresentaram diversas propriedades bioativas da Biochanina A com destaque para atividade anticâncer, antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, neuroprotetora, além de antiabética e hepatoprotetiva.

Apesar dos extratos analisados apresentarem valores inferiores aos reportados na literatura para teores de constituintes fenólicos e flavonoides totais, os valores quantificados dos constituintes fenólicos individuais foram superiores aos encontrados em estudos semelhantes, o que possui maior relevância uma vez que esses constituintes individuais possuem propriedades bioativas já confirmadas cientificamente, assim, mesmo os extratos não possuindo teores tão altos para tais análises quanto aos comparados, ainda pode apresentar mais propriedades bioativas, como foi observado para o percentual de inibição do radical DPPH.

Conclusão

Foi possível analisar diferentes solventes de extração para os compostos bioativos da pimenta rosa utilizando técnicas combinadas de maceração e ultrassom. Foram quantificados os teores de

constituintes fenólicos e flavonoides totais, atividade antioxidante por DPPH• e constituintes fenólicos individuais por cromatografia líquida de alta eficiência.

Os melhores solventes para extração dos constituintes bioativos da pimenta rosa são, respectivamente, Acetona 80%, Metanol 80% e Etanol 80%. Esses extratos obtidos apresentaram alta atividade antioxidante e teores maiores que os reportados pela literatura para ácido gálico, catequina, epicatequina, rutina, quercetina e biochanina A o que pode indicar alto potencial bioativo, além de maiores teores de constituintes fenólicos e flavonoides totais.

Os solventes analisados demonstraram boa capacidade extratora para o método utilizado e um potencial promissor para mais propriedades bioativas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo financiamento da pesquisa e a concessão de bolsas de estudo.

Referências

AZMIR, J. *et al.* Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 117, n. 4, p. 426–436, 2013.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, p. 25–30, 1995.

CARNEIRO, T. S. *et al.* Phenolic compounds in peel, seed and cold pressed pink pepper (*Schinus terebinthifolia* R.) oil and bioaccessibility of peel using a digestion model with intestinal barrier simulation. **Food Bioscience**, v. 49, n. 101930, p. 1-9, 2022.

CÖMERT, E. D.; GÖKMEN, V. Evolution of food antioxidants as a core topic of food science for a century. **Food Research International**, v. 105, p. 76–93, 2018.

ERLUND, I. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. **Nutrition Research**, v. 24, n. 10, p. 851–874, 2004.

LOCALI-PEREIRA, A. R.; LOPES, N. A.; NICOLETTI, V. R. Pink Pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) from Extracts to application: Truths about a Fake Pepper. **Food Reviews International**, v. 1, p. 1-20, 2022.

MIGUES, V. H.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Determination of polyphenols in *Schinus terebinthifolius* Raddi bark extracts and chemometric analysis. **Analytical Methods**, v. 12, p. 1-8, 2020.

OLIVEIRA, V. S. *et al.* Aroeira fruit (*Schinus terebinthifolius* Raddi) as a natural antioxidant: Chemical constituents, bioactive compounds and in vitro and in vivo antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 315, n. 126274, p. 1-8, 2020.

PADILHA, C. V. S. *et al.* Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food Chemistry**, v. 228, p. 106–115, 2017.

PINTO, T. M. S. *et al.* Biopharmacotechnical and physical properties of solid pharmaceutical forms containing rutin commercially acquired in Juiz de Fora city, Brazil. **Acta Scientiarum**, v. 42, n. 1, p. 1-9, 2020.

SAKANAKA, S.; TACHIBANA, Y.; OKADA, Y. Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (kakinoha-cha). **Food Chemistry**, v. 89, n. 4, p. 569–575, 2005.

SARFRAZ, A. *et al.* Biochanin A: A novel bioactive multifunctional compound from nature. **Science of the Total Environment**, v. 722, n. 137907, p. 1-12, 2020.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, n. 1974, p. 152–178, 1998.

SINGLETON, V. L.; ROSSI-JR, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1965.

VERMA, S.; SINGH, A.; MISHRA, A. Gallic acid: molecular rival of cancer. **Environ Toxicol Pharmacol**, v. 35, n. 3, p. 473-485, 2013.

VIEIRA, J. S. *et al.* Phenolic composition and insights into the use of pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruit against lipid oxidation in food systems. **Food Bioscience**, v. 53, n. 102556, p. 1-18, 2023.

ZANWAR, A. A. *et al.* Cap. 21 - Antioxidant Role of Catechin in Health and Disease. *In*: WATSON, R. R.; PREEDY, V. R.; ZIBADI, S. (Org). **Polyphenols in Human Health and Disease**. Academic Press, v. 1, p. 267–271, 2014.

CAPÍTULO 2

Avaliação microbiológica de Queijos Minas Artesanais produzidos na região do norte de Minas Gerais, na época de seca.

Bárbara Clara Soares Fonseca*¹; Camila Alves de Ávila¹; Tawana Silva Cardoso¹; Larissa de Mattos Sarmiento²; Maximiliano Soares Pinto³; Denise Sobral⁴.

Resumo

O estado de Minas Gerais é o maior produtor de queijos artesanais do Brasil, sendo esta atividade importante para a sustentabilidade de muitas famílias de pequenos produtores. O queijo Minas é considerado parte da identidade dos mineiros e possui elevada importância nutricional. No entanto, devido à sua produção artesanal, pode estar mais propenso a contaminações prejudiciais à qualidade final do produto, colocando o consumidor em risco de exposição a patógenos. Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar 10 queijos artesanais produzidos e maturados de 5 a 10 dias, no período de seca do norte de Minas, visando quantificar a presença microbiológica de coliformes a 30 °C, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.* e *Listeria sp.* Foram adquiridas 10 amostras de queijos frescos artesanais produzidos por produtores locais e comercializadas no Mercado Municipal no município de Montes Claros, no estado de Minas Gerais, e analisadas em laboratório. Os resultados indicaram a presença de coliformes a 30 °C em todas as amostras, assim como resultados superiores ao permitido segundo a legislação vigente para *E. coli* e *S. aureus*, sugerindo a necessidade de melhorias nas Boas Práticas de Fabricação na produção de queijos artesanais para garantir a segurança do alimento ao consumidor. As análises também indicaram a ausência de *Salmonella sp.* e *Listeria sp.* em todas as amostras. Entretanto, é fundamental promover uma maior capacitação em relação às Boas Práticas de Fabricação, de Higiene e Práticas Agrícolas. Além disso, é necessário fornecer treinamento adequado aos manipuladores envolvidos no processo de produção de queijos artesanais. Por fim, é essencial aumentar a fiscalização do comércio desses queijos artesanais que não atendem aos padrões exigidos, a fim de garantir a segurança do produto.

Palavras-chave: Boas práticas. Controle de qualidade. Leite. Segurança do alimento.

¹ Estudante de Graduação em Engenharia de Alimentos; UFMG.

² Estudante de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental; UFMG.

³ Professor do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

⁴ Professora/Pesquisadora; EPAMIG-ILCT.

*E-mail: barbaraclara9922@gmail.com

Introdução

Minas Gerais é o estado que lidera a produção de queijos artesanais no Brasil, destacando-se nacionalmente nessa atividade. Além de ser o estado com maior volume de produção e envolvimento de produtores, a indústria de queijos artesanais sustenta muitas famílias de pequenos agricultores. Além disso, o estado se destaca por sua atuação proativa na criação de normas e políticas públicas para o setor (EMBRAPA, 2019).

Tais queijos são considerados parte da identidade dos mineiros, estando enraizados culturalmente nos hábitos alimentares de diferentes classes sociais, pois além do seu baixo custo, ainda têm potencial para inserir-se na alta gastronomia e no setor turístico (CINTRÃO *et al.*, 2016).

O queijo artesanal é de grande importância nutricional, uma vez que contém altos níveis de proteínas, cálcio, lipídios, lactose e vitaminas lipossolúveis (NEVES *et al.*, 2021; YOON; LEE; CHOI, 2016). O uso de ingredientes industrializados é mantido ao mínimo necessário, e não são permitidos corantes ou aromatizantes nos queijos artesanais (IMA, 2018). No processo de fabricação desses queijos, é utilizado fermento natural, que possui uma rica microbiota que confere características sensoriais específicas de acordo com a região onde é produzido (DORES; FERREIRA, 2012).

Considerando a lei nº 13.860, de 18 de julho de 2019, a Portaria IMA Nº 1.969, de 26 de março de 2020, conceitua como queijo Minas artesanal, o produto obtido a partir do leite cru, livre de contaminantes, integral, de produção própria, utilizando o soro fermento, também conhecido como “pingo”, onde o produto final seja consistente, com sabor e cor típicos, massa uniforme, sem os aditivos alimentares (corantes e conservantes), contendo ou não olhaduras mecânicas. Para além, é necessário que sua produção obedeça aos critérios listados por esta.

Garantir a segurança dos alimentos é de suma importância na produção alimentícia. Para alcançar isso, é crucial obter matéria-prima de alta qualidade, livre de contaminantes microbiológicos, e realizar uma manipulação adequada, seguindo as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e práticas de higiene. Além disso, é essencial a capacitação dos manipuladores para alcançar um produto final mais seguro (SILVIA, 2022).

Consumir queijos que estejam contaminados com microrganismos patogênicos, como a *Salmonella*, *Shigella*, *Bacillus cereus*, *Brucella*, *Coxiella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, e outros, pode causar intoxicação alimentar, bem como infecções relacionadas (VINHA, 2017).

Os produtores de queijo Minas artesanal, devido à preservação da sua tradição secular de fabricação, manipulam excessivamente o produto. Nas etapas de dessoragem e enformagem, é crucial garantir a adequação às condições higiênico-sanitárias tanto do ambiente de fabricação quanto do

manipulador do queijo. Caso contrário, o processamento pode resultar em uma alta contaminação microbiológica do produto final, visto que as mãos dos manipuladores, quando não higienizadas corretamente, podem ser fontes significativas de contaminação (COELHO; ANDRADE; MOURA, 2021), representando um risco para a saúde dos consumidores.

Além dos manipuladores, outros fatores podem ser fontes de contaminação dos queijos artesanais. Utensílios e equipamentos mal higienizados que entram em contato com o alimento durante o processamento, matéria-prima de baixa qualidade devido à coleta inadequada (resultando em alta contagem inicial de microrganismos patogênicos) e condições gerais de processamento que não seguem as Boas Práticas de Fabricação (BPF) são igualmente importantes (COELHO; ANDRADE; MOURA, 2021; DOS SANTOS et al., 2020; SORAGNI; BARNABE; MELLO, 2019; STRASSBURGER et al., 2019).

Para garantir a qualidade e segurança dos queijos artesanais, é crucial que os produtores sigam as normas de Boas Práticas Agropecuárias (BPA) para a coleta do leite e as Boas Práticas de Fabricação (BPF) durante a produção do queijo. A grande manipulação envolvida na fabricação pode tornar esses produtos mais suscetíveis a contaminações prejudiciais à qualidade final, expondo os consumidores a patógenos. Essas normas ajudam a prevenir Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA) e garantem condições higiênicas adequadas desde a ordenha dos animais até o armazenamento (ANDRADE et al., 2018; MARTINS et al., 2021; PASSOS et al., 2009).

As características físico-químicas e organolépticas dos queijos artesanais podem variar devido a vários fatores, como a região de produção e o período climático anual (VALENTE et al., 2022). Diante disso, o objetivo do presente trabalho consistiu na análise de 10 queijos artesanais produzidos e maturados de 5 a 10 dias, no período de seca do norte de Minas, visando quantificar a presença microbiológica de coliformes a 30 °C, *E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella sp.* e *Listeria sp.*

Material e métodos

Obtenção e Processamento das amostras

Foram adquiridas 10 amostras de queijos frescos artesanais produzidas por produtores locais e comercializadas no Mercado Municipal de Montes Claros, no estado de Minas Gerais. O transporte até o laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG foi feito em caixas isotérmicas.

Os queijos foram analisados com no mínimo cinco e no máximo dez dias de maturação. De cada amostra foram retiradas duas cunhas de aproximadamente 200 g destinadas às análises microbiológicas.

As 10 amostras foram preparadas segundo as técnicas oficiais da Instrução Normativa nº 22, de 14 de abril de 2003 (BRASIL, 2003).

Análises microbiológicas

Para as análises de *S. aureus* foi utilizado o Petrifilm 3M Rapid *S. aureus* (RSA), da fabricante 3M, de acordo com os procedimentos determinados pelo distribuidor. Para análise de *Listeria* sp. e *Salmonella* sp. foram utilizados os kits Reveal, da fabricante Neogen Corporation.

Para a contagem de coliformes 30° C e *E. coli* utilizou-se o Petrifilm Coliform/*E.coli*, da fabricante 3M, de acordo com os procedimentos determinados pelo distribuidor.

Análises estatísticas

Foi utilizada a estatística descritiva e os resultados foram comparados com os limites preconizados pela legislação vigente.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 a seguir, são apresentadas as contagens dos microrganismos indicadores dos queijos artesanais coletados para este estudo.

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros microbiológicos exigidos pela legislação estadual acerca da qualidade de queijos Minas artesanais. Eles se referem à quantidade máxima permitida para cada microrganismo.

O Decreto nº 42.645 de 05 de junho de 2002, estabelece que a contagem para *S. aureus* deve ser inferior a 2,0 log UFC·g⁻¹. Pode-se, portanto, observar que todos os resultados obtidos a partir das análises estão acima da contagem permitida pela legislação. Considera-se ainda que a amostra de queijo 1 foi a que apresentou maior contaminação para os parâmetros.

Como também observado em 2013, no estudo realizado por Lempk, com média de 8 dias de maturação, onde os queijos da microrregião de Montes Claros não ofereceram segurança microbiológica ao consumidor, uma vez que todas as amostras analisadas apresentaram contagem para *S. aureus* acima do limite permitido pela legislação.

Tabela 1 - Parâmetros microbiológicos dos queijos artesanais coletados no Norte de Minas Gerais

Queijo	Coliformes a 30 °C	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
	log UFC·g ⁻¹		
1	5,51	3,83	5,80
2	5,85	2,87	5,00
3	4,79	2,80	5,31
4	5,77	2,93	3,97
5	6,11	2,56	4,26
6	5,73	3,32	4,56
7	5,34	2,81	4,73
8	4,95	2,51	3,57
9	4,65	2,92	4,60
10	5,32	2,86	3,68

Fonte: Dos Autores, 2023.

Tabela 2 - Parâmetros microbiológicos para queijo Minas artesanal

Microrganismo	Parâmetro (log UFC·g ⁻¹)
Coliformes a 30 °C	3,7
<i>E. coli</i>	2,0
<i>L. monocytogenes</i>	Ausência
<i>Salmonella</i> (/25 mL)	Ausência
<i>S. aureus</i>	2,0

Fonte: Minas Gerais, 2002; Minas Gerais, 2008.

Os resultados para *S. aureus* encontrados por Campos (2023), em estudo realizado no Triângulo Mineiro, mostram que todas as amostras também estão fora da legislação para tal critério. O estudo apresenta ainda uma comparação entre resultados da contagem desse microrganismo para cinco períodos de maturação diferentes, na época de seca e de chuva. Para o período de chuva as análises concluem que foi indiferente o período de maturação, uma vez que para os cinco períodos investigados as contagens estavam fora dos padrões preconizados pela legislação vigente.

O *S. aureus* é uma bactéria comum que pode estar presente na pele, nariz e garganta de humanos e de outros animais. Sua contaminação em queijos pode estar atrelada à contaminação das mãos dos manipuladores durante a produção, pelo contato com superfícies contaminadas ou contato com animais infectados. Pode ainda, ser devido à mastite clínica do gado no momento da ordenha do leite, falta de higienização dos baldes transportadores ou outros utensílios de produção (MENEZES *et al.*, 2014).

Ressalta-se ainda que as cepas de *S. aureus* produzem enterotoxina, resistente a altas temperaturas, e pode não sofrer inativação durante o tratamento térmico do leite, como por exemplo a pasteurização, que é utilizada para produção de queijos industrializados. O consumo de produtos alimentícios contaminados com *S. aureus* podem levar a complicações gastrointestinais à saúde humana (SILVA *et al.*, 2017).

Para a contagem de coliformes a 30 °C, a normativa (MINAS GERAIS, 2002) apresenta que o valor aceitável é necessariamente inferior a 3,7 log UFC·g⁻¹, obtendo também resultados insatisfatórios, com todas as amostras com valores superiores ao permitido. Afirma-se que todas estão fora dos padrões, sendo que o queijo 5 apresenta maior diferença em relação aos resultados desejáveis. Resultado semelhante ao estudo feito por Salotti *et al.* (2022), que demonstram presença de coliformes em 100% das amostras artesanais de queijo Minas frescal analisadas.

O grupo coliforme é um dos grupos microbiológicos capazes de colonizar tanto o trato gastrointestinal do homem quanto de outros animais homeotermos. Dessa forma, sua presença nos alimentos denota a não adequação higiênico-sanitária durante as etapas de elaboração dos produtos, com um grande risco de que o consumo de tal alimento contaminado traga malefícios à saúde do indivíduo, devido à patogenicidade desse grupo microbiano (SALOTTI *et al.*, 2022).

Ainda estabelecido pelo Decreto 42.645 (MINAS GERAIS, 2002), a contagem para *E. coli*, deverá, também, ser inferior a 2,0 log UFC·g⁻¹, o que em análise aos dados da tabela, é possível notar que nenhuma das amostras atendeu ao limite permitindo, sendo a amostra de número 1 a que mais se distanciou da legislação. Apresentando resultados similares aos do presente trabalho, em 2016, para examinar o efeito do tempo de maturação microbiano do queijo, Santos realizou um estudo de 60 dias, com temperatura e umidade controladas, buscando saber o efeito do tempo de maturação sobre a evolução de microrganismos em queijos. Como resultado obteve contagens máximas de 2,30 log UFC·g⁻¹ para *E. coli* e contagens de coliformes totais 5,18 log UFC·g⁻¹ no final de sessenta dias de maturação, demonstrando que o período não foi suficiente para garantir a inocuidade dos queijos.

O grupo de coliformes 30 °C inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se os gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella* (APHA, 2001). Conseqüentemente a *E. coli* também é encontrada no trato intestinal e algumas de suas cepas podem ser consideradas benéficas, enquanto outras são patogênicas levando a graves infecções intestinais. Sua presença em queijos artesanais é um indicativo de contaminação fecal, também maléfica à saúde do consumidor. A contaminação pode ocorrer tanto na produção, quando há ocorrência de falta de adequação das condições higiênico-sanitárias, quanto no processo de maturação, pela contaminação cruzada quando em contato com alimentos ou superfícies contaminadas, ou até mesmo pela falta de refrigeração durante

seu armazenamento. Dados os fatos, é de extrema importância seguir as boas práticas de higiene em todas as etapas do processo de produção, para evitar tais contaminações (CAMPOS *et al.*, 2006).

Os resultados acerca da presença de *Listeria* e *Salmonella* nas amostras de queijo são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros microbiológicos dos queijos artesanais coletados no Norte de Minas Gerais

Queijo	<i>Listeria</i> sp.	<i>Salmonella</i> sp.
1	Ausência	Ausência
2	Ausência	Ausência
3	Ausência	Ausência
4	Ausência	Ausência
5	Ausência	Ausência
6	Ausência	Ausência
7	Ausência	Ausência
8	Ausência	Ausência
9	Ausência	Ausência
10	Ausência	Ausência

Fonte: Dos Autores, 2023.

Nos anos de 2012 a 2021 foram notificados cerca de 6.347 surtos relacionados à DTHA no Brasil. Desses, 7,1% estavam associados à ingestão de derivados lácteos, como os queijos, sendo que a *Salmonella* apareceu como um dos principais causadores desses surtos (BRASIL, 2022). Ressalta-se que a contaminação por esse gênero é agravada no caso da produção de queijos artesanais por não existir tratamento térmico durante seu processamento, logo, a importância da higiene durante a manipulação do alimento é a única forma de assegurar a qualidade do produto final.

A *Salmonella* é a responsável por provocar nos seres humanos as febres tifoide e entéricas e as salmoneloses. Já a *L. monocytogenes* provoca a listeriose, um problema de saúde pública que é a causa muito comum de morte por intoxicação alimentar (CHURCHILL *et al.*, 2019; LUQUE-SASTRE *et al.*, 2018).

Segundo a Portaria nº 186 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020), os queijos artesanais aptos para venda/consumo, precisam atender aos critérios microbiológicos presentes no Artigo 10, ANEXO II da normativa, que prevê ausência total das bactérias *Listeria* sp. e *Salmonella* sp. Segundo tal legislação, pode-se observar que as 10 amostras analisadas no presente trabalho, atendem aos padrões estabelecidos, assim como constatado por Dias *et al.* (2016) e Apolinário,

Dos Santos e Lavorato (2014), onde a partir dos estudos necessários, as amostras revelaram ausência de *Salmonella spp.*, em todas as amostras analisadas, seguindo o preconizado pela legislação vigente.

Nos últimos anos, a literatura científica aponta uma tendência à baixa incidência ou a não identificação de *L. monocytogenes* e *Salmonella spp.* observadas em queijos Minas artesanais em diferentes estudos realizados, apesar de o leite utilizado na elaboração desses produtos não passar por tratamento térmico (CAMPOS, 2019; SALOTTI *et al.*, 2022; SOARES, 2014).

Entretanto, em 2022 foi realizado um estudo sobre os queijos artesanais do tipo Coalho, onde constou-se a presença de *Salmonella* e *Listeria*, o que pode causar riscos a saúde da população, uma vez que o queijo é um produto típico, de alto consumo e de grande acessibilidade à todas as classes sociais. A ingestão de um alimento contaminado por tais bactérias pode acarretar infecções alimentares graves.

Em queijos artesanais, a contaminação pode estar ligada ao contato com equipamentos e superfícies contaminadas, ou até mesmo pela manipulação de pessoas que possuem uma infecção por esses microrganismos (DUARTE *et al.*, 2022). É importante ressaltar ainda, que as bactérias podem ser encontradas também em produtos industrializados, portanto é de suma importância que sejam asseguradas as boas práticas de higiene ao se produzir qualquer tipo de produto inerente ao consumo humano, para que seja evitada a possibilidade de doenças transmissíveis por alimentos.

Conclusão

A produção de queijo artesanais requer rigoroso cumprimento das normas de higiene e segurança para evitar contaminações por patógenos prejudiciais à saúde. As análises microbiológicas são essenciais para avaliar a qualidade e segurança do produto. Seguir as boas práticas de higiene e fabricação é crucial, mesmo para produtos artesanais, para garantir a segurança alimentar e promover a valorização do produto.

De acordo com as análises feitas no presente trabalho todas as amostras estavam fora dos padrões exigidos pela legislação para contagem de coliformes a 30°C, *E. coli* e *S. aureus*. Já para *Listeria sp.* e *Salmonella sp.*, apresentam resultados satisfatórios, uma vez que todas as amostras resultaram em ausência das duas bactérias, seguindo o que se pede na legislação.

Porém ainda assim, determina-se que os queijos analisados estavam em não conformidade, de acordo com a legislação vigente, indicando possíveis falhas no controle de qualidade. É necessário capacitar os produtores e manipuladores, seguir as Boas Práticas de Fabricação, Higiene e Agrícolas, e aumentar a fiscalização para garantir a segurança dos queijos.

Referências

ANDRADE, J. P. J. et al. Análise microbiológica de queijos Minas artesanais comercializados no Mercado Municipal da cidade de Montes Claros. In: 4ª Semana de Engenharia de Alimentos e I Simpósio da Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da UESB, 2018, Itapetinga. **Anais da 4ª Semana de Engenharia de Alimentos e I Simpósio da Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da UESB**, Itapetinga: Even3, 2018.

APOLINÁRIO, T. C. C.; DOS SANTOS, G. S.; LAVORATO, J. A. A. Avaliação da qualidade microbiológica do queijo Minas Frescal produzido por laticínios do Estado de Minas Gerais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 6, p. 433-442, 2014.

BRASIL. Lei nº 13.860, de 18 de julho de 2019. Altera a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2019. Seção 1, p. 1.

BRASIL. **Surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar no Brasil**. Ministério da Saúde. 2022. Disponível em: www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha/publicacoes/surtos-de-doencas-de-transmissao-hidrica-e-alimentar-no-brasil-informe-2022. Acesso em: 05 mai. 2023.

CAMPOS, G. Z. **Avaliação microbiológica de queijos Minas artesanais provenientes da Serra da Canastra durante o período de maturação**. 2019. 89f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

CAMPOS, M. R. H. et al. Caracterização fenotípica pelo antibiograma de cepas de *Escherichia coli* isoladas de manipuladores, de leite cru e de queijo” Minas Frescal” em um laticínio de Goiás, Brasil. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1221-1227, 2006.

CAMPOS, S. K. et al. Avaliação microbiológica de queijos minas artesanal da região do Pontal do Triângulo Mineiro. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 3, p. e21712340282-e21712340282, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i2.40282>.

CHURCHILL, K. J. et al. Prevalence of *Listeria monocytogenes* in select ready-to-eat foods—deli meat, soft cheese, and packaged salad: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Food Protection**, v.82, n.2, p.344-357, 2019. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-18-158.

CINTRÃO, R. P. **Segurança, qualidade e riscos: A regulação sanitária e os processos de (i)legalização dos queijos artesanais de leite cru em Minas Gerais**. 2016. 396f. Tese (Doutorado de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Departamento de Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: < <https://tede.ufrjr.br/jspui/handle/jspui/1809> >. Acesso em: 22 out. 2023.

COELHO, R. H.; MOURA, G. S.; ANDRADE, V. de O. A. Contaminação de alimentos e seus fatores predisponentes: uma revisão integrativa / Food contamination and its predisposing factors: an integrative review. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 10071–10087, 2021. DOI:

10.34119/bjhrv4n3-041. Disponível em:
<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/29435>. Acesso em: 22 oct. 2023.

DIAS, B. F. *et al.* Qualidade microbiológica e físico-química de queijo Minas frescal artesanal e industrial. **Revista de Agricultura Neotropical**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 57–64, 2016. DOI: 10.32404/rean.v3i3.1211. Disponível em:
<https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1211>. Acesso em: 22 oct. 2023.

DORES, M. T. das; FERREIRA, C. L. de L F. Queijo Minas artesanal, tradição centenária: ameaças e desafios. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, [S. l.], v. 2, n. 2, 2012. DOI: 10.21206/rbas.v2i2.163. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2754>. Acesso em: 22 out. 2023.

DOS SANTOS, Amanda de Oliveira et al. Avaliação da contaminação de equipamentos, utensílios e mãos de manipuladores de um serviço de nutrição e dietética. **Archives of Veterinary Science**, [S.l.], v. 25, n. 3, sep. 2020. ISSN 2317-6822. Available at: <<https://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/73104>>. Date accessed: 22 oct. 2023. Doi:<http://dx.doi.org/10.5380/avs.v25i3.73104>.

DUARTE, D. A. M. *et al.* Pesquisa de *Listeria monocytogenes* e microrganismos indicadores higiênico-sanitários em queijo de coalho produzido e comercializado no estado de Pernambuco. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, p. 297-302, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v72p2972005>.

EMBRAPA. **Queijo Minas Padrão: tecnologia de produção**. 2. ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2019. Disponível em: ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199131/1/cap-2-queijominasp-14-a-33.pdf. Acesso em: 19 abr. 2023.

IMA - INSTITUTO MINEIRO AGROPECUÁRIO. **Queijo Minas artesanal**. Disponível em: www.ima.mg.gov.br/queijo-minas-artesanal. Acesso em: 17 de abr. de 2023.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 22, de 14 de abril de 2003. Disponível em:
https://sistemasweb.agricultura.gov.br/conjurnormas/index.php/INSTRU%C3%87%C3%83O_NORMATIVA_N%C2%BA_22,_DE_14_DE_ABRIL_DE_2003. Acesso em: 17 jul. 2023.

KORNACKI, J. L.; JOHNSON, J. L. Enterobacteriaceae, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. In: DOWNES F. P; ITO, K. (Eds). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. Washington: Apha, 69-80, 2001.

LEMPK, M. W. **Caracterização físico-química, microbiológica e tecnológica do queijo artesanal da microrregião de Montes Claros – MG**. 2013. 91p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/1843/NCAP-974PYC> >. Acesso em: 22 out. 2023.

LUQUE-SASTRE, L. *et al.* Resistência antimicrobiana em espécies de *Listeria*. **Espectro de microbiologia**, v.6, n.4, p.6-4, 2018. DOI: 10.1128/microbiolspec.ARBA-0031-2017.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (s.d.). Consulta pública: Queijo Artesanal – Portaria nº 186, minuta. Disponível em: www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/CP_QueijoArtesanal_Portaria186_minuta.pdf. 03 de nov. de 2020.

MARTINS, R. T. *et al.* Avaliação microbiológica do queijo Minas comercializado na região de Montes Claros/MG. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 11, n. 2, p. 257-263, 2021.

MENEZES, M. F. C. *et al.* Microbiota e conservação do leite. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, p. 76-89, 2014.

MINAS GERAIS. Assembleia legislativa do Estado de Minas Gerais. Decreto nº 44.864 de 01 de agosto de 2008. Altera o regulamento da lei nº 14.185 de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2008. Disponível em: www.almg.gov.br/. Acesso em: 29 abr. 2023.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Decreto nº 42.645 de 05 de junho de 2002. Aprova o Regulamento da Lei nº 14.185, de 31 janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2002. Disponível em: www.almg.gov.br/. Acesso em: 04 mai. 2023.

NEVES, L. F. Perfil físico-químico de queijos artesanais do norte de Minas Gerais. **Revista Unimontes Científica**, v. 23, n. 1, p. 1–10, 2021.

PASSOS, A. D. *et al.* Avaliação microbiológica de queijos Minas frescal comercializados nas cidades de Arapongas e Londrina – PR. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, p. 48-44, 2009.

PORTARIA IMA Nº 1969, de 26 de março de 2020. Estabelece normas sanitárias para produção e comercialização do Queijo Minas Artesanal. **Diário Oficial**, Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 27 mar. 2020. Seção 1, p. 6.

SALOTTI, B. M. *et al.* Qualidade microbiológica do queijo minas frescal comercializado no município de Jaboticabal, SP, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, p. 171-175, 2006.

SANTOS, A. J. P. **Efeitos do período de maturação de queijos sobre a microbiota deteriorante e *Listeria monocytogenes***. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016, 36 p. Dissertação de Mestrado. Disponível em: 88repositorio.unb.br/bitstream/10482/21364/1/2016_AndersonJoaquimPereiradosSantos.pdf. Acesso em: 30 de abr. de 2023.

SILVA, C. de S. Q. **Avaliação das condições higiênico-sanitárias e análise de perigos no processo de produção do queijo Minas artesanal da Serra da Canastra**. 2022. 79f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2022.

SILVA, J. F. M.; FEITOSA, A. C.; RODRIGUES, R. M. *Staphylococcus aureus* em alimentos. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins**, v. 4, n. 4, p. 15-31, 2017.

SOARES, D. B. **Caracterização físico-química e microbiológica do queijo Minas artesanal na região de Uberlândia-MG**. 2014. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SORAGNI, L.; BARNABE, A. S.; MELLO, T. R. de C. Doenças transmitidas por alimentos e a participação da manipulação inadequada para sua ocorrência: uma revisão. **Estação Científica (UNIFAP)**, v. 9, n. 2, p. 19-31, 2019.

STRASSBURGER, A. H. *et al.* Análise da variação da Qualidade microbiológica do leite cru refrigerado: Uma revisão sistemática da literatura. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 74, n. 1, p.70-72, 2019.

VALENTE, G. L. C. et al. **Caracterização microbiológica e físico-química de água, leite cru, soro-fermento, swabs de superfícies e queijo Minas artesanal da região de Campo das Vertentes ao longo da maturação nas estações de seca e chuva.** 2022. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/46129>>. Acesso em: 22 out. 2023.

VINHA, M. B. **Condições de produção, de comercialização e qualidade higiênico-sanitária do queijo Minas frescal produzido em agroindústrias familiares do município de Viçosa.** 2017. Disponível em: < <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/2818> >. Acesso em: 22 out. 2023.

YOON, Y.; LEE, S.; CHOI, K. Microbial benefits and risks of raw milk cheese. **Food Control**, v. 63, p. 201-215, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.11.013>.

CAPÍTULO 3

Avaliação das alterações sensoriais durante o armazenamento de chocolates

Beatriz de Oliveira Matos*¹; Heloísa Oliveira Dória²; Milena Rocha Lima²; Taniele de Jesus Sousa Santos²; Gabrielle Cardoso Reis Fontan³

Resumo

O chocolate é um produto largamente consumido em todo o mundo, sendo que as suas características sensoriais são muito importantes para esta extensa aceitação. Dentre elas, pode-se citar o aroma e sabor característico do chocolate, bem como sua doçura e textura. Porém alguns destes atributos podem sofrer alterações, comprometendo a qualidade e aceitação do produto. Essas mudanças podem ser provenientes de falhas durante as diferentes etapas do processamento, transporte ou armazenamento. Este trabalho teve como objetivo estudar o impacto da oscilação de temperatura que o produto pode sofrer, principalmente nos pontos de venda, sob as suas características sensoriais. As amostras de chocolate branco, ao leite e meio amargo foram submetidas a uma variação de temperaturas (ciclos a 32 °C por 8 horas e a 19 °C por 16 horas) por diferentes períodos (2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40 e 50 dias). Dezesesseis julgadores treinados avaliaram as amostras utilizando o teste triangular para verificar a diferença entre chocolates que sofreram variação de temperatura e chocolates armazenados constantemente à 19 °C. Além disso, também foi solicitado que indicassem os atributos responsáveis pela diferença entre as amostras. Foi possível afirmar que houve diferença significativa das amostras ($p < 0,05$) a partir do 4º dia de armazenamento para o chocolate branco e a partir do 2º para os chocolates ao leite e amargo. As principais mudanças geradas nos chocolates ao longo do armazenamento foram: maior dureza, difícil derretimento e alteração da doçura do produto, sendo esta intensificada no chocolate meio amargo e reduzida nos chocolates branco e ao leite. Deste modo, foi possível verificar que oscilações de temperatura, durante o armazenamento causam alterações sensoriais no produto em apenas poucos dias, podendo torná-lo desagradável para consumo, uma vez que perdeu as suas características desejadas.

Palavras-chave: Armazenamento. Temperatura. Teste triangular.

¹ Discente de Mestrado; Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

² Discente de Graduação em Engenharia de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

³ Docente; Departamento de Tecnologia Rural e Animal; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

* E-mail: alimentosbeatrizm@gmail.com

Introdução

Segundo a RDC nº 264: “Chocolate é o produto feito a partir da mistura de derivados de cacau (*Theobroma cacao L.*), massa (ou pasta ou liquor) de cacau, cacau em pó e ou manteiga de cacau, com outros ingredientes, contendo, no mínimo, 25 % (g/100 g) de sólidos totais de cacau. O produto pode ter recheio, cobertura, formato e consistência variados” (BRASIL, 2005).

As variações que ocorrem devido a diferentes teores de sólidos de cacau, leite, manteiga de cacau e outros constituintes no produto dão origem aos diversos tipos de chocolate, como o amargo, ao leite e branco. O chocolate amargo ou intenso possui uma quantidade maior de cacau - em média 70% - além de baixos níveis de gordura e açúcar, porém existem alguns que são comercializadas nessa categoria com um teor de cacau acima de 40% (BARBOSA *et al.*, 2020; NEGRO e WILLINER, 2019). O chocolate branco é produzido a partir da combinação de manteiga de cacau e outros ingredientes, devendo conter pelo menos 20% de sólidos totais de manteiga de cacau. Já o chocolate ao leite é aquele que possui em média entre 33 e 35% de cacau, sendo o leite e demais ingredientes dominantes na formulação deste tipo de produto (BRASIL, 2005; WAGNER, 2020).

O consumo de chocolate apresenta diversos benefícios à saúde, isso ocorre pela presença de polifenóis e metilxantinas, principalmente nos chocolates com maior teor de cacau, que contribuem com o efeito oxidante. Além disso, o cacau contém fitoquímicos que estimulam a elevação dos níveis de serotonina no corpo, proporcionando sensação de prazer e bem-estar (RIBAS, GONÇALVES e MAZUR, 2018; MEDEIROS e OLIVEIRA, 2023).

O consumo deste produto acontece em larga escala, sendo um alimento que ocupa uma alta colocação quando o quesito é preferência. Além dos fatores relacionados à saúde, isso pode ser resultado de suas características sensoriais, como o aroma liberado ao saborear, juntamente com a doçura e textura característica do chocolate, fazendo com que o produto se torne altamente agradável (LUCCAS, BONOMI e KIECKBUSCH, 2014; SMITH e MENANDRO, 2015).

Porém alguns destes atributos podem sofrer alterações, comprometendo a qualidade e aceitação do produto. Essas mudanças podem ser provenientes de falhas durante o processamento, transporte ou armazenamento, sendo a temperatura e umidade fatores cruciais, principalmente nas duas últimas situações (TELES, 2013).

Para evitar falhas é importante compreender as etapas de produção do chocolate. A primeira etapa é o pré-processamento do cacau, que inclui a colheita, quebra dos frutos, fermentação e secagem. A segunda é o processamento do cacau, que envolve a torração, obtenção do liquor, manteiga de cacau e cacau em pó. A terceira e última fase é o processamento do chocolate, que inclui a dosagem, mistura

dos ingredientes, refino, conchagem, temperagem, moldagem, resfriamento, desmoldagem, bem como a embalagem, armazenamento, e transporte do produto acabado (GUTIÉRREZ, 2017).

Dentre todas as etapas, a temperagem merece uma atenção especial. Nessa fase, a manteiga de cacau é submetida a tratamentos térmicos e mecânicos para estimular a cristalização controlada, produzindo cristais estáveis que garantem a qualidade e estabilidade física do produto final. As principais formas polimórficas existentes na manteiga de cacau são α , β' e β , sendo que a mais estável e desejável é a β . Se o processo de temperagem for realizado fora dos parâmetros adequados, o chocolate resultante será menos resistente ao calor e terá uma maior predisposição para ocorrência do fat bloom, bem como um processo de solidificação mais demorado (FERREIRA *et al.*, 2019).

O fat bloom é um defeito causado na superfície do chocolate proveniente da recristalização da fase lipídica instável. Essa recristalização promove o crescimento de cristais de gordura na superfície do produto, tornando-o mais áspero e esbranquiçado. Outra alteração recorrente em chocolates é o efeito sugar bloom. Este, é causado pela alta umidade na superfície do chocolate, promovendo a dissolução dos açúcares e posterior recristalização, desenvolvendo uma aparência esbranquiçada, semelhante ao que ocorre no fat bloom. (NASCIMENTO, 2017). Os principais fatores por trás desses problemas são as variações bruscas de temperatura, uso de ingredientes higroscópicos ou armazenamento em ambientes úmidos, portanto a atenção as condições de armazenamento são essenciais (RAFFLER, 2021).

A temperatura ideal de armazenamento de chocolates está entre 19 °C e 25 °C, sendo que valores superiores podem contribuir com o fat e ou sugar bloom. É comum encontrarmos chocolates nas gôndolas do mercado armazenados em temperaturas elevadas, visto que o Brasil é um país com território majoritariamente quente, apesar da grande diversidade climática. Na tentativa de evitar possíveis alterações, alguns estabelecimentos modificam as condições de armazenamento diminuindo a temperatura, porém se não houver um controle adequado isso acarretará em redução da qualidade dos chocolates (ANDERS, 2020; TELES, 2013).

Muitos estudos focam na alteração de cor proveniente desse efeito, menosprezando outras mudanças sensoriais causadas no produto. Em seu estudo, Raffler (2021) determinou o índice de brancura por colorimetria para determinação da formação de fat bloom e seu avanço nas superfícies das amostras estudadas. Além disso, também avaliou a textura por meio visual e de corte no chocolate, porém não houve a realização de análise sensorial para verificar as alterações gustativas ocasionadas. Esta é uma grande lacuna nos estudos, uma vez que deixam de adquirir informações sobre como o fat ou sugar bloom é percebido pelas pessoas (RICARTE *et al.*, 2019).

Pensando nisto, é extremamente importante compreender como a estocagem e suas variáveis (tempo, temperatura, umidade, entre outros) influenciam nas características percebidas pelos

consumidores nos diferentes tipos de chocolate (LI, LIU e LIN, 2021). O uso de análises sensoriais permite avaliar tanto a aceitabilidade quanto a qualidade do produto e determinar sua vida útil.

Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo estudar como a oscilação de temperatura que os chocolates branco, ao leite e meio amargo podem sofrer, principalmente nos pontos de venda, podem afetar a percepção sensorial, e qual o tempo necessário para que estas alterações sejam percebidas pelos consumidores.

Material e Métodos

Os produtos foram adquiridos em um supermercado do município de Itapetinga, no estado da Bahia. Foram avaliados três tipos de chocolates comerciais de uma mesma marca: chocolate branco, ao leite e meio amargo. Os chocolates estudados eram barras de 85 gramas e os mesmos foram submetidos ao fracionamento, utilizando uma tábua de corte e uma faca de inox. Cortou-se pedaços dos chocolates de aproximadamente 4,5 gramas e separou-os em sacos plásticos codificados com o tempo de armazenamento estudado.

Para indução do fat e/ou sugar bloom os tratamentos foram submetidos a uma variação de temperaturas. Foram armazenadas sob temperatura de 19 °C em B.O.D (marca TE-391) por 16 horas e mantidas a 32 °C em estufa (BINDER VD 23) por 8 horas. Este ciclo se repetiu durante todo o período de armazenamento, totalizando amostras com 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40 e 50 dias de estocagem para os chocolates, ao leite, chocolate branco e meio amargo. Para os três tipos de chocolate, foi mantido a amostra controle em temperatura constante a 19 °C. Após o período de 50 dias os chocolates foram armazenados em isopor fechado em temperatura ambiente (25 °C), até o momento de realizar a análise sensorial.

A análise sensorial foi conduzida no Laboratório de Análise Sensorial na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB – Campus Juvino Oliveira, e contou com a participação de 16 julgadores treinados em cabines individuais, sendo estes mestrandos, doutorandos e professores da universidade. A execução do teste foi divulgada por comunicação verbal e todos os interessados participaram voluntariamente, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este experimento faz parte do projeto intitulado como “Estudo do comportamento do consumidor de alimentos industrializados” e foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia sob CAAE: 15008219.2.0000.0055. A realização do teste foi feita sob luz vermelha para que os julgadores percebessem alterações que podem ocorrer durante o armazenamento, além da cor esbranquiçada.

Foi realizado o teste triangular onde as amostras foram apresentadas aos julgadores a temperatura ambiente, em recipientes plásticos descartáveis codificados com algarismos aleatórios de três dígitos contendo um pedaço de cada amostra (aproximadamente 4,5 gramas). Foi disponibilizado aos julgadores água e biscoitos de água e sal para limpar as papilas gustativas entre as amostras apresentadas, evitando a fadiga sensorial. Os provadores receberam as amostras em ordem crescente quanto ao período de armazenamento e amostra controle. Foi solicitado aos julgadores, que além de indicar a amostra diferente, relatassem na ficha que “aspecto” ou “atributo” ele julga ser diferente entre as amostras. Os dados obtidos no teste triangular foram analisados conforme descrito por Costa e Oliveira (2012) à 5% de probabilidade. As descrições levantadas foram analisadas com a frequência em que foram relatadas e estão apresentadas na forma gráficos com o tempo de armazenamento.

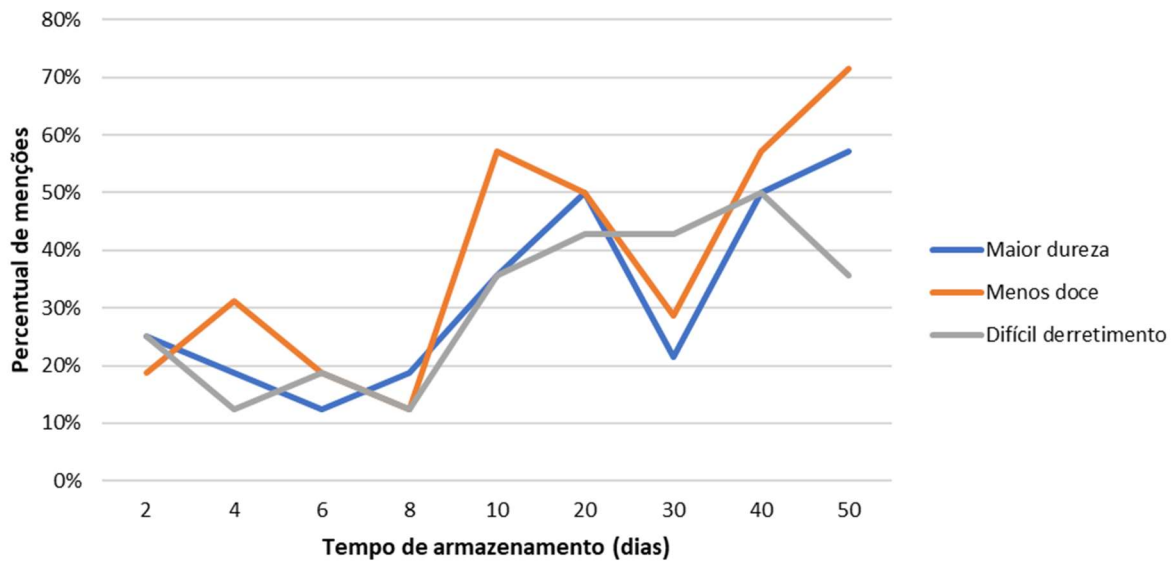
A análise de cor foi realizada utilizando a colorimetria de imagem digital com o aplicativo Colorímetro® em Smartphone (Samsung Galaxy A13 SM-A135M/DS). As amostras foram colocadas em um local com iluminação homogênea sem a presença de sombreamento. As imagens foram capturadas a aproximadamente 15 cm de distância, na vertical, entre o smartphone e a amostra. Foram realizadas 5 capturas de imagens para cada tratamento avaliado. Os dados foram analisados com base nas coordenadas do sistema CIE-L*a*b* (CIELAB) e o índice de brancura (IB) foi obtido por meio da equação 1, sendo L* = luminosidade, a* = coordenada vermelho (+) e verde (-) e b* = coordenada amarelo (+) e azul (-) (LOHMAN e HARTEL, 1994).

$$IB = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{0,5} \quad (\text{Eq. 1})$$

Resultados e Discussão

Por meio do teste triangular, foi possível afirmar que houve diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$) a partir do 4º dia de armazenamento para o chocolate branco e a partir do 2º dia para os chocolates ao leite e amargo. Isso demonstrou que uma oscilação na temperatura, durante o transporte ou mesmo no armazenamento e pontos de venda ocasionará uma alteração sensorial significativa. Estas alterações, ou as mais citadas, foram relacionadas a capacidade de derretimento, a percepção do gosto doce e a dureza dos chocolates. Nas Figuras 1, 2 e 3 estão apresentadas as alterações mais evidentes na diferenciação do chocolate submetidos aos ciclos de temperatura e o chocolate controle ao longo do período de armazenamento.

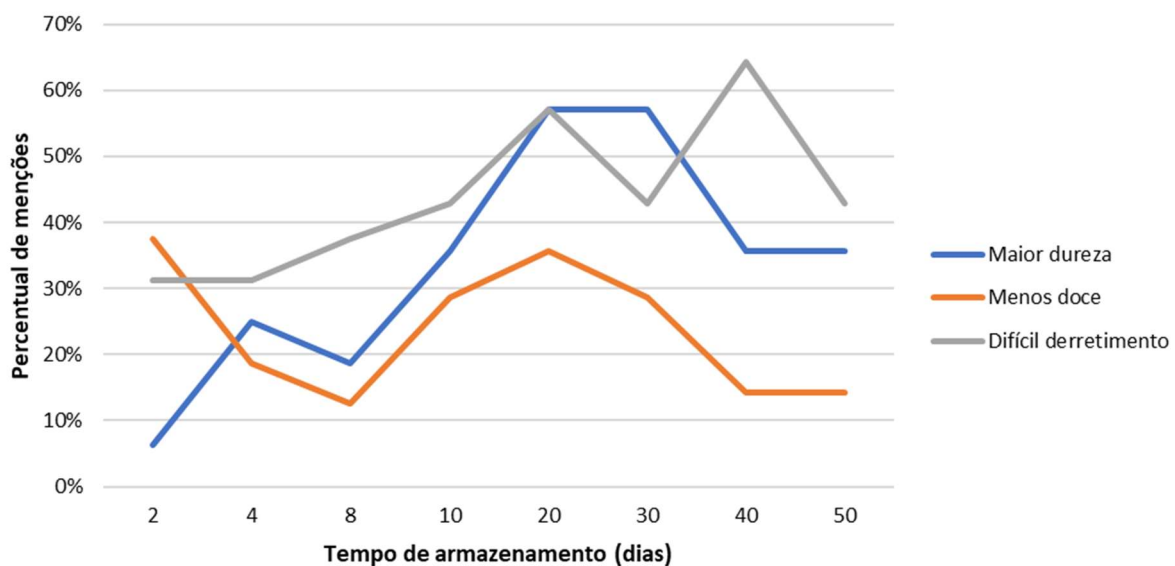
Figura 1 - Gráfico com as principais mudanças percebidas ao longo do tempo de armazenamento nas amostras de chocolate branco.



Fonte: Dos autores, 2023.

A diferença entre o chocolate branco controle e os chocolates branco submetidos a variação de temperatura se deu com 4 dias de armazenamento, onde 30% dos julgadores que responderam corretamente o teste indicaram a redução do gosto doce como fator importante para diferenciação entre as amostras. Ao longo do armazenamento (com oscilação de temperatura) além do gosto doce, a dureza e a dificuldade de derretimento do chocolate na boca são alterações sensoriais que se tornam mais evidentes para os julgadores.

Figura 2 - Gráfico com as principais mudanças percebidas ao longo do tempo de armazenamento nas amostras de chocolate ao leite.

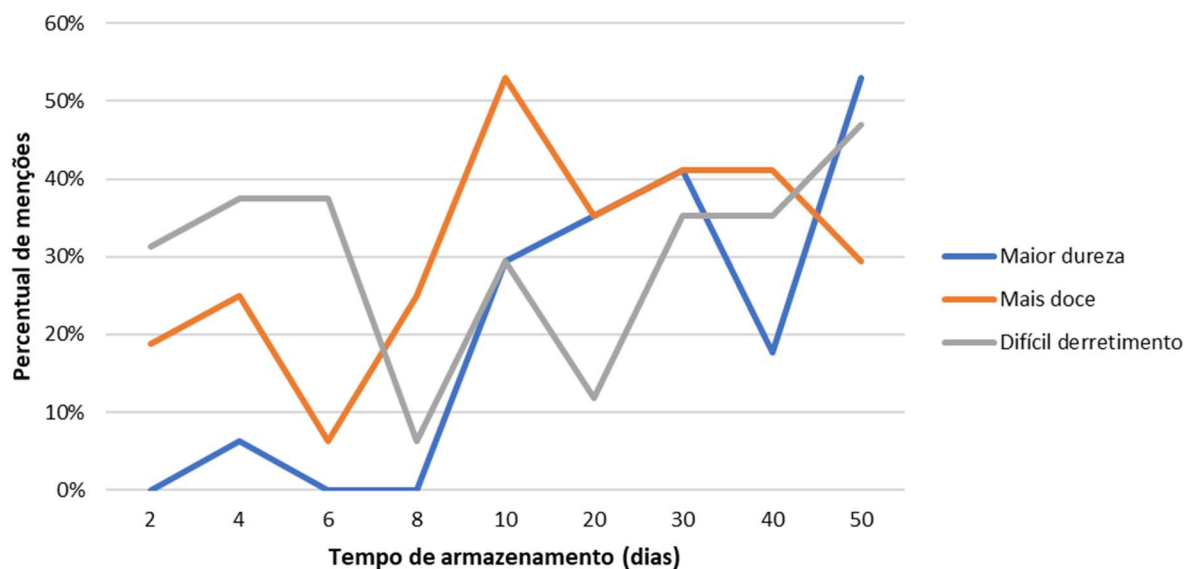


Fonte: Dos autores, 2023.

Com dois dias de armazenamento foi possível observar diferença entre o controle e chocolates ao leite submetidos a oscilação de temperatura. Assim como observado no chocolates branco, o gosto doce foi importante na diferenciação entre as amostras. No entanto, ao longo do período de armazenamento a dureza e o derretimento tiveram maior contribuição nas alterações sensoriais observadas pelos julgadores.

O chocolate amargo apresentou alterações sensoriais significativas com dois dias de armazenamento, sendo o difícil derretimento o fator mais citado pelos julgadores. Entre o 8º dia e 40º dia de armazenamento o gosto doce foi percebido mais intensamente nos chocolates submetidos à variação de temperatura do que a amostra controle, resultado este, diferente do observado para os chocolates ao leite e branco.

Figura 3 - Gráfico com as principais mudanças percebidas ao longo do tempo de armazenamento nas amostras de chocolate amargo.



Fonte: Dos autores, 2023.

Independentemente do tipo de chocolate, a oscilação de temperatura influi drasticamente nas características sensoriais dos chocolates, podendo ser percebidas com poucos dias de armazenamento inadequado. Nightingale *et al.* (2011) estudaram o efeito da temperatura de armazenamento nas características sensoriais e físicas de chocolates. Verificaram que os atributos sensoriais sofreram variações em função do armazenamento, indicando redução do gosto doce, redução do sabor cremoso, aumento da dureza e maior tempo para o derretimento. Para os autores a elevada temperatura (32 °C) pode promover a liquefação de parte dos lipídios presentes nos chocolates, a temperatura também auxilia na mobilidade permitindo a migração dos triglicerídeos para a superfície e quando ocorre a redução da temperatura estes se solidificam alterando a característica inicial do chocolate, tornando-o

mais duro. Além disso, verificaram que a recristalização da gordura em função da oscilação da temperatura ocasionou um pequeno aumento do ponto de fusão (PF).

Esse comportamento pode ser explicado pelas formas polimórficas presentes na manteiga de cacau. Ao manter o chocolate em uma temperatura de 32 °C, as suas formas mais instáveis (α e β'), que possuem menores PF, são fundidas, mantendo apenas os cristais estáveis (β). Ao diminuir a temperatura, o crescimento de cristais ocorre de forma agregada aos cristais estáveis já existentes. Esta forma de cristal presente no produto possui uma estrutura molecular mais empacotada e ponto de fusão variando entre 32-36 °C, contribuindo para maior dureza e maior tempo de derretimento observado pelos julgadores em todos os chocolates avaliados neste estudo (AFOAKWA, 2016).

A percepção do gosto doce para os chocolates branco e ao leite submetidos à variação de temperatura foi reduzida quando comparados com os respectivos controles. Nightingale *et al.* (2011) também identificaram esta tendência em seus estudos e atribuíram, possivelmente, a redução dos compostos voláteis que induzem sensações doces. Além disso, o gosto doce será percebido quando a sacarose estiver em solução, a dificuldade observada no derretimento do chocolate também poderá contribuir para redução percepção da sensação doce.

Para o chocolate amargo, neste trabalho observou-se uma percepção maior do gosto doce, diferente do observado por Nightingale *et al.* (2011). O chocolate amargo ou intenso, apresenta maior teor de cacau do que os demais, resultando em um produto sensorialmente mais complexo nos compostos aromáticos e nas sensações causadas. Afoakwa (2016) estudou o efeito do tamanho das partículas formadas nos processos de temperagem e a relação com a liberação dos compostos voláteis. Observaram que muitos compostos aromáticos ficam mais retidos na matriz em chocolates mal temperados, ou seja, com partículas maiores. O processo de oscilação da temperatura simulado neste trabalho, contribuiu para fusão da gordura e reestruturação da mesma, possivelmente afetando os compostos voláteis e suas percepções. Isso pode ter permitido aos julgadores perceberem mais facilmente e rapidamente o gosto doce, diferenciado as amostras com indução do fat bloom com a amostra controle.

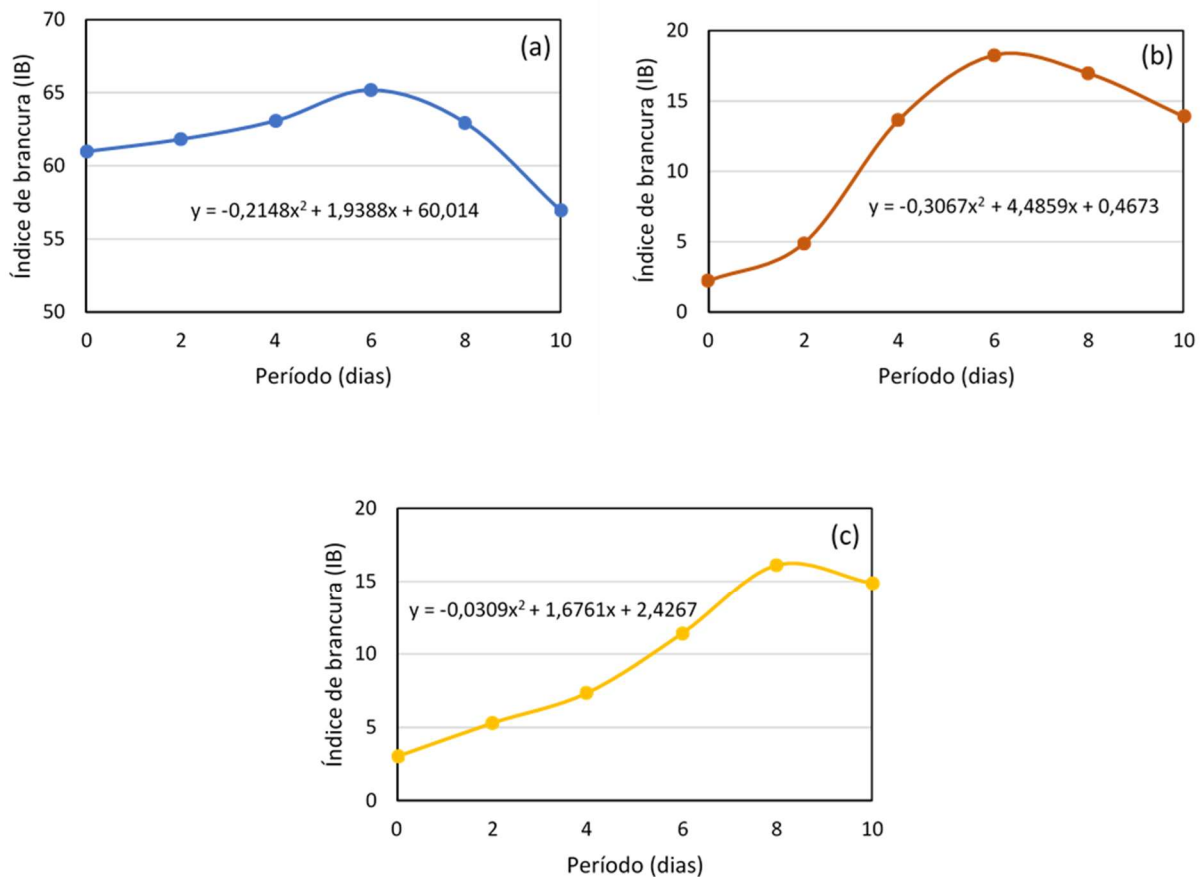
As Figuras 4a, 4b e 4c mostram o índice de brancura (IB) correspondente na superfície das amostras de três tipos de chocolate armazenados em ciclos de temperatura durante diferentes períodos. Em todos os casos, o modelo de 2º grau se adequou para descrever essa relação entre períodos e o índice de brancura.

A Figura 4a mostra que o chocolate branco teve um aumento inicial no IB nos primeiros dias, sendo possível notar que no 6º dia esse aumento foi de 4,20 comparado ao valor inicial, e seguida de uma diminuição nos dias 8 e 10, com uma queda de 4,03, levando em consideração este último comparado ao primeiro dia. Essa redução se deve pela capacidade corante da manteiga de cacau presente

no produto, que gerou intensificação na coloração amarela após um certo período, pois quando aquecida se transforma em um líquido amarelo pálido. Esse é um fator limitante para determinação de fat bloom por colorimetria para o chocolate branco, além disso, contém leite em pó em sua composição, que pode contribuir ainda mais com essa coloração amarela ao longo do tempo (FERREIRA *et al.*, 2021; SEIBEL, KATO e LIMA, 2022).

A Figura 4b mostra que no chocolate ao leite o crescimento do índice de brancura é nítido, sendo facilmente observada uma grande alteração nos primeiros dias. Semelhantemente ao chocolate branco, apresentou uma queda a partir do 8º dia. Baseado na amostra controle (dia 0), ao final dos 10 dias ocorreu um aumento no IB em 11,69.

Figura 4 - Variação do índice de brancura de chocolate (a) branco, (b) ao leite e (c) meio amargo, sob variações de temperatura por diferentes períodos.



Fonte: Dos autores, 2023.

A Figura 4c apresenta um comportamento semelhante aos outros, porém o período de crescimento do índice de brancura se estende até o 8º dia. Isso pode ser explicado porque o chocolate amargo contém uma maior quantidade de liquor de cacau e menor de manteiga de cacau, contribuindo com uma maior percepção de clareamento em relação a coloração inicial deste alimento (FERREIRA

et al., 2021). Ao final dos 10 dias ocorreu um aumento no IB em 11,85 quando comparado à amostra controle (dia 0).

Com exceção do chocolate branco, as variações no índice de brancura possuem um comportamento semelhante entre as amostras. Inicialmente é observado um crescimento até certo período e, posteriormente, a tendência é que obtenha pequenas oscilações conforme verificado por Luccas, Bonomi e Kieckbusch (2014) que avaliaram o IB de chocolate ao leite e perceberam que após o crescimento inicial, em períodos maiores, há pequenas quedas e aumentos com o passar dos dias.

Conclusão

De acordo com os dados obtidos foi possível verificar que as oscilações de temperatura durante o armazenamento causaram alterações sensoriais significativas nos chocolates. Percebeu-se que os tipos de chocolates impactaram no tempo com que alterações sensoriais foram percebidas e nas características sentidas. Essas alterações incluíram maior dureza, difícil derretimento, alteração da doçura do produto. Essas mudanças podem tornar o produto desagradável para consumo, uma vez que perde suas características desejadas. Portanto, observar apenas a variação nos índices de brancura para identificação de fat bloom, pode não ser adequado. Por fim, é extremamente importante manter o chocolate em condições de armazenamento adequadas para não comprometer a qualidade do alimento.

Agradecimentos

Agradecemos ao laboratório de análise sensorial – LabAS pelo espaço cedido para realização das análises, bem como aos julgadores participantes pela disponibilidade do tempo. Também agradecemos à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e a bolsa de Iniciação Científica concedida.

Referências

AFOAKWA, E. O. **Chocolate science and technology**. John Wiley & Sons, 2016.

ANDERS, A. O. **Estudo de viabilidade técnica e econômica - EVTE para implantação de uma agroindústria processadora de amêndoas de cacau no município de Medicilândia-Pará**. 2020. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Ciências Econômicas da Universidade do Sul de Santa Catarina, Belém, 2020.

BARBOSA, G. O. *et al.* Análise bromatológica e de rotulagem de chocolate ao leite e chocolate 70%. **JAPHAC–Journal of Applied Pharmaceutical Sciences**, v. 7, p. 42-52, 2020.

BRASIL. RDC nº 264, de 22 de Setembro de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 set. 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0264_22_09_2005.html. Acesso em: 18 abr. 2023.

COSTA, A. V.; OLIVEIRA, E. C. P. **Análise Sensorial: Fundamentos e Métodos**. Varela, 2012.

FERREIRA, B. C. F. *et al.* Processamento de cacau e chocolate: influência sobre a qualidade do produto final. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos** - Volume 5, por Silvani Verruck, Editora Científica Digital, 2021, p. 300–334.

FERREIRA, D. N. S. *et al.* Processo de Temperagem da Manteiga de Cacau: análises, conceitos e sinergias em uma Multinacional. **Brazilian Journal of Business**, v. 1, n. 3, p. 1207-1217, 2019.

GUTIÉRREZ, T. J; State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review. **Wiley online library**, v.16, ed. 6, p. 1313-1344. 12 setembro 2017. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12301>>. Acesso em: 02 mai. 2023.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

LI, L.; LIU, G.; LIN, Y. Physical and bloom stability of low-saturation chocolates with oleogels based on different gelation mechanisms. **LWT**, v. 140, p. 110807, 2021.

LOHMAN, M. H.; HARTEL, R. W. Effect of milk fat fractions on fat bloom in dark chocolate. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 71, p. 267-276, 1994. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02638052>>. Acesso em: 22 out. 2023.

LUCCAS, V.; BONOMI, É. C.; KIECKBUSCH, T. G. Caracterização comparativa entre chocolates ao leite formulados com gordura de leite anidra e com estearina de gordura de leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, p. 130-138, 2014.

MEDEIROS, L. C. S.; OLIVEIRA, T. R. S. Benefícios do consumo do chocolate amargo no alívio dos sintomas ocasionados pela síndrome da tensão pré-menstrual: uma revisão descritiva da literatura (1997-2021). **Ciências da Saúde: desafios e potencialidades em pesquisa-volume 2**, v. 2, n. 1, p. 147-158, 2023.

NASCIMENTO, J. P. **Análise dos problemas relatados no serviço de atendimento ao consumidor de uma fábrica de chocolates: um estudo de caso**. 2017. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

NEGRO, E.; WILLINER, M. Calidad nutricional y origen de los ácidos grasos en chocolates y baños de repostería producidos en Argentina. Cumplimiento de la legislación. **Nutr. clín. diet. hosp**, v. 39, n. 3, p. 129-137, 2019.

NIGHTINGALE, L. M.; LEE, S.-Y.; ENGESETH, N. J. Impact of storage on dark chocolate: Texture and polymorphic changes. **Journal of Food Science**, v. 76, n.1, p. 142– 153, 2011.

RAFFLER, V. **Estratégias para impedir a formação de fat bloom em chocolate**. 2021. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2021.

RIBAS, H. O.; GONÇALVES, D. S.; MAZUR, C. E. Benefícios funcionais do cacau (*Theobroma cacao*) e seus derivados. **Visão Acadêmica**, v. 19, n. 4, 2018.

RICARTE, D. Y. *et al.* Análise sensorial de preparações com batata yacon: revisão sistemática. **HU Revista**, v. 45, n. 4, p. 431-440, 2019.

SEIBEL, N. F.; KATO, T.; LIMA, A. R. Importância da difração de raios X e colorimetria em alimentos. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos** - Volume 6, por Silvani Verruck, Editora Científica Digital, 2022, p. 219–235.

SMITH, M. B. N. C.; MENANDRO, P. R. M. Aspectos contextuais e pessoais influenciadores do consumo de chocolate. **Revista Psicologia em Pesquisa**, v. 9, n. 1, 2015.

TELES, J. S. **Avaliação das propriedades estruturais de amostras de chocolate comercial, submetidas a diferentes condições de armazenamento.** 2013. 56 f. Monografia - Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, Imperatriz, 2013.

WAGNER, Y. F. Avanços tecnológicos no processamento do cacau e derivados e efeitos no organismo. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos** - Volume 1, por Silvani Verruck, Editora Científica Digital, 2020, p. 90-101.

CAPÍTULO 4

Caracterização físico-química e microbiológica de queijos produzidos no município de Paraopeba-MG

Emanuelle Couto Soares*¹; Christiano Vieira Pires²; Maria Laura Lourenço Moreira¹; Luana Sousa Silva³; Edmilson Tinoco Vilela Junior³

Resumo

O queijo está presente na alimentação humana há séculos, sendo um alimento de alto consumo e rico em nutrientes, tais como proteínas, vitaminas e minerais. A produção de queijo é um negócio propício para geração de renda para famílias, mas precisa da adoção de boas práticas de fabricação por ser um alimento propício a contaminações. Nessa pesquisa objetivou-se avaliar as condições higiênicas sanitárias de amostras de queijo minas frescal, minas padrão e de búfala coletados no município de Paraopeba-MG. As amostras foram submetidas a análises físico-químicas de pH, acidez, atividade de água, extrato seco, umidade, proteínas, gordura, cinzas, carboidratos, sódio e valor energético. Foram realizadas contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva, número mais provável (NMP) de Coliformes a 30 °C e Coliformes a 45 °C e também determinou-se a presença ou ausência de *Salmonella* sp. A média dos resultados indicou valores variados dos parâmetros físico-químicos das amostras devido, principalmente a variedade de queijo analisadas. O teor de proteína das amostras variou de 14,10% a 21,04%, a gordura variou de 16,5% a 26,75% e a umidade variou de 31,73% a 53,03%. O teor de sódio de algumas amostras foi elevado, variando de 290,12 mg de sódio em 100 g de amostra até 1501 mg de sódio por 100 g de amostra. Em relação as análises microbiológicas, foi encontrado contagem alta de Coliformes a 30 °C e Coliformes a 45 °C o que pode provocar deterioração no produto e indicar falhas nas boas práticas de fabricação. A contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva está acima do permitido por legislação, representando risco a saúde dos consumidores. A *Salmonella* sp. está ausente em todas as amostras analisadas. Faz-se necessário a adoção de boas práticas de fabricação, procedimentos operacionais padrões e programa de monitoramento constante para os produtores de queijo do município de Paraopeba-MG.

Palavras-chave: Análise de alimentos. Microbiologia. Produtos lácteos.

¹ Bolsista de Iniciação Científica, curso de Engenharia de Alimentos; Universidade Federal de São João del-Rei.

² Professor Titular, Departamento de Engenharia de Alimentos; Universidade Federal de São João del-Rei..

³ Técnico de Laboratório; Departamento de Engenharia de Alimentos; Universidade Federal de São João del-Rei.

* E-mail: emanuellecouto2712@gmail.com

Introdução

O queijo está presente na alimentação humana desde a Idade Média, data que especialistas consideram como o marco inicial de sua fabricação, apesar de existir indícios do consumo de leite solidificado com data de 7000 anos a.C. e ainda há achados arqueológicos que indicam a existência de queijos produzidos com leite de cabra e vaca com data de 6000 anos a.C. (PERRY, 2004).

Segundo a ABIQ - Associação Brasileira das Indústrias de Queijo, o consumo médio per capita de queijos no Brasil é baixo, cerca de 5,6 kg por ano, comparado com a Argentina que é o país de maior consumo de queijos, sendo 12 kg anuais per capita (ABIQ, 2022).

Os queijos podem ser produzidos através de leite de vaca, cabra ou búfala, sendo que os queijos produzidos com o leite de vaca possuem classificação de acordo com suas particularidades. Entre eles, tem-se queijo mussarela, minas frescal, minas padrão, parmesão e muitos outros (ABIQ, 2022).

O queijo é definido conforme Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Produtos Lácteos, como produto fresco ou maturado obtido pela separação parcial de soro de leite, ou leite reconstituído, ou soros lácteos que são coagulados por coagulação enzimática do coalho e/ou outras enzimas coagulantes adaptadas, complementada ou não com a ação de bactérias lácticas específicas (BRASIL, 1996).

A produção de queijo é um negócio que gera renda para diversas famílias. No Brasil a indústria de queijo é responsável por movimentar cerca de R\$ 22 bilhões ano, sendo que em 2017 o país atingiu a produção de 1 milhão de toneladas de queijos (ZOCCAL *et al.*, 2018). O queijo produzido de maneira artesanal ou até caseira é muita das vezes fabricado por pessoas não treinadas e que possuem pouco conhecimento a respeito de boas práticas de fabricação. Podendo comprometer a qualidade tanto a nível microbiológico, quanto físico-químico e microscópico. Essas características podem indicar as condições higiênico sanitárias de produção, devido a presença de corpos estranhos no produto tais como: sujidades, pelos e fragmentos de insetos (VIEIRA *et al.*, 2008).

Salienta-se ainda que o queijo, assim como o leite fluido, é um produto rico em nutrientes, que oferece condições para a multiplicação ou, manutenção da viabilidade de microrganismos desejáveis e indesejáveis. O crescimento de microrganismos indesejáveis pode levar a modificações sensoriais e/ou causar intoxicações e toxinfecções alimentares nos consumidores (DA SILVA; BORTOLUCI; VIVAN, 2019). Os queijos são produtos com alto grau de manipulação durante o processo de produção, o que os torna um alimento bastante susceptível às contaminações, especialmente de origem microbiológica, quando não são empregadas boas práticas de fabricação e de higiene (PINTO *et al.*, 2009; KAMINARIDES *et al.*, 2015). Nas últimas décadas intensificou-se a preocupação, por parte dos consumidores, com os riscos relativos às doenças de origem alimentar. No entanto, na indústria,

pequenos produtores formais e informais, priorizando atender as demandas comerciais e interesses econômicos, com frequência não se atentam à relevância da garantia da qualidade dos alimentos produzidos. Tais questões têm pressionado as autoridades a observar com mais seriedade o tema da segurança sanitária dos alimentos. No cenário mundial, governantes e instituições mobilizam-se em prol da criação de medidas regulatórias que estabeleçam requisitos sanitários para a inocuidade dos alimentos visando a alimentação humana (HOU; GRAZIA; MALORGIO, 2015).

As Boas Práticas de Fabricação (BPF) são práticas de higiene que devem ser adotadas desde a escolha e compra da matéria-prima até a venda do produto para o consumidor. O objetivo dessas práticas é evitar a contaminação dos alimentos e a ocorrência de doenças provocadas por microrganismos patogênicos (BRASIL, 2004). Portanto, durante a produção do queijo, as boas práticas de fabricação devem ser aplicadas com rigor, levando em consideração as condições previstas nos regulamentos sanitários vigentes, em todas as etapas da cadeia produtiva. As condições higiênico-sanitárias e os procedimentos adequados representam a garantia do alimento seguro, minimizam riscos ao consumidor e consequências econômicas provenientes de um eventual descontrole do processo (KAMINARIDES *et al.*, 2015).

No município de Paraopeba-MG, foi criado por meio da Lei Ordinária 2856/2017 o Sistema de Inspeção Municipal (SIM), para fins de registro e inspeção do processamento e comercialização em pequena escala de produtos comestíveis de origem animal e seus agregados, no âmbito do Município de Paraopeba/MG (Paraopeba, 2017). Diversas pequenas unidades produtoras de queijo do município agora obtiveram o selo do SIM e desta forma estão produzindo e comercializando seus produtos. Entretanto, por ser um sistema com pouco tempo de implementação são necessárias ações de acompanhamento e monitoramento para verificar se todos estão produzindo os queijos seguindo os procedimentos preconizados pela legislação e se estes produtos possuem qualidade e segurança para que possam ser consumidos sem riscos para a saúde dos consumidores.

Os queijos produzidos no município de Paraopeba que possuem o selo SIM, necessitam de uma rotulagem adequada e boas condições de consumo. Desta forma, este trabalho objetivou avaliar as condições físico-químicas e microbiológicas de amostras de queijos de produtores monitorados pelo Serviço de Inspeção Municipal do município de Paraopeba-MG.

Material e Métodos

Obtenção das amostras

Foram obtidas doze amostras de queijos de unidades produtoras do município de Paraopeba-MG, sendo quatro queijos minas padrão, sete queijos minas frescal e um queijo de búfala, cada queijo

procedeu de produtores diferentes. As amostras foram coletadas pelo fiscal do Serviço de Inspeção Municipal, lacradas e com as devidas informações de cada produtor. Em seguida foram transportadas em caixas isotérmicas com gelo reciclável para o Laboratório de Análise de Alimentos do DEALI-UFSJ, Campus de Sete Lagoas (Figura 1). Dentre as amostras, havia queijo minas frescal, minas padrão e queijo de leite de búfala.

Figura 1 - Fotografia das amostras recém-chegadas ao laboratório de análise de alimentos da UFSJ



Fonte: Dos autores, 2023.

Análises físico-químicas

As análises do teor de cinzas, proteínas, gorduras totais e sódio foram realizadas de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O extrato seco e a umidade foram determinados através de um Determinador de Umidade Infravermelho, Marte, ID 200. A atividade de água foi feita em um analisador de atividade de água Labtouch, Novasina. A acidez titulável foi determinada por titulação com uma solução padronizada de NaOH de concentração $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ em presença de fenolftaleína até chegar a coloração rosa. Para a medida de pH, foi utilizado um aparelho medidor de pH Cienlab, mA210. O teor de carboidratos foi determinado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de umidade, proteína, gorduras e cinzas. O valor energético foi calculado considerando que, 1 g de proteína equivale a 4 kcal, 1 g de carboidrato equivale a 4 kcal e 1 g de gordura equivale a 9 kcal. Todas as amostras de queijo foram previamente trituradas em um processador de alimentos. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em média seguidos do desvio padrão.

Análises microbiológicas

Foram pesados, asépticamente, 25 g de amostra e adicionadas 225 mL de água peptonada 0,1% para obter a diluição inicial (10^{-1}). Após homogeneização, seguiram-se diluições seriadas em água

peptonada 0,1%, até atingir a diluição 10^{-3} . Para a determinação de coliformes à 30 °C e 45 °C, foi usado o método Número Mais Provável (NMP) segundo APHA 9:2015 (DA SILVA *et al.*, 2017). Uma alíquota de 1 mL das diluições de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} , foram retiradas e inoculadas, em tubos contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) com um tubo de Durham invertido, obtendo três séries de três tubos.

Os tubos com resultados considerados positivos foram aqueles que apresentaram turvação do meio e produção de gás nos tubos de Durham após o prazo máximo de 48 horas de incubação. Uma alçada dos tubos de LST positivos foi transferida para tubos contendo 10 mL de Caldo Verde Brilhante Bile 2% (VB) com tubo de Durham invertido e incubado a 35 ± 2 °C, durante 24 a 48 horas. Paralelamente uma alíquota de 1 mL foi transferida para tubos contendo 10 mL de Caldo *E. coli* (EC), com tubos de Durham invertidos e incubados em banho maria a $44,5 \pm 0,2$ °C por 24 a 48 horas. A leitura foi realizada por meio da contagem de tubos com turvação e produção de gás e quantificado através da tabela de NMP·g⁻¹ (DA SILVA *et al.*, 2017).

O método utilizado para contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva foi o método de contagem por plaqueamento em superfície em Ágar Baird Parker (BP), segundo a ISO 6888-1:1999, sendo realizado em duplicata (DA SILVA *et al.*, 2017). Foram inoculados 0,1 mL de cada diluição (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}), em placas de ágar BP e espalhados com alça de drigalsky. As placas foram incubadas invertidas a 35 ± 1 °C por 48 horas. As colônias típicas foram selecionadas para a realização da prova bioquímica coagulase.

Para a determinação de *Salmonella* sp., foi utilizada a metodologia BAM/FDA 2016 modificada, onde uma alíquota de 25 g de amostra foi diluída em 225 mL de caldo lactosado e incubada a 35 °C por 24 ± 2 h (pré-enriquecimento). Após o período de incubação, uma alíquota de 1 mL do pré-enriquecimento foi transferida para tubo contendo 10 mL de caldo Tetrionato (TT) e incubado a 35 °C por 24 ± 2 h e uma alíquota de 0,1 mL foi transferida para tubo contendo 10 mL de caldo Rappaport (RV) e incubado em banho maria a 42 ± 2 °C por 24 ± 2 h. Após esse período, uma alçada dos tubos de TT e RV foi estriada (estrias por esgotamento) em placas contendo ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD), ágar Bismuto Sulfito (BS) e ágar Entérico de Hectoen (HE). Na presença de colônias suspeitas foram realizados os testes bioquímicos de Urease, Indol, Lisina Descarboxilase, Voges Proskauer e crescimento em TSI. A sorologia foi realizada através da detecção de antígenos somáticos e flagelares. Os resultados foram verificados pela presença ou ausência de *Salmonella* sp.

Resultados e Discussão

Os resultados médios das análises de pH, acidez titulável e atividade de água estão apresentados

na Tabela 1. Os valores médios de pH variaram de 6,87 a 7,34 e a acidez titulável de 0,035% a 0,15% (mg de ácido lático por 100 gramas de queijo). Os valores de pH e acidez são adotados na produção queijeira para realizar um controle durante seu processamento e armazenamento (DIAS, 2016). Queiroga *et al.* (2009) encontraram valores de 0,03 % de acidez em suas amostras, o que é próximo ao encontrado neste estudo. Todas as amostras obtiveram um pH próximo de 7, ou seja, um pH neutro. Valores de pH entre 4,5 e 5,5 podem contribuir para a segurança do produto pois inibi o crescimento de bactérias patogênicas e de microrganismos que causam deterioração no queijo (BE; HERBERT, 2021). Todas as amostras analisadas possuem valores de pH propicio para crescimento de microrganismos.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos das amostras de queijo analisadas coletadas no município de Paraopeba-MG

Amostras	pH	Acidez (mg de ácido lático/100 g de amostra)	Aw
A	7,020±0,030	0,077±0,005	0,913±0,003
B	7,280±0,020	0,053±0,005	0,928±0,002
C	6,730±0,040	0,130±0,014	0,909±0,006
D	6,980±0,060	0,095±0,005	0,937±0,011
E	6,960±0,040	0,130±0,005	0,941±0,003
F	7,250±0,110	0,004±0,004	0,955±0,0008
G	6,870±0,030	0,150±0,009	0,953±0,001
H	7,210 ±0,020	0,057±0,004	0,956±0,001
I	7,220±0,040	0,057±0,008	0,955±0,0008
J	7,400±0,100	0,053±0,007	0,956±0,002
K	7,340±0,020	0,035±0,000	0,956±0,001
L	7,330±0,180	0,051±0,009	0,944±0,009

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: A-D: Minas Padrão; E-K: Minas Frescal; L: Búfala

A atividade de água (Aw) variou de 0,909 a 0,956, sendo que a amostra C apresentou o menor valor e as amostras H, J e K maiores valores. Esse parâmetro é de suma importância para a segurança de alimentos, visto que, quanto maior a atividade de água menor será sua estabilidade microbiológica (BE; HERBERT, 2021). Cardinali (2022) encontrou valores de Aw entre 0,936 a 0,966, uma média um pouco acima das encontradas neste estudo. De acordo com Adams & Moss (1997), atividade de água superior a 0,90 permite o crescimento de bactérias; valores superiores a 0,80 permitem o crescimento de fungos em geral e superiores a 0,61 permitem o crescimento de fungos xerófilos. Sendo assim, todas

as amostras analisadas são susceptíveis ao crescimento bacteriano, que evidencia a necessidade de adoção de boas práticas de fabricação e a adoção de programas de monitoramento da qualidade.

Os resultados da composição centesimal das amostras de queijo se encontram na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados médios das análises de composição centesimais das amostras de queijo coletadas no município de Paraopeba-MG

Amostras	Extrato	Umidade (%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Carboidrato (%)
	Seco (%)					
A	55,73±1,18	44,27±1,18	20,12±0,19	21,5±0,00	4,39±0,40	9,65±1,66
B	49,53±0,68	50,47±0,68	18,27±0,90	20,5±0,50	3,30±0,01	7,41±1,17
C	59,63±1,66	40,37±1,66	21,04±0,55	26,75±0,25	3,72±0,01	8±2,00
D	68,27±1,66	31,73±0,70	21,43±0,92	25,00±0,00	3,20±0,04	18,54±0,83
E	64,40±1,04	35,60±1,04	20,10±0,23	23,00±0,00	5,21±0,04	15,96±0,87
F	51,97±0,31	48,03±0,31	16,27±0,39	22,25±0,25	3,44±0,07	9,96±0,20
G	62,17±1,47	37,83±1,47	19,40±0,42	24,00±1,00	3,19±0,01	15,42±0,05
H	57,67±0,90	42,33±0,90	19,95±0,96	23,25±0,75	3,01±0,01	11,40±1,12
I	50,47±0,42	49,53±0,42	14,10±0,31	16,50±0,00	2,92±0,02	16,90±0,41
J	51,93±1,20	48,07±1,20	17,66±0,51	21,50±0,50	3,43±0,03	9,29±1,85
K	46,97±0,53	53,03±0,53	18,77±0,63	19,25±0,75	3,99±0,05	4,92±0,25
L	49,73±0,70	50,27±0,70	18,19±0,70	17,50±0,50	3,44±0,03	10,55±0,48

Fonte: Dos autores, 2023

Legenda: A-D: Minas Padrão; E-K: Minas Frescal; L: Búfala

Pode-se observar que os teores de umidade variaram de 31,7% a 53,03% o que indica que os queijos estão entre baixa umidade (até 35,9%) e alta umidade (entre 46,0% e 54,9 %), segundo o regulamento técnico de identidade e qualidade de queijos (BRASIL, 1996). Essa variação de umidade pode estar relacionada com a falta de padronização e uniformização dos métodos de produção, para queijos de mesma tipificação e também pelo fato de serem amostras de diferentes tipos de queijo, como frescal, minas padrão e de búfala, sendo que as amostras fazem parte do Programa de Monitoramento do Sistema de Inspeção Municipal.

A média do teor de proteínas variou de 14,10% a 21,04%. Castilho *et al.* (2019) reportaram teores de proteína entre 24,97% a 33,05%. A variação nos teores de proteína de queijo pode ocorrer por fatores ambientais, como a disponibilidade de energia e a alimentação, sendo os diferentes níveis e disponibilidade de nitrogênio como fator principal (CASTILHO *et al.*, 2019).

De acordo com a Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020, a necessidade de ingestão diária de proteína é de 50 g para uma dieta de 2000 kcal por dia. Sendo assim, a ingestão de uma fatia de 100 g das amostras analisadas supre cerca de 28,2% a 42,08% da necessidade diária de proteínas para um adulto.

O teor de gordura variou de 16,5% a 26,75%. Segundo a Instrução Normativa nº 66, de 21 de julho de 2020 (BRASIL, 2020) os queijos minas padrão se classificam como queijo semigordo ou gordo, sendo assim, as amostras C e D (minas padrão) estão dentro do padrão exigido por legislação, enquanto as amostras A e B (minas padrão) estão com o teor de gordura abaixo desse parâmetro, se classificando como queijo magro. De acordo com a Instrução Normativa nº 4, de 1 de março de 2004, o queijo minas frescal é definido como semigordo, sendo assim, as amostras F, G, H, I, J e K (minas frescal) são classificadas como queijo magro, estando fora do padrão exigido. O queijo de búfala (L) não possui legislação no Brasil.

Os teores de carboidratos variaram de 4,92% para a amostra K a 18,54% para a amostra D. Essa variação no teor de carboidratos pode ser explicada pelas diferenças no processo de fabricação, pelas diferenças nos tipos de queijo, maior a dessora, maior ou menor teor de umidade final, teor de sólidos na matéria-prima.

Em relação ao teor de extrato seco total, verificou-se que o queijo D (minas padrão), com 68,27% de extrato seco, foi o que apresentou maior teor, enquanto que o queijo K (minas frescal), com 46,96%, o com menor teor. Logo, o queijo D possui maior quantidade de nutrientes e menor teor de umidade entre todas as amostras.

Os resultados dos teores de sódio estão apresentados na Tabela 3. Os teores de sódio variaram de 290,12 mg a 1501 mg de sódio por 100g de amostra. Destaca-se que os teores de cinzas variaram de 2,92% a 5,21% (Tabela 2). Boa parte do conteúdo de cinzas do queijo vem das substâncias salinas e minerais do sal, ou seja, a quantidade de sal usada na salga do queijo influencia diretamente na quantidade de cinzas dele (GOMES, *et al.* 2015). Isso pode ser observado na Tabela 2 e Tabela 3, a amostra E possui o maior teor de cinzas e foi a que apresentou maior teor do mineral sódio.

Tabela 3 - Resultados médios dos teores de sódio das amostras de queijo analisadas coletadas no município de Paraopeba-MG

Amostras	Sódio (mg por 100 g)
A	658,89±110,20
B	538,55±52,90
C	759,76±66,90
D	290,12±19,50
E	1501,00±52,80
F	823,93±107,80
G	414,72±17,70
H	502,47±62,40
I	330,83±56,90
J	371,11±57,40
K	860,72±72,00
L	416,10±9,80

Fonte: Dos autores, 2023

Legenda: A-D: Minas Padrão; E-K: Minas Frescal; L: Búfala

A ingestão diária de sódio para um adulto considerando uma dieta de 2000 kcal·dia⁻¹ deve ser 2000 mg (BRASIL, 2020). Sendo assim, uma fatia de 100 g da amostra E (queijo minas frescal) representa 75,05% da ingestão diária recomendada, uma quantidade muito alta, visto que a dieta humana inclui uma grande variedade de alimentos que possuem sódio e que são consumidos diariamente. Segundo a Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020), os alimentos com um teor de sódio igual ou superior a 600 mg por 100 gramas são considerados como elevados em sódio e na sua maioria deverão receber a rotulagem frontal com lupa que indica que o produto é alto em sódio. Porém, o queijo é um dos alimentos vetados a essa declaração na rotulagem, não devendo receber tal lupa. Mas é importante destacar que muitos queijos são elevados em sódio, como pode ser observado neste estudo, onde as amostras A, C, E, F e K possuem mais de 600 mg por 100 gramas sendo considerados alto em sódio. O sódio, apesar de ser um nutriente essencial, sua ingestão em excesso pode causar doenças como hipertensão arterial, insuficiência cardíaca e renal crônica, além de doenças cerebrovasculares (DOS SANTOS, 2015).

Na Tabela 4, pode-se observar que o valor energético das amostras variou de 268,1 kcal a 357 kcal por cada 100 gramas de amostras. A Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020 recomenda a ingestão de 2000 kcal por dia para um adulto acima de 19 anos, sendo assim, uma fatia de 100 g das amostras de queijo representa cerca de 13,41% a 17,85 % da necessidade energética de um homem

adulto. Os valores energéticos das amostras são de suma importância para compor a informação nutricional dos queijos analisados.

Tabela 4 - Resultados do valor energético amostras de queijo analisadas coletadas no município de Paraopeba-MG

Amostras	Valor Energético (kcal por 100 g)
A	312,9
B	287,4
C	357,4
D	385,4
E	351,4
F	305,4
G	355,9
H	334,9
I	272,7
J	301,5
K	268,1
L	272,7

Fonte: Dos autores, 2023

Legenda: A-D: Minas Padrão; E-K: Minas Frescal; L: Búfala

Análises microbiológicas

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados das análises de pesquisa de microrganismos patogênicos nas amostras de queijo estudadas. De acordo com a Portaria nº 146 de 07 de março de 1996, os queijos devem ser ausentes de *Salmonella* sp.. Nesta pesquisa verificou-se que os queijos analisados estão dentro do padrão exigido pela legislação vigente para este patógeno. A *Salmonella* sp. é um patógeno que possui grande potencial de causar infecção alimentar, sendo que a presença dela classifica os queijos em impróprios para o consumo (DE SOUSA *et al.*, 2014).

Os parâmetros máximos de *Staphylococcus* coagulase positiva é 1.000 UFC.g⁻¹ (BRASIL, 2019). Na Tabela 5, pode-se observar que todas as amostras estão acima do permitido por legislação. A contagem alta de *Staphylococcus* coagulase positiva pode conferir riscos à saúde dos consumidores, representando evidências de falhas nas boas práticas de fabricação (DA SILVA *et al.*, 2016). A presença de espécies *Staphylococcus* coagulase positiva possuem alto potencial enterotoxigênico nas amostras, o que pode representar um possível risco de produção de enterotoxinas no produto final, possibilitando a ocorrência de intoxicação estafilocócica. Condições ideais de pH, temperatura, atividade de água,

disponibilidade de oxigênio e concentração de sódio favorecem essa contaminação. (BORGES, 2008). Sabioni, Hirooka e Souza (1988) relataram a intoxicação de uma família de quatro pessoas que consumiram queijo minas contaminado com *Staphylococcus Aureus*.

Tabela 5 - Resultado das análises microbiológicas das amostras de queijos analisadas coletadas no município de Paraopeba-MG

Amostras	Coliformes a 30 °C (NMP·g ⁻¹)	Coliformes a 45 °C (NMP·g ⁻¹)	<i>Staphylococcus</i> (UFC·g ⁻¹)	<i>Salmonella</i> sp.
A	>1100	>1100	1,5 x 10 ³	Ausência
B	>1100	23	1,1 x 10 ³	Ausência
C	>1100	>1100	1,4 x 10 ³	Ausência
D	>1100	>1100	1,26 x 10 ⁷	Ausência
E	>1100	>1100	4,7 x 10 ⁵	Ausência
F	>1100	>1100	7,95 x 10 ³	Ausência
G	>1100	>1100	> 1000	Ausência
H	>1100	>1100	5,58 x 10 ⁵	Ausência
I	>1100	>1100	1,9 x 10 ⁵	Ausência
J	>1100	>1100	1,21 x 10 ⁶	Ausência
K	>1100	>1100	7,95 x 10 ⁵	Ausência
L	>1100	>1100	4 x 10 ⁵	Ausência

Fonte: Dos autores, 2023

Legenda: A-D: Minas Padrão; E-K: Minas Frescal; L: Búfala

Todas as amostras apresentaram um valor >1100 NMP·g⁻¹ de coliformes a 30 °C e 45 °C, com exceção da amostra C que apresentou apenas 23 NMP·g⁻¹ de coliformes a 45 °C (Tabela 5). A grande quantidade de coliformes a 30°C no queijo pode provocar deterioração e indicar má condição de higiene no processo de fabricação, os coliformes a 45 °C pode indicar falhas de higiene na produção e manipulação do alimento, visto que esse grupo de bactérias se encontram no trato intestinal do ser humano (FERREIRA *et al.*, 2011).

Conclusão

Com base nos resultados obtidos, pode-se observar grande variação na composição entre os queijos analisados. Isso se deve à falta de uniformização do processo de fabricação dos queijos de mesma tipificação e também por ter queijos diferentes, como minas frescal, minas padrão e de búfala.

O teor de sódio das amostras foi muito elevado, sendo ideal uma melhor padronização e redução da adição de sal. Todos os queijos apresentaram alta atividade de água, o que propicia o crescimento bacteriano, sendo necessário adoção de boas práticas de fabricação para que isso não aconteça.

Os queijos não apresentaram contaminação por *Salmonella* sp., mas apresentaram altas contagens de *Staphylococcus* coagulase positiva e coliformes a 30 °C e coliformes a 45 °C, o que podem evidenciar falhas nas boas práticas de fabricação, condições higiênicas insatisfatórias durante o processo de produção, armazenamento e transporte. Outro fator que também pode ter influenciado a alta contagem de microrganismos é que todos os queijos apresentaram atividade de água superior a 0,9.

Fazem-se necessárias capacitações, adoção das boas práticas de fabricações com um programa de monitoramento constante para que os queijos fabricados sejam comercializados com garantia de qualidade para os consumidores. Em trabalhos futuros, faz-se necessário a realização de mais análises microbiológicas, como *E. coli*, fungos e leveduras.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de São João del-Rei pela disponibilização de estrutura física e de recursos humanos. Ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica. E à FAPEMIG, CNPQ, FINEP e MAPA pelo suporte financeiro.

Referências

ADAMS, M.R.; MOSS, M.O.O. **Microbiología de los alimentos**, Acribia, S.A., p. 44. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJO - ABIQ. Disponível em: https://www.abiq.com.br/noticias_ler.asp?codigo=2448&codigo_categoria=6&codigo_subcategoria=29. Acesso em 28 de setembro de 2022.

BE, H. I. M.; HERBERT, S. C. Caracterização físico-química e tecnológica de queijo colonial artesanal de leite cru da região de São Miguel do Oeste-SC durante a maturação. 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2007>>. Acesso em: 17 out. 2023.

BORGES, M. F. *et al.* Perfil de contaminação por *Staphylococcus* e suas enterotoxinas e monitorização das condições de higiene em uma linha de produção de queijo de coalho. **Ciência Rural**, v. 38, n. 5, p. 1431–1438, ago. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000500037>>. Acesso em: 17 out. 2023.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Guia Ilustrado. **Cartilha sobre Boas Práticas para Serviços de Alimentação**. 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/alimentos/manuais-guias-e-orientacoes/cartilha-boas-praticas-para-servicos-de-alimentacao.pdf/view>. Acesso em: 04 de maio de 2023

BRASIL. Instrução Normativa nº 66, de 21 de julho de 2020. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 jul. 2020. Disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-66-de-21-de-julho-de-2020-268265894>. Acesso em 17 de julho de 2023.

BRASIL. Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 out. 2020. Disponível em http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN+75_2020_.pdf/7d74fe2d-e187-4136-9fa2-36a8dcfc0f8f. Acesso em 17 de julho de 2023.

BRASIL. Instrução Normativa nº 4, de 1 de março de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 4 out. 2004. Disponível em <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=05/03/2004&jornal=1&pagina=5&totalArquivos=120>. Acesso em 17 de julho de 2023.

BRASIL. Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 mar. 1996. Disponível em <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=11/03/1996&jornal=1&pagina=25&totalArquivos=101>. Acesso em 17 de julho de 2023.

CARDINALI, F. *et al.* Microbiological, morpho-textural, and volatile characterization of Portuguese Queijo de Nisa PDO cheese. **Food Research International**, v. 162, p. 112011, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112011>>. Acesso em: 17 out. 2023.

CASTILHO, A. C. B.; STAFUSSA, A. P.; RODRIGUES, L. M.; RESSUTTE, J. B.; POZZA, M. S. dos S.; MADRONA, G. S. Queijos artesanais do Paraná: caracterização de sua composição centesimal / Artisan cheese from Paraná: characterization of its proximate composition. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 10, p. 21568–21579, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n10-306. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/4079>. Acesso em: 17 oct. 2023.

DA SILVA, F. *et al.* Qualidade microbiológica e físico-química de queijos coloniais com e sem inspeção, comercializados no sudoeste do Paraná. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 33, n. 2, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11677>>. Acesso em: 17 out. 2023.

DA SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2017, 535p.

DA SILVA, L. F. B.; BORTOLUCI, F.; VIVAN, A.C. P. Análise microbiológica de queijos tipo minas frescal oriundos de diferentes formas de produção. **Rev. Salusvita (Online)**, p. 329-343, 2019.

DE SOUSA, A. Z. B. *et al.* Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializado em estados do nordeste do Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, p. 30-35, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1808-16572014000100006>>. Acesso em: 17 out. 2023.

DIAS, B. F.; FERREIRA, S. M.; CARVALHO, V. S.; SOARES, D. S. B. Qualidade microbiológica e físico-química de queijo minas frescal artesanal e industrial. **Revista de agricultura neotropical**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 57–64, 2016. DOI: 10.32404/rean.v3i3.1211. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1211>>. Acesso em: 17 oct. 2023.

SANTOS, T. G. **Queijo minas padrão com reduzido teor de sódio**: composição e caracterização sensorial. 2015. 64 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1672>>. Acesso em: 17 oct. 2023.

FERREIRA, R. M. *et al.* Quantificação de coliformes totais e termotolerantes em queijo Minas Frescal artesanal. **Pubvet**, v. 5, p. Art. 1019-1026, 2011. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/2389>. Acesso em: 17 out. 2023.

GOMES, F. D. *et al.* Avaliação da composição química em queijo parmesão comercializado em paranavaí – paraná. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 70, n. 4, p. 185-191, dez. 2015. ISSN 2238-6416. Disponível em: <https://revistadoilct.com.br/rilct/article/view/410/375>. Acesso em: 15 mai. 2023.

HOU, M. A.; GRAZIA C.; MALORGIO, G. Food safety standards and international supply chain organization: a case study of the Moroccan fruit and vegetable exports. **Food Control**, v. 55, p. 190-199, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.023>>. Acesso em: 23 out. 2023.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

KAMINARIDES, S. *et al.* The effect of addition of skimmed milk on the characteristics of Myzithra cheeses. **Food Chemistry**: v. 180, p. 164-170, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.086>>. Acesso em: 23 out. 2023.

PARAOPEBA, 2017. Lei Ordinária 2856/2017. Disponível em: <https://www.paraopeba.mg.gov.br/detalhe-da-legislacao/info/lei-ordinaria-2856-2017/101>. Acesso em 04 de maio de 2023.

PERRY, K. P. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 293- 300, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000200020>>. Acesso em: 23 out. 2023.

PINTO, M. S. *et al.* Segurança alimentar do queijo minas artesanal do Serro, Minas Gerais, em função do doçao de boas práticas de fabricação. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 4, p. 342-347, 2009.

QUEIROGA, R.C.R.E. *et al.* Elaboração e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de queijo “tipo minas frescal” de leite de cabra condimentado. **Revista Ciência Agrônômica.**, v. 40, ed. 3, p. 363-372, jul-set 2009.

SABIONI, J. G.; HIROOKA, E. Y.; SOUZA, M. L. R. Intoxicação alimentar por queijo Minas contaminado com *Staphylococcus aureus*. **Revista de Saúde Pública**, v. 22, p. 458-461, 1988.

VIEIRA, K. P. *et al.* Contaminação de queijo Minas frescal por bactérias patogênicas: um risco à saúde. **Conscientiae Saúde**, v. 7, n. 2, p. 201-206, 2008.

ZOCCAL, R. *et al.* Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro. **Embrapa Gado de Leite-Anuário Leite**, 2018.

CAPÍTULO 5

Espectroscopia de infravermelho próximo como técnica inovadora para detecção da autenticidade de suplementos alimentares de creatina

Gabriel Rosário Santos*¹; Thinara de Freitas Oliveira²; Laoan Brito Oliveira Rodrigues²; Robério Rodrigues Silva³; Leandro Soares Santos³

Resumo

A creatina é frequentemente utilizada por praticantes de atividade física como suplemento ergogênico, aumentando estoques de energia e, conseqüentemente, gerando aumento de massa muscular, força e performance física. Alguns fabricantes fraudam este produto a fim de obter benefícios econômicos e, devido a isso, fazem-se necessárias técnicas rápidas e baratas para detecção de pureza. A espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) é uma técnica rápida e acessível, confiável, não invasiva, necessita de pouco ou nenhum pré-tratamento da amostra e não demanda o uso de reagentes. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a autenticidade de suplementos alimentares de creatina no Brasil utilizando espectroscopia de infravermelho próximo aliada a análise quimiométrica. Obtiveram-se vinte três amostras de creatina de diferentes marcas e lotes que foram submetidas a análise espectroscópica por meio do NIR e a análise estatística de Componentes Principais. Os resultados dos espectros apresentaram-se similares quanto ao tipo de bandas, diferindo apenas em algumas regiões, bem como na intensidade. Uma similaridade ocorreu em todas as amostras que contém o selo Creapure, indicando maior intensidade da presença dos grupos funcionais da creatina e, em contrapartida, a formação de picos em algumas regiões não ocorreu nas amostras que contém no rótulo a adição de maltodextrina, demonstrando que esses picos são indicadores da pureza das amostras. A análise de Componentes Principais apontou a formação de grupos compostos por amostras que se caracterizam pela semelhança espectral e por apresentarem selo Creapure (creatina pura) ou maltodextrina (creatina não pura) em sua composição, sendo observada, portanto, uma relação entre a composição das amostras com o espectro de cada uma delas. O método de NIR proposto neste trabalho mostrou-se capaz de avaliar a composição química geral das amostras de acordo com os grupos funcionais de seus respectivos componentes, indicando pureza ou adição de outro componente, como a maltodextrina.

Palavras-chave: Controle de qualidade. Fraude. NIR. Quimiometria.

¹ Graduando; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

² Pós-graduanda; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

³ Docente; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

* E-mail: 201610091@uesb.edu.br

Introdução

O ácido α -metil guanidino acético ($C_4H_9N_3O$) ou creatina se configura como amina nitrogenada baseado na sua estrutura molecular. Sua produção natural no ser humano ocorre nos rins, fígado e pâncreas a partir dos aminoácidos glicina, arginina e metionina (GUALANO, 2014). A ausência ou redução de creatina ocorre apenas em pessoas com distúrbios genéticos raros, mas podem levar a anormalidades devastadoras no desenvolvimento sem detecção e tratamento precoce. Na alimentação, é obtida pela ingestão de carnes e peixes e concentra seus estoques em 95 % no tecido muscular esquelético (WISS; KADDURAH-DAOUK, 2000).

A creatina é utilizada por atletas e praticantes de atividade física como suplemento ergogênico, aumentando estoques de energia em exercícios físicos e levantamentos de peso e conseqüentemente gerando aumento de massa muscular, força e performance física. Estima-se que pessoas não atletas devam consumir 1–2 g de pó de monohidrato de creatina por dia como parte de sua dieta, enquanto atletas em treinamento devem consumir com 5–10 g (METZGER *et al.*, 2023). Em equilíbrio, os estoques de creatina no corpo estão 60-80 % saturados, mas níveis mais altos de concentrações intramusculares de creatina podem ser obtidos por meio de suplementação. Esse suplemento é o mais consumido por atletas universitários nos Estados Unidos, com uso variando de 13 a 30%, dependendo do sexo e do esporte do atleta.

Os suplementos de creatina também aumentam o armazenamento de fosfocreatina nos músculos. A fosfocreatina envolve a construção de um novo ATP, uma molécula importante no fornecimento de energia às células (PEARSKY; BRAZEAU, 2001). A taxa de ressíntese de ATP usando um fosfato da fosfocreatina limita a capacidade do corpo de manter seu desempenho máximo. Portanto, os suplementos de creatina contribuem para a melhora do desempenho muscular porque aumentam os estoques da fosfocreatina e conseqüentemente o número de moléculas de ATP (BIRD, 2003).

Numerosos estudos afirmam que o uso da creatina por longos períodos é seguro, sendo ele o suplemento alimentar mais estudado dos últimos tempos (BUFORD *et al.*, 2007). Apesar desses estudos comprovarem sua segurança, a existência de contaminantes pode acarretar graves problemas de saúde em seus consumidores (FEIZI *et al.*, 2022). Testes em amostras de creatina foram realizadas a fim de detectar teor de contaminantes orgânicos e metais pesados em creatina (MORET; PREVARIN; TUBARO, 2011). E, em um estudo realizado por Feizi *et al.* (2022), detectou-se incompatibilidade de conteúdo e rótulo em suplementos de creatina.

A falta de fiscalização induz alguns fabricantes a fraudarem a fim de obter benefícios econômicos adicionando ingredientes de menor valor agregado com o objetivo de aumentar o

rendimento e conseqüentemente aumentar lucro. Os usos de materiais adulterantes não seguros podem causar efeitos colaterais adversos no consumidor. (BUFORD *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2020).

Os métodos usados para a quantificação da creatina empregados no controle de qualidade dos suplementos são mais complexos e caros, como agentes de pares iônicos (MURAKITA, 1988), colunas de troca iônica (WISEMAN *et al.*, 1992), eluição gradiente (WERNER, SCHNEIDER E EMMERT, 1990), Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção UV (FEIZI *et al.*, 2022). Devido ao grande uso desse suplemento em todo mundo e a utilização de métodos de controle de qualidade mais caros, como os citados anteriormente, faz-se necessário técnicas rápidas e baratas para detecção de pureza a fim de certificar a segurança dos consumidores. Uma potencial alternativa é a espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) que consiste na quantificação de compostos que contenham 20 grupos funcionais com hidrogênio ligado a carbono, nitrogênio e oxigênio. É uma técnica rápida e acessível, confiável, não invasiva, necessita de pouco ou nenhum pré-tratamento da amostra, não demanda reagentes sendo, portanto, uma alternativa de substituição de análises onerosas (PEREIRA *et al.*, 2022). Diante disto, o objetivo desse trabalho é avaliar a autenticidade de suplementos alimentares de creatina no Brasil utilizando espectroscopia de infravermelho próximo aliada a análise quimiométrica.

Material e Métodos

Vinte três amostras de creatina foram obtidas de diferentes marcas e lotes e doadas por consumidores que foram abordados em academias e outros locais, onde se requisitou a amostra explicitando o intuito do trabalho. Após coletadas, vinte amostras foram identificadas com a letra “A”. As três amostras utilizadas como referência de creatinas puras foram aquelas que continham em seu rótulo o selo de pureza Alemão Creapure e foram identificadas com a letra “C”.

Espectroscopia de Infravermelho Próximo

Foram realizadas análises espectroscópicas por meio do NIR, conforme metodologia definida por Lopes (2022), nas amostras comerciais de creatina. Os espectros foram coletados através de espectrômetro NIR (SpectraStar 2500XL, Unity Scientific, Brookfield, CT, EUA) equipado com uma lâmpada de halogênio de tungstênio como fonte de luz e um detector de arseneto de índio-gálio (InGaAs). Os sinais foram gerados no modo de refletância (%R) e transformados em absorbância usando $\log 1/R$. Cerca de 2 gramas das amostras foram colocadas no compartimento apropriado e foram realizadas a leitura na faixa de comprimento de onda de 1.100 a 2.500 nm, em intervalos de 1 nm. Cada espectro foi obtido como resultado médio de 64 varreduras com 1.400 pontos e foram consideradas

como variáveis as absorvâncias associadas aos comprimentos de onda que formaram picos. Durante a coleta dos dados, a temperatura do laboratório foi mantida em torno de 25 °C. O software Unity InfoStar V3.11.3 foi usado para configuração, controle e aquisição de dados do espectrômetro.

Análise estatística

Os dados obtidos da análise de espectroscopia de infravermelho próximo foram submetidos a Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando-se o programa estatístico Statistical Analysis System (SAS)[®] University Edition.

Análise de Componentes Principais

Os dados obtidos foram submetidos a Análise de Componentes Principais. A ACP foi realizada de acordo com Lima (2020), onde se organizou uma matriz $n \times p$ (linhas \times colunas), cujas linhas dessa matriz de dados correspondem a amostras comerciais de creatina, enquanto as colunas correspondem aos valores de número e comprimento de onda associado as máximas absorvâncias das bandas observadas nos espectros da creatina obtidos por NIR.

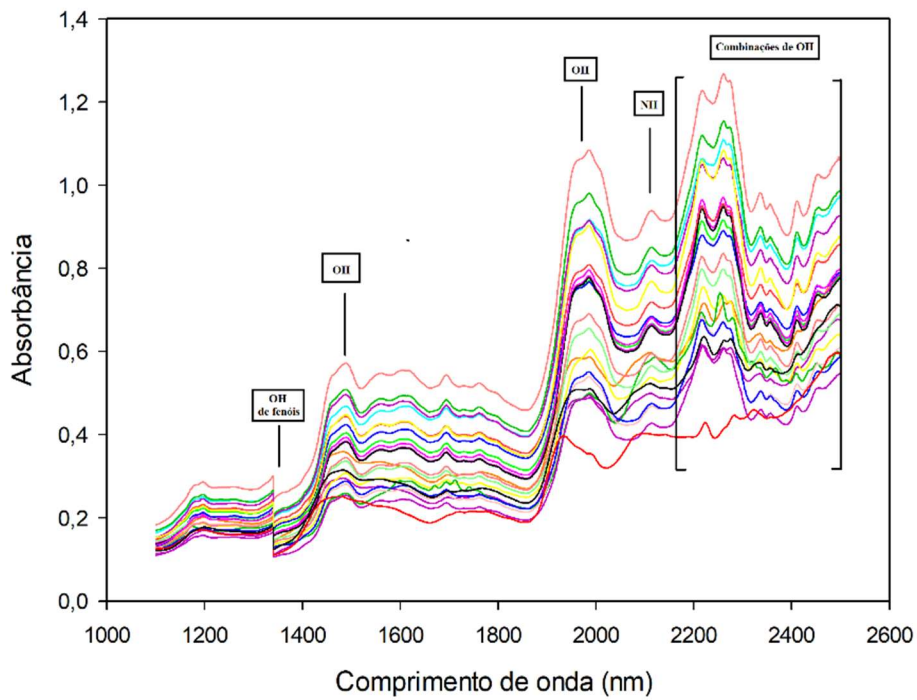
A ACP foi utilizada a fim de reduzir as dimensões das variáveis originais sem perda de informação, sendo que seu principal objetivo é reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados, preservando o máximo de informação. O número de componentes principais foi escolhido por meio da variância cumulativa, onde foram escolhidos os primeiros componentes, que acumularam percentual de variância superior a 70 % e um Eigenvalue (avalia a contribuição do fator ao modelo construído pela análise fatorial) maior que um. A identificação dos outliers foi realizada a partir das variáveis que apresentaram baixa correlação com os componentes principais de maior variância e correlação semelhante entre os componentes principais, sendo assim descartados (LOPES, 2022; LIMA, 2020).

Resultados e Discussão

Espectroscopia de Infravermelho Próximo (NIR)

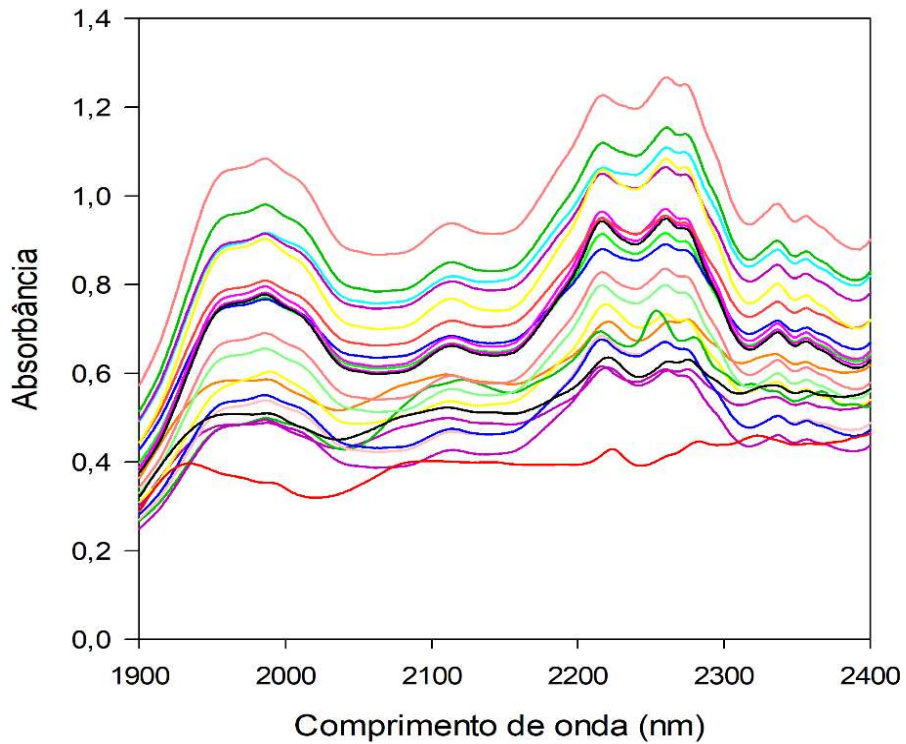
Os espectros de NIR das vinte e três amostras de creatina estudadas estão expostos na Figura 1.

Figura 1 - Espectro de absorvância do NIR das amostras de creatina



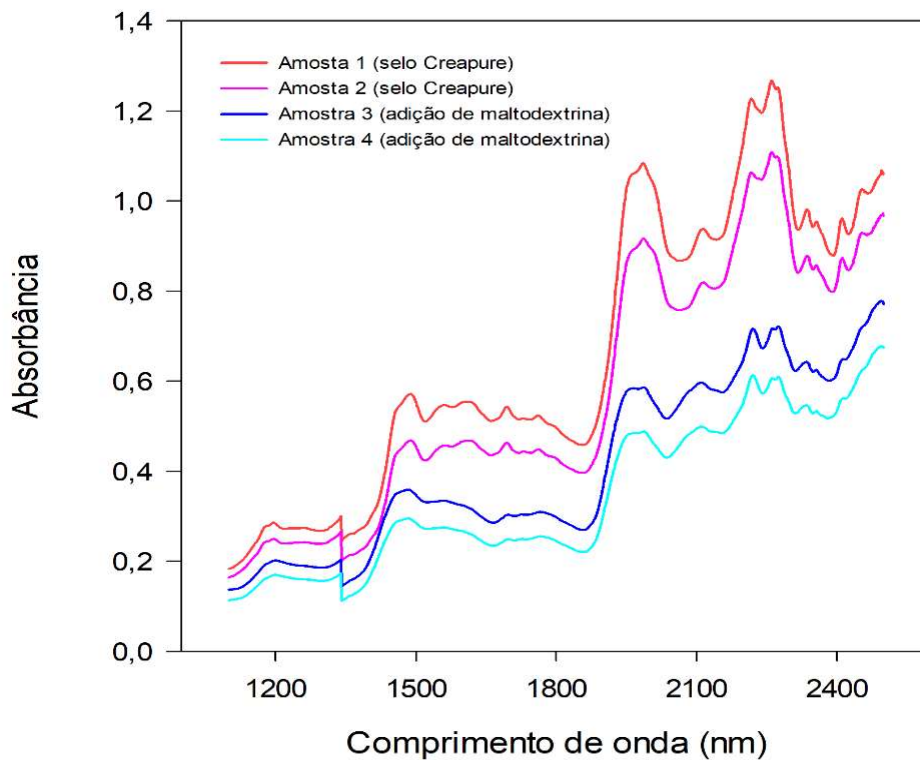
Fonte: Dos Autores, 2023

Figura 2 - Espectro de expansão na região de 1.900 a 2.400 nm



Fonte: Dos Autores, 2023

Figura 3 - Espectro completo das amostras 1, 3 e 4



Fonte: Dos Autores, 2023

De acordo com Skoong, Holler e Niemman (2009), as bandas de espectros no NIR são normalmente largas e apresentam frequentes sobreposições, sendo menos úteis para identificação de compostos (em relação a espectroscopia de infravermelho médio - MIR) e mais úteis para quantificação de compostos que contenham grupos funcionais com hidrogênio ligado a carbono, nitrogênio e oxigênio. Foi possível identificar 16 bandas com absorvâncias máximas no espectro NIR, essas bandas se distribuem por toda região espectral indicando diversidade de grupos funcionais. Essa diversidade é explicada devido as moléculas biológicas conterem diferentes tipos e combinações de grupos funcionais.

Os espectros apresentaram-se similares quanto ao tipo de bandas, diferindo em algumas regiões do espectro, como apresentado na Figura 2, bem como diferença em relação a intensidade das bandas espectrais. Esses comportamentos observados estão associados a estrutura molecular da creatina que apresenta a predominância das bandas dos grupos $-NH_2$, $-COOH$ e os modos vibracionais envolvendo as ligações com nitrogênio. As bandas referentes aos grupos $-CH_2$ e $-CH_3$ geralmente apresentam intensidades moderadas a fracas (SAKANE *et al.*, 2011). Segundo Mehrotra (2000), Chakravartula *et al.* (2019) e Ramos-Diaz, Rinnan e Jouppila (2019), na região de 1.450 e 1.940 nm são observadas as bandas de ressonância das ligações O-H relacionadas à água e carboidratos, entre 2.050 a 2.070 nm podem ser relacionados a presença de ligações N-H.

Cada tipo de ligação possui sua própria frequência natural de vibração, e como dois tipos idênticos de ligações em dois diferentes compostos estão em dois ambientes levemente diferentes, os padrões de absorção no infravermelho em duas moléculas de estruturas diferentes nunca serão exatamente idênticos. Apesar das frequências absorvidas nos dois casos poderem ser iguais, jamais os espectros infravermelhos de duas moléculas diferentes serão idênticos (PAVIA *et al.*, 2010).

Algumas variações de comportamento são observadas nas regiões entre 1.900 e 2.400 nm (Figura 2), onde se percebe a formação de bandas de absorbância em apenas algumas amostras e que são referentes a vibrações de amins e de combinações de OH (WORKMAN JUNIOR, 2000). Essa variação ocorreu em algumas amostras e também em todas que contém o selo Creapure, indicando maior intensidade da presença dos grupos funcionais da creatina e, em contrapartida, essa variação de picos não ocorreu nas amostras que contém no rótulo a adição de maltodextrina, demonstrando que esses picos são indicadores da pureza das amostras, sendo possível observar essa diferença apresentada na Figura 3.

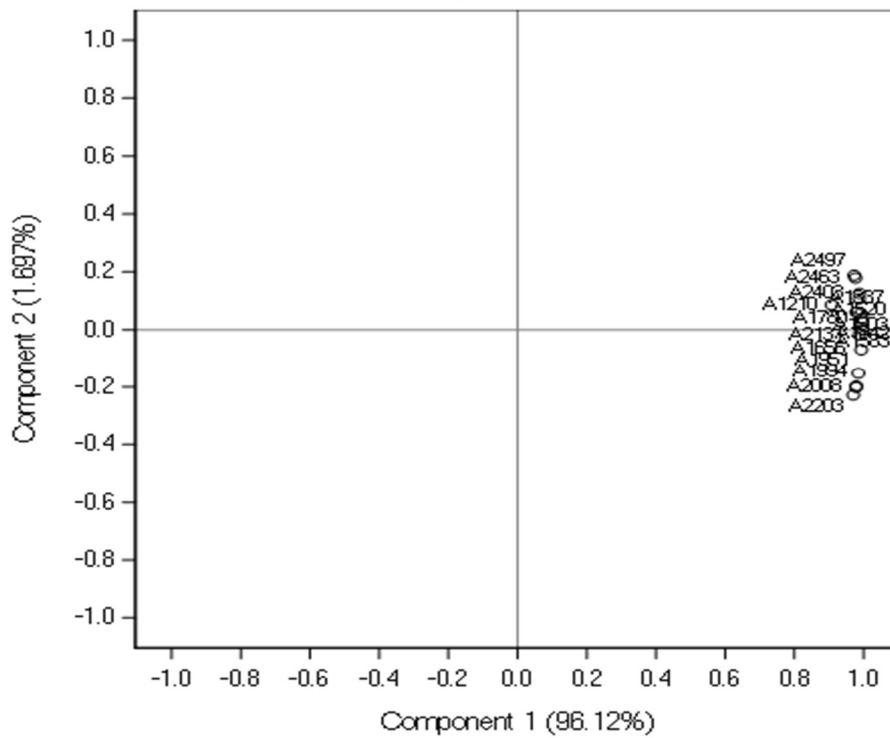
As amostras 3 e 4 (Figura 3), apresentaram um perfil bem diferente das demais, com variação na intensidade e também nas bandas espectrais, podendo associá-las a composição apresentada no rótulo do produto. Nessas amostras foi declarada a presença de maltodextrina no rótulo do suplemento, na concentração de 50%.

Análise de Componentes Principais

De acordo Hongyu, Sandanielo e Oliveira Júnior (2015), a técnica mais conhecida da Análise Multivariada é a Análise de Componentes Principais, que consiste em reduzir a dimensionalidade de um conjunto de dados, com menor perda possível de informações, transformando o conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis denominadas de componentes principais. Essa análise é utilizada para identificar as inter-relações entre as amostras e possíveis agrupamentos, selecionar os dados experimentais adequados para a construção do modelo e identificar e eliminar os outliers (PEREIRA *et al.*, 2022).

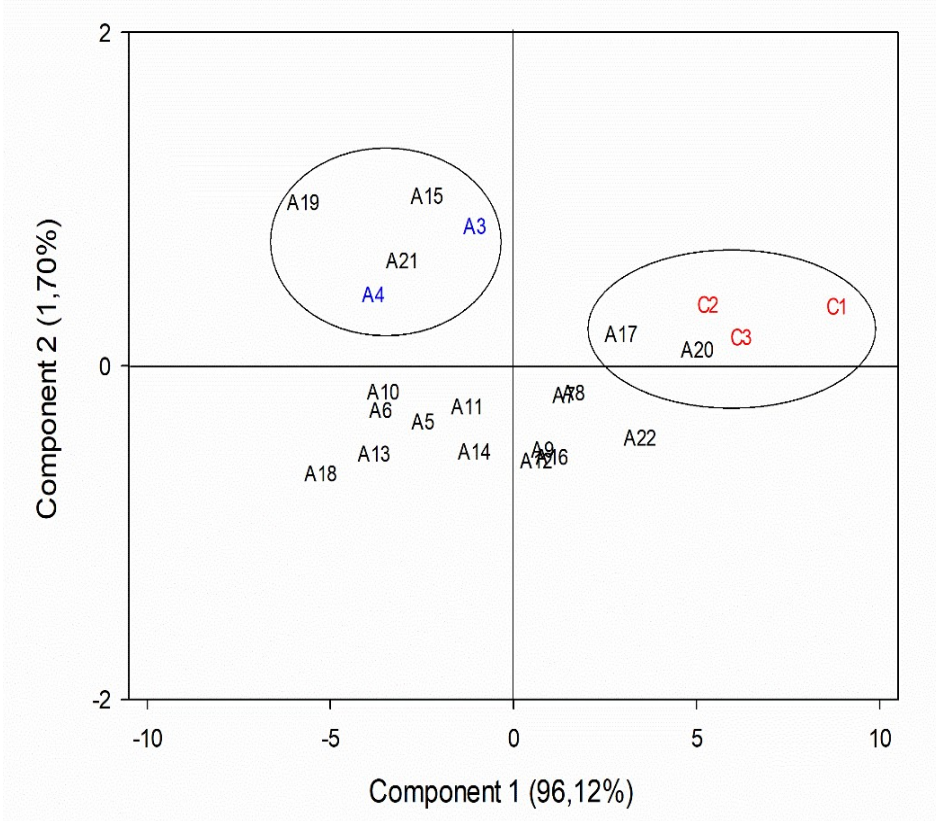
Baseado nisso, a fim de visualizar a dispersão das amostras de creatina com relação ao comportamento no espectro NIR foi realizada a Análise de Componentes Principais. A Figura 4 apresenta o gráfico de dispersão dos componentes principais 1 e 2 das variáveis e a Figura 5 apresenta o gráfico de dispersão das amostras, onde foram selecionadas as principais bandas do espectro, correspondente a 16 variáveis totais.

Figura 4 - Gráfico de dispersão dos Componentes Principais 1 e 2 das variáveis usando dados obtidos pelo NIR



Fonte: Dos Autores, 2023.

Figura 5 - Gráfico de dispersão das amostras de creatina usando dados obtidos pelo NIR

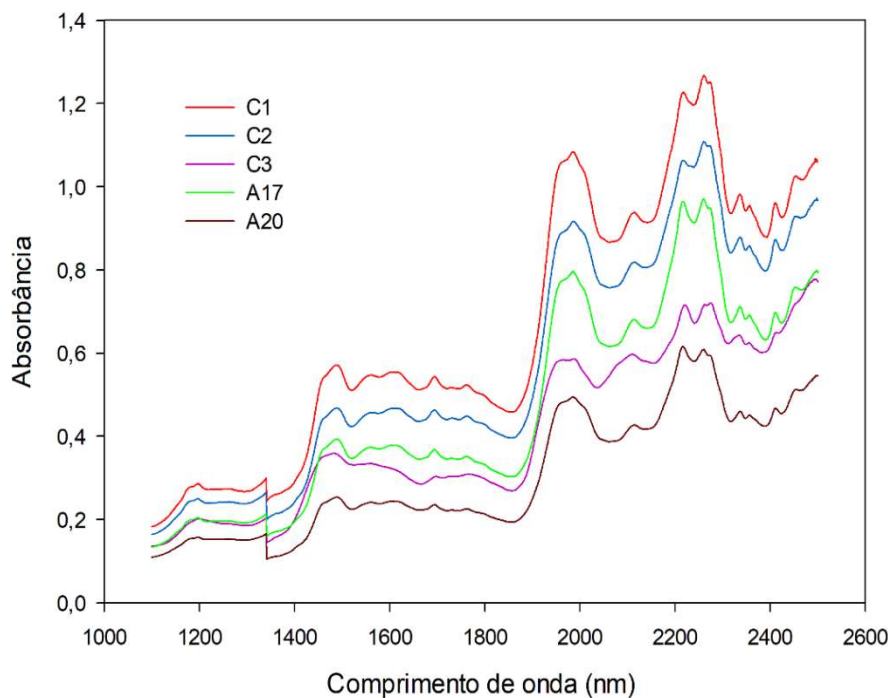


Fonte: Dos Autores, 2023.

Dois componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 97,82 % da variância total no conjunto de dados. A PC1 explicou 96,12 % da variabilidade dos dados, correlacionando-se positivamente e altamente com todas as bandas do espectro.

Como foi observado na Figura 3, as amostras de creatina pura apresentam maior absorção em todas as bandas espectrais do que as que contém maltodextrina em sua composição. Portanto, quanto maior o escore de uma amostra para PC1, maior será a probabilidade de ser uma creatina pura. A dispersão gráfica possibilitou verificar que as amostras C1, C2, C3 (que apresentam o selo de pureza Creapure) juntamente com A17 e A20, se agruparam no quadrante superior direito, apresentando alta correlação para PC1 e indicando que suas características são semelhantes. Essa semelhança também é verificada nos espectros de NIR dessas amostras, que apresentaram mesmo comportamento e picos, diferindo apenas nas intensidades das bandas, como apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Espectros das amostras de creatina C1, C2, C3, A17 e A20 obtidos por espectroscopia de infravermelho próximo (NIR)



Fonte: Dos Autores, 2023.

As amostras A4 e A3, que são adicionadas de maltodextrina, agruparam-se com outras três amostras, e ambas têm em comum os valores positivos de PC2 e negativos de PC1, reforçando a hipótese de que essas outras creatinas são adicionadas de algum outro componente, como observado nos espectros de absorção e agora na Análise de Componentes Principais.

A Análise de Componentes Principais apontou a formação de grupos compostos por amostras que se caracterizam pela semelhança espectral e por apresentarem selo Creapure (creatina pura) ou maltodextrina (creatina não pura) em sua composição, sendo observada, portanto, uma relação entre a composição das amostras com o espectro de cada uma delas.

Conclusão

A detecção de incompatibilidade de conteúdo e rótulo em alguns suplementos de creatina envolvidos neste estudo é problemática e destaca a urgente necessidade de fortalecer o sistema de controle de qualidade desse produto, uma vez que suplementos esportivos geralmente são alvos de adulteração. Não há regulamentação oficial para confirmação da quantidade rotulada de suplementos alimentares, portanto o método de NIR proposto neste trabalho mostrou-se uma ferramenta que permitiu avaliar a composição química geral das amostras de acordo com os grupos funcionais de seus respectivos componentes, indicando pureza ou adição de outro componente, como a maltodextrina.

Os resultados desta pesquisa indicam a possibilidade de uso das tecnologias de espectroscopia no infravermelho associada a quimiometria como forma de predizer a composição da creatina de forma confiável, sem a necessidade de realização de análises que demandam tempo, reagentes e trabalho onerosos, com rapidez e segurança. Além disso, torna-se possível verificar a autenticidade de suplementos de creatina sem a necessidade de realização das análises de bancada.

Referências

BIRD, S. P. Creatine supplementation and exercise performance: a brief review. **Journal of sports science and medicine**, v. 2, n. 4, p. 123-132, 2003. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/261257672_Creatine_Supplementation_and_Exercise_Performance_A_Brief_Review>. Acesso em: 30 maio 2023.

BUFORD, T. W. *et al.* International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. **Journal of the International Society Sports Nutrition**, v. 4, p. 6, 2007. Disponível em:<<https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-6>>. Acesso em: 26 maio 2023.

CHAKRAVARTULA, S. S. *et al.* Evaluation of drying of edible coating on bread using NIR spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, v. 240, p. 29–37, 2019. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/326257128_Evaluation_of_drying_of_edible_coating_on_bread_using_NIR_spectroscopy>. Acesso em: 03 jun 2023.

FEIZI, A. *et al.* Control of the quality of creatine sports supplements using a validated LC method with UV detection. **Talanta Open**, v. 6, p. 100157, 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666831922000741>>. Acesso em: 25 maio 2023.

GUALANO, B. **Suplementação de creatina: efeitos ergogênicos, terapêuticos e adversos**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2014, 172p.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, G. J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 1, n. 5, p. 83–90, 2015.

LIMA, A. B. S. *et al.* Fast quantitative detection of black pepper and cumin adulterations by near-infrared spectroscopy and multivariate modeling. **Food Control**, v. 107, p. 106802, 2020. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713519303913>>. Acesso em: 25 maio 2023.

LOPES, J. *et al.* Application of spectroscopic techniques and chemometric methods to differentiate between true cinnamon and false cinnamon. **Food Chemistry**, v. 368, p. 130746, 2022. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814621017520>>. Acesso 02 jun 2023.

METZGER A. J. *et al.* Creatine supplementation in the pediatric and adolescent athlete-- A literature review. **Journal of Orthopaedics**, v. 38, p. 73-78, 2023. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0972978X2300065X>>. Acesso em:15 jun 2023.

MEHROTRA, R. Infrared Spectroscopy, Gas Chromatography/Infrared in Food Analysis. **Encyclopedia of Analytical Chemistry**, p. 1–18, 2006. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/229681087_Infrared_Spectroscopy_Gas_ChromatographyInfrared_in_Food_Analysis>. Acesso em: 01 jun 2023.

MORET, S; PREVARIN, A; TUBARO, F. Levels of creatine, organic contaminants and heavy metals in creatine dietary supplements. **Food Chemistry**, v. 126, n. 3, p. 1232-1238, 2011. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814610016377>>. Acesso: 01 jun 2023.

MURAKITA, H. Simultaneous determination of creatine and creatinine in serum by high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications**, v. 431, p. 471-473, 1998. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378434700831217>>. Acesso: 05 jun 2023.

PAVIA, D. L. *et al.* **Introdução à Espectroscopia**. 4. ed. São Paulo: Norte-Americana, 2010, 733p.

PEREIRA, S. N. G. *et al.* Non-destructive detection of soybean oil addition in babassu oil by MIR spectroscopy and chemometrics. **Lwt**, v. 154, p. 112857, 2022. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821020107>>. Acesso em: 30 maio 2023.

PERSKY, A. M.; BRAZEAU, G. A. Clinical pharmacology of the dietary supplement creatine monohydrate. **Pharmacological reviews**, v. 53, n. 2, p. 161-176, 2001.

RAMOS-DIAZ, J. M.; RINNAN, Å.; JOUPPILA, K. Application of NIR imaging to the study of expanded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa. **Lwt**, v. 102, p. 8–14, 2019.

SAKANE, K. K. *et al.* 2011. Espectros infravermelhos da creatina. **Revista Univap**, 17(29), 145–156. Disponível em:<<https://doi.org/10.18066/revunivap.v17i29.21>>. Acesso: 05 jun 2023.

SKOONG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMMAN. **Princípios de Análise Instrumental**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009, 1056p.

WERNER, G; SCHNEIDER, V; EMMERT, J. Simultaneous determination of creatine, uric acid and creatinine by high-performance liquid chromatography with direct serum injection and multi-wavelength detection. **Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications**, v. 525, p. 265 – 275, 1990. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378434700834039> >. Acesso: 05 jun 2023.

CAPÍTULO 6

Determinação de cobre em cachaças artesanais comercializadas no município de Itapetinga - Bahia

Ícaro Bastos Silva¹; Israel Teixeira Neto^{2*}

Resumo

A cachaça, símbolo cultural brasileiro, é uma bebida alcoólica tradicional com raízes coloniais. Ela desempenha um papel importante na história, economia e identidade do país. Com mais de 4969 marcas registradas, é considerada a bebida nacional do Brasil. Objetivou-se com o presente estudo avaliar o grau alcoólico, pH e teor de cobre de cachaças artesanais comercializadas no município de Itapetinga – Bahia. Foram obtidas 13 amostras do destilado de diferentes produtores em diferentes estabelecimentos que são comercializadas no município. As análises de grau alcoólico e pH foram realizadas conforme metodologias recomendadas seguindo o manual de métodos físico-químicos para análise de alimentos do instituto Adolfo Lutz. O grau alcoólico foi analisado pelo método de picnometria. Para grau alcoólico, duas amostras apresentaram teor acima dos limites estabelecidos pela legislação, não possuindo atributo para serem designadas como cachaça mas sim como aguardente, e uma amostra abaixo dos limites mínimos não sendo designada como cachaça nem aguardente. Para análise de pH foi utilizado um pHmetro digital. As cachaças apresentaram pH ácido variando entre 3,81 a 5,45, os limites para esse parâmetro não são estabelecidos na legislação. Para teor de cobre, foi realizado pelo método instrumental de espectrofotometria UV-Vis, utilizando uma reação de complexação com hidróxido de amônio, os valores das amostras variaram entre 0,44 a 1,31 mg·L⁻¹, e encontram-se dentro do limite estabelecido pela legislação Brasileira vigente de até 5 mg·L⁻¹. Os resultados obtidos demonstram através da investigação com relação às amostras relacionadas que, as cachaças comercializadas e analisadas no município atendem a legislação Brasileira vigente, produzindo em sua maior amostragem um destilado de qualidade. É importante ressaltar que se tenha controle durante todo o processo produtivo nos equipamentos para que se evite a contaminação com o produto final e que fique dentro de todos os limites exigidos pela legislação Brasileira.

Palavras-chave: Destilado. Espectrofotometria UV-Vis. Legislação.

¹ Graduando em Engenharia de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil.

² Graduando em Engenharia de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil.

*Email: itneto88@gmail.com

Introdução

Segundo o Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, cachaça é definida como a denominação típica e exclusiva da aguardente de “cana-de-açúcar” produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38 a 48% v/v a 20 °C obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g·L⁻¹, expressos em sacarose (MAPA, 2005).

A diferença entre a cachaça industrial e artesanal está no processo de destilação por batelada e em alambiques de cobre (MELO, 2021). A cachaça artesanal é, geralmente, produzida em alambiques de cobre, o qual confere melhor qualidade ao produto quando comparado aos alambiques confeccionados com outros materiais, como aço inox; porém, podem contaminar o produto quando o manejo da produção é inadequado (NASCIMENTO *et al.*, 1998).

A presença de altos teores de cobre na cachaça é um problema preocupante no Brasil. O cobre é um elemento essencial no processo de destilação da cachaça, uma vez que atua como catalisador na remoção de substâncias indesejáveis durante a fermentação e destilação. No entanto, quando os níveis de cobre excedem os limites permitidos, isso pode representar riscos à saúde humana. A legislação brasileira preconiza um limite máximo de cobre de 5,0 mg·L⁻¹ dentre outros parâmetros que definem os padrões de qualidade da cachaça (MAPA, 2005).

As principais causas do alto teor de cobre na cachaça estão relacionadas à falta de controle e monitoramento adequados durante o processo de produção. A qualidade do cobre utilizado nos equipamentos de destilação, bem como a manutenção e limpeza desses equipamentos, desempenham um papel fundamental na contaminação da bebida. Além disso, o uso de utensílios de cobre durante o processo de fermentação também pode contribuir para o aumento dos níveis de cobre na cachaça (ROCHA *et al.*, 2019).

O excesso de cobre no corpo pode desencadear problemas para o funcionamento das atividades metabólicas do corpo como síntese de proteínas e enzimas. O cobre em excesso pode causar intoxicação e danos ao sistema nervoso, fígado e rins (VILA NOVA *et al.*, 2017). Desse modo, é notório que o consumo de forma excessiva e indireta desse metal pode causar desenvolvimento de doenças e problemas agudos e crônicos na saúde das pessoas.

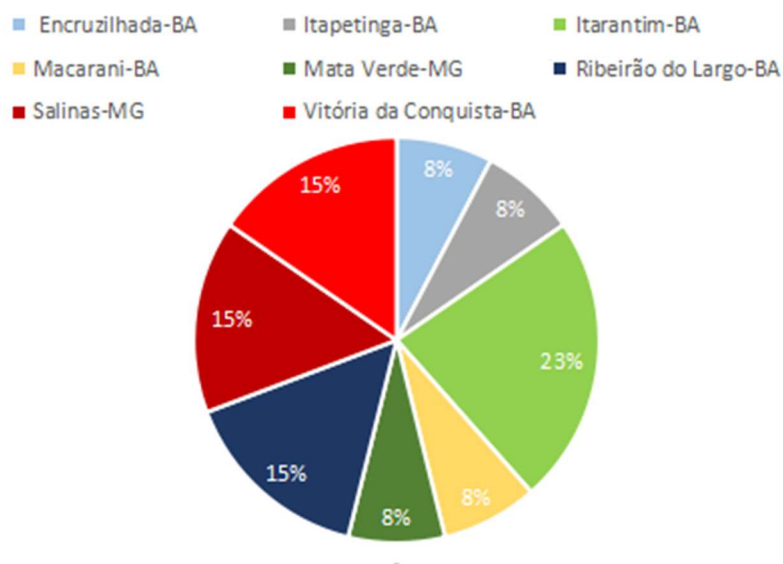
Dessa maneira, o objetivo desse trabalho é identificar e quantificar alguns parâmetros químicos como acidez total, grau alcoólico e principalmente os níveis de cobre presente nas cachaças artesanais que são oferecidas a população de Itapetinga-BA, comparando com os dados que preconiza na legislação. Através destas análises, compreender a qualidade do destilado que é oferecido no município.

Material e métodos

Coleta das amostras

Foram realizadas coletas de treze amostras de cachaças artesanais de diferentes produtores comercializadas no município de Itapetinga-BA, sendo cedidas por estabelecimentos locais. As cachaças foram descaracterizadas e codificadas como cachaça artesanal (CA) e uma cachaça registrada (CI) a fim de manter o sigilo dos produtores e estabelecimentos. Destaca-se que todas as amostras, exceto CI, foram destiladas em alambique de cobre, informação cedida pelos respectivos estabelecimentos. A Figura 1 descreve a localização das cachaças artesanais que são comercializadas no município de Itapetinga.

Figura 1 - Localização das Amostras coletadas para as análises propostas.



Fonte: Dos autores, 2023.

Determinação do Teor alcoólico

Para a determinação do teor de etanol em todas as amostras foi seguido a metodologia descrita nas Normas do Instituto Adolfo Lutz (2008) utilizando um picnômetro, e a graduação alcoólica foi obtida utilizando a tabela de conversão de densidade relativa 20°C/20°C.

Para determinação da densidade foi utilizada a expressão:

$$D_{20} = \frac{P_{am} - P_p}{(P_{H_2O} - P_p)} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde: Pam = peso do picnômetro com amostra de densidade desconhecida.

P_p = peso do picnômetro vazio.

P_{H_2O} = peso do picnômetro com água a 20°C com densidade conhecida.

Utilizou-se um picnômetro de vidro de 25 mL limpo e seco para realização das análises. A partir do cálculo de densidade realizado com o picnômetro, foi determinado o grau alcoólico expresso em (% v/v) utilizando a tabela de conversão recomendado pelo Adolfo Lutz.

Determinação do pH

Foi determinado o pH por potenciometria, conforme metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). O pH foi determinado utilizando um pHmetro digital, devidamente calibrado. As medições foram realizadas em duplicatas e submetidas a leitura direta em béqueres de 100 mL contendo 50 mL das amostras.

Determinação de Cobre por UV- Visível

O método utilizado para determinação do cobre das amostras de cachaças foi o espectrofotométrico no ultravioleta visível, com o equipamento Espectrofotômetro UV-visível BEL PHOTONICS SP 2000.

Preparo da solução e curva padrão de Cobre

O Preparo da solução padrão de cobre utilizou o reagente Sulfato de Cobre II Pentahidratado ($CuSO_{4.5}H_2O$) – PM: $249,69 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ da ACS Científica para preparar a solução estoque de Cu^{2+} . Foi pesada uma quantidade do reagente em um béquer de 50 mL, que seria necessária para preparar uma solução estoque de cobre de $1000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Logo em seguida, foi adicionado ao béquer contendo Cu^{2+} , um volume de 20 mL de água destilada, onde o material pesado foi dissolvido com auxílio de um bastão de vidro. Posteriormente, essa solução já preparada foi transferida para um balão de 500 mL, onde seu volume foi completado com água destilada até a marca de aferição. A curva analítica foi preparada a partir da solução estoque de cobre $1000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em sete balões volumétricos de 100 mL variando a concentração de cobre entre 1,00 e $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, conforme a Figura 2. Posteriormente, com o auxílio de uma pipeta foi adicionado 5,0 mL da solução de hidróxido de amônio (NH_4OH 35% v/v) para formação do Íon complexo tetraamincobre (II) $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$.

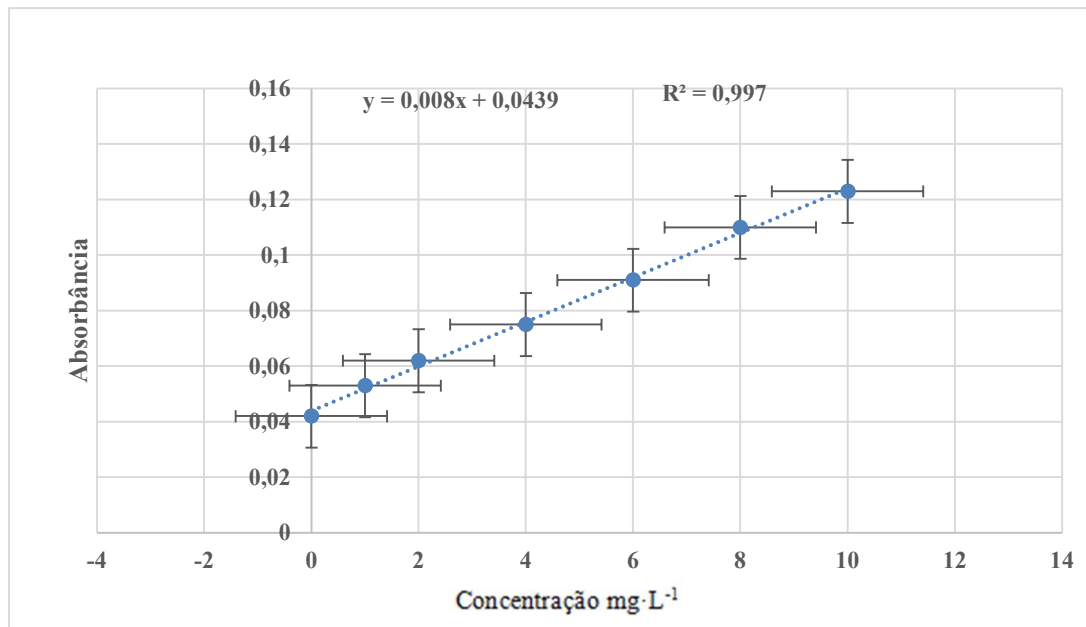
Figura 2 - Soluções com diferentes concentrações de Cu (II).



Fonte: Dos autores, 2023.

A curva analítica é fundamental na análise quantitativa de substâncias em uma amostra. Ela fornece uma relação direta entre a resposta analítica e a concentração do cobre durante a análise, permitindo determinar concentrações desconhecidas com base em medidas experimentais. A Figura 3 descreve a curva analítica que relaciona a concentração de cobre e a absorbância. Possui um R^2 de 0,9994, o que demonstra uma resposta linear.

Figura 3 - Curva padrão de cobre: relação de concentração e absorbância.



Fonte: Dos autores, 2023.

Determinação de cobre nas amostras de cachaça

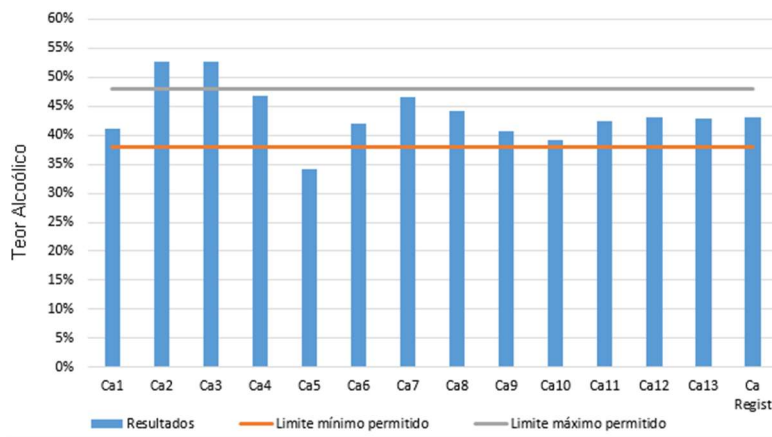
A metodologia utilizada foi espectrometria UV-Visível. Para análises das amostras tomou-se uma alíquota de 5,0 mL da amostra de cachaça, adicionou-se 5,0 mL de (NH₄OH 35% v/v) ajustando-se o volume para 100 mL em balão volumétrico. Em seguida foi retirada uma alíquota das amostras em cubetas de vidro e realizadas as leituras em triplicatas no espectrofotômetro. Segundo Amaral (2020), o melhor comprimento de onda para absorção foi de 610nm. Os resultados foram correlacionados a equação da reta $y = 0,008x + 0,0439$ e expressos em miligrama por litro.

Resultados e Discussão

Teor alcoólico

Segundo a Portaria nº 539 do MAPA, de 26 de dezembro de 2022, Cachaça é a denominação típica e exclusiva da Aguardente de Cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% vol (trinta e oito por cento em volume) a 48% vol (quarenta e oito por cento em volume) a 20°C. De acordo com a Figura 4, os resultados variaram entre 34,1 a 52,7% de teor alcoólico.

Figura 4 - Teor alcoólico nas amostras de cachaça em comparação aos limites máximo e mínimo estipulados.



Fonte: Dos autores, 2023.

A amostra Ca5 com 34,1% de teor alcoólico encontra-se fora da legislação, apresentando um valor menor do que o valor mínimo permitido. Com isto, essa amostra não poderia ser comercializada com a identidade designada para cachaça ou aguardente. Vários motivos podem ter influenciado, tais como a volatilização do etanol presente quando submetido a armazenamento em um ambiente inadequado, destilação incorreta e até mesmo fraude. De acordo com Miranda *et al* (2008) a temperatura

ambiente é um fator que irá influenciar no grau alcoólico da bebida com a formação de outros compostos como ésteres, aldeídos e ácidos voláteis, pois temperaturas muito altas podem acelerar o processo fermentativo aumentando a taxa de produção de tais compostos. Um estudo realizado por Borges (2012), na Bahia, relatou também valores de teor alcoólico fora do padrão descrito na legislação variando entre 37,06 e 46,4%. (LIMA *et al.* 2014) relatou em seu trabalho que 22,7% das cachaças ficaram abaixo do teor mínimo, valores semelhantes também foram observados por (MASSOM *et al.* 2012) com cerca de 23,68% das amostras analisadas no Sudeste. Resultados abaixo do mínimo previsto podem ter relação com práticas de longa espera do mosto antes da destilação. Esse procedimento provoca perdas de álcool por evaporação.

As amostras de cachaça artesanal Ca2 e Ca3, ambas com 52,7%, se encontram fora da legislação apresentando um valor maior do que o máximo permitido o que representa cerca de 15,38% das amostras, não possuindo características para ser denominada como cachaça segundo o regulamento do MAPA, e sim aguardente que possui o limite máximo de 54% de graduação alcoólica. Não obstante, valores fora do padrão também foram registrados por Volpe (2013) com 33% das amostras extrapolando o limite máximo permitido. Essas amostras que apresentaram alto teor alcoólico podem ser explicadas por alguns motivos como destilação sendo conduzida em uma temperatura inapropriada ou até mesmo falta de conhecimento do alambiqueiro. É sugerido que os produtores sejam treinados e instruídos para executar os procedimentos de maneira coerente, seguidos as Boas Práticas e Fabricação para que se evite erros de corte para produção de uma cachaça de qualidade seguindo as normas descritas na Portaria Nº539/2022 do MAPA.

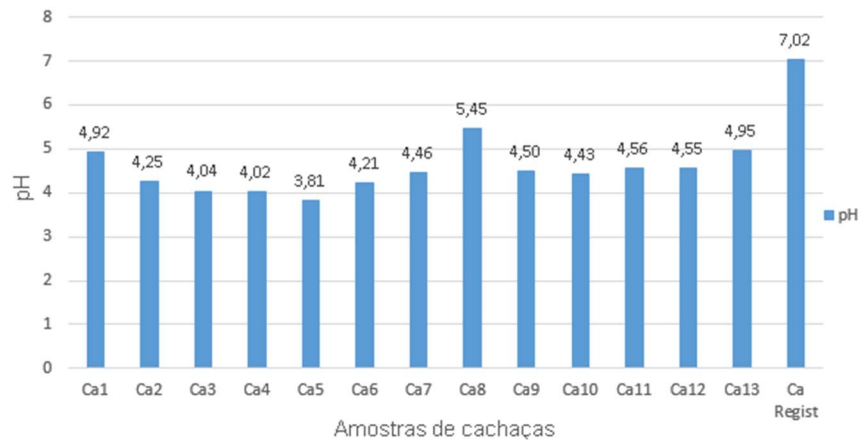
Durante o processo de destilação, a quantidade de água arrastada juntamente com o álcool pode variar dependendo da temperatura utilizada. Temperaturas mais altas tendem a resultar em uma maior quantidade de água arrastada, o que pode levar a um teor alcoólico mais baixo na cachaça final. No entanto, caso haja a necessidade de ajustar o teor alcoólico para se adequar à legislação, é possível corrigi-lo adicionando água potável. Essa adição de água é feita de forma controlada e calculada para garantir que o teor alcoólico da cachaça esteja dentro dos limites permitidos pela regulamentação. Assim, a temperatura ambiente pode indiretamente influenciar, a depender do seu valor, o teor alcoólico da cachaça por meio da quantidade de água arrastada durante a destilação, e a adição de água potável é uma prática comum para corrigir o teor alcoólico quando necessário.

Determinação de pH

Os resultados obtidos para o pH das amostras de cachaças analisadas estão descritas na Figura 5. Os valores obtidos variaram entre 3,81 a 5,45 para as cachaças artesanais e 7,02 para a cachaça

registrada. Possuindo um valor médio para cachaças artesanais de 4,47, que quando comparado com a cachaça registrada pelo MAPA obteve uma média bem inferior à encontrada nas gôndolas dos supermercados.

Figura 5 - pH das amostras de cachaça avaliadas.



Fonte: Dos autores, 2023.

Os resultados observados apresentaram variação semelhante aos encontrados por Borges (2012) com estudos realizados em cachaças no estado da Bahia, que obteve valores de pH entre 4 e 5, 3. Silva (2021) também relatou valores semelhantes ao encontrado no presente trabalho, com valores de pH entre 3,21 a 4,50. Sobre o pH, a Portaria N° 539/2022 do MAPA não estabelece limites máximos ou mínimos para a cachaça.

Os valores de pH indicados na Figura 5 podem indicar que as cachaças artesanais podem possuir o pH de acordo com período de envelhecimento diferentes, reações de oxidação de álcoois e aldeídos produzindo ácidos orgânicos comuns na cachaça como o ácido acético, o ácido láctico, o ácido succínico e o ácido málico, o que diminui o pH. Tempo e temperatura de fermentação também podem acarretar na diminuição do pH, deixando-o mais ácido (GAMA, 2022). Baixos valores de pH em cachaças artesanais podem ser relacionados a períodos maiores de armazenamento, uma vez que os compostos voláteis presentes degradam-se causando uma redução no pH da bebida segundo Oliveira (2016). Em um estudo realizado por Reis et al. (2020), que avaliou a composição química de diferentes cachaças artesanais, foi observado que os ácidos orgânicos contribuíram para a acidez total e para a redução do pH das amostras analisadas. Além dos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação, outros fatores podem influenciar o pH da cachaça artesanal. Por exemplo, o uso de água com pH mais baixo no processo de produção pode contribuir para um pH mais ácido na bebida final (Manfroi et al., 2016).

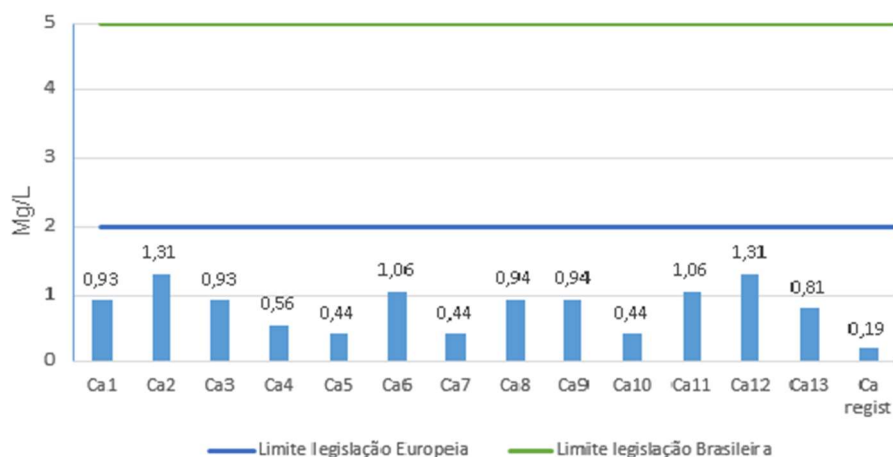
A cachaça registrada apresentou um valor de pH de 7,02, muito acima dos valores encontrados nas cachaças artesanais. O que sustenta a teoria de que um alto valor de pH está relacionado à prática de destilação por coluna, que, diferentemente dos alambiques de cobre, não possui contato direto com

metais que possam ocasionar uma contaminação do produto. Um estudo realizado por Oliveira *et al.* (2016) comparou diferentes tipos de cachaça e observou que a cachaça destilada em coluna apresentou valores de pH mais elevados em comparação com a cachaça destilada em alambique de cobre. Esse resultado pode ser atribuído a uma menor presença de ácidos orgânicos na cachaça destilada em coluna, devido ao processo de destilação em larga escala e à remoção seletiva de compostos indesejados.

Determinação de Cobre

Os resultados obtidos para os teores de cobre nas amostras analisadas são apresentados na Figura 6 em comparação com as legislações de referencia.

Figura 6 - Teor de Cobre nas amostras de cachaça em comparação aos limites permite pela legislação brasileira e europeia.



Fonte: Dos autores, 2023.

Os resultados para teores de cobre encontrados nas amostras analisadas variaram entre 0,19 a 1,31 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. A legislação Brasileira impõe um limite máximo de até 5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, os resultados mostram que 100% das amostras analisadas atendem o limite máximo descrito na portaria N° 539/2022. Resultados semelhantes foram obtidos por Borges (2012) estudando teores de cobre nas cachaças do Estado da Bahia, onde 93,3% das amostras analisadas obtiveram concentrações de cobre abaixo do limite máximo da legislação brasileira. Alencar (2021) também relatou em seu trabalho no Estado do Ceará, que 80% das cachaças artesanais analisadas obtiveram valores que se encaixam dentro das normas exigidas pelo Brasil para teores de cobre.

A legislação da União Europeia determina o máximo de 2 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para teores de cobre presente nas cachaças. Sendo estabelecido para garantir a segurança e a qualidade dos produtos destilados, protegendo a saúde dos consumidores. De acordo com os resultados obtidos descritos na Figura 6, todas

as amostras possuem critérios para serem exportadas para a Europa, avaliando apenas o requerimento teor de cobre.

A presença deste metal em excesso na cachaça pode ser prejudicial à saúde humana. Embora o cobre seja essencial para o funcionamento adequado do organismo em pequenas quantidades, o consumo excessivo de pode causar efeitos adversos à saúde, como intoxicação aguda ou crônica. A exposição prolongada em níveis elevados pode levar a danos hepáticos, renais e neurológicos.

A média obtida para concentrações presentes nas amostras das cachaças artesanais foi de 0,86 mg·L⁻¹. Esse resultado reflete nas boas práticas de fabricação sendo aplicados pelos alambiqueiros para limpeza dos destiladores. Os alambiques de cobre são utilizados devido às suas propriedades catalíticas, auxiliando na remoção de compostos indesejáveis durante a destilação. O contato do líquido com o cobre ajuda a eliminar impurezas, além de contribuir para a formação de compostos aromáticos desejáveis, um estudo realizado por Ferreira *et al.* (2014) avaliou a influência do cobre no perfil aromático da cachaça, os resultados demonstraram que a presença de cobre no alambique favoreceu a formação de compostos voláteis associados a aromas frutados e florais, contribuindo para a complexidade aromática e qualidade sensorial da cachaça.

Na cachaça registrada comercializada nos estabelecimentos do município foi encontrado um valor para concentração de cobre de 0,19 mg·L⁻¹. Essa quantidade baixa do metal obtido através da análise pode ser devida a uma boa higienização durante os procedimentos da fabricação da cachaça como indica uma bebida comercializada de boa qualidade. Segundo Volpe (2013), é recomendável encher o alambique com água nos períodos de parada entre as destilações, para evitar oxidação do cobre, além de realizar a sanitização dos alambiques após o término da produção diária.

Conclusão

Os resultados obtidos demonstram através das amostras relacionadas que as cachaças comercializadas no município atendem à legislação Brasileira vigente com relação aos parâmetros analisados. É importante ressaltar que se tenha controle durante todo o processo produtivo nos equipamentos para que se evite a contaminação com o produto final e que fique dentro de todos os limites exigidos pela legislação brasileira, levando em consideração ainda outros parâmetros de qualidade como acidez volátil, ésteres totais, compostos fenólicos totais, entre outros parâmetros descritos na Portaria N° 539/2022 do MAPA.

Referências

- ALENCAR, M. S. **Estudo comparativo do teor de contaminantes em cachaças artesanais e industriais produzidas no Ceará**. 2021. TCC. Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, 2021.
- BORGES, C. A. **Avaliação da qualidade de cachaças do estado da Bahia**. 2012. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, 2012.
- BRASIL. Portaria nº 539, 26 de dezembro de 2022. Estabelece os Padrões de identidade e Qualidade da aguardente de cana e da cachaça. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, Distrito Federal, 27 dez. 2022.
- FERREIRA, T. F., *et al.* Influence of copper on the volatile composition of sugar cane spirits during aging in oak barrels. **Journal of Food Science**, v.79, n.5, p. C869- C876, 2014.
- GAMA, E. M. Caracterização físico-química da cachaça artesanal comercializada no mercado municipal de Coronel Murta-MG. **Revista Científica Multidisciplinar**. v.3, n.2, 2022.
- INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 13, de 29 de junho de 2005. Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 29 jun. 2005.
- LIMA, V. G. *et al.* Ocorrência de carbamato de etila em cachaças de alambique e em aguardentes industriais. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, p. 467- 474, 2014.
- LUTZ, Instituto Adolfo. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: ANVISA, 2008.
- MANFROI, V. *et al.* pH and acidity of sugarcane spirit (cachaça): relationship with production variables. **Journal of the Institute of Brewing**, 122(4), 633-638. 2016.
- MASSON, J. *et al.* Determination of acrolein, ethanol, volatile acidity, and copper in different samples of sugarcane spirits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 3, p. 568- 572, jul.-set. 2012.
- MELO, T. S. *et al.* Processo de produção da aguardente e cachaça: Uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.10, out. 2021.
- MIRANDA, M. B. *et al.* Perfil físico-químico de aguardente durante envelhecimento em tonéis de carvalho. **Food Science and Technology**. 2008, v. 28, n. suppl, pp. 84-89.
- NASCIMENTO, R. F. *et al.* Influência do material do alambique na composição química das aguardentes de cana-de-açúcar. **Química Nova**, 21(6) (1998).
- OLIVEIRA, L. S. *et al.* Comparison of the volatile and non-volatile composition of cachaças produced in different Brazilian states. **Food Chemistry**, 194, 1212- 1223.2016.
- REIS, R. V. *et al.* Chemical characterization and sensory analysis of artisanal cachaça produced in the northern region of Espírito Santo, Brazil. **Food Science and Technology**, 40(4), 799-807. 2020.

ROCHA, A. A. *et al.* Copper content in cachaça: implications for human health. **Food Chemistry**, 275, 131-137. 2019.

SILVA, L. A. **Determinação dos teores de cobre em cachaças produzidas no Espírito Santo**. 2021. TCC (Graduação) – Curso de Química Industrial, Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha, 2021.

VILA NOVA, M. F. G. *et al.* Evaluation of copper content in cachaça samples from Brazil. **Food Chemistry**, 232, 173-177. 2017.

VOLPE, T. C. *et al.* **Avaliação das características físico-químicas da cachaça industrial e artesanal comercializadas no centro norte paranaense**. 2013. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

CAPÍTULO 7

Caracterização físico-química e química de coloríficos comercializados em Guanambi-BA

Joane Cistina Costa Pereira*¹; Mateus Barbosa Silva¹; Amália Michelle Gomes Costa²

Resumo

Os aditivos alimentares são substâncias adicionadas aos alimentos, sem a função de nutrir, com o objetivo de melhorar aspectos sensoriais, físicos, químicos e biológicos. Dentre eles estão os corantes, sejam artificiais ou naturais. Um dos corantes naturais com grande potencial é o extrato de urucum, que pode ser encontrado como extrato oleoso ou como especiarias, como exemplo o colorífico. O colorífico é um produto bastante utilizado na culinária brasileira, especialmente no Norte e Nordeste, podendo ser encontrado industrializado e não industrializado. Apesar de ser um produto muito comercializado, não há na legislação uma regulamentação de identidade e qualidade do produto, podendo haver problemas quanto a padronização. O objetivo do trabalho foi caracterizar quanto aos parâmetros físico-químicos e químicos os coloríficos comercializados na cidade de Guanambi-BA. Os parâmetros analisados foram: pH, solubilidade, determinação de lipídios, umidade, cinzas totais, teor de bixina e teor de cloreto de sódio. Foram analisadas dez amostras divididas entre industrializadas (I1, I2, I3, I4, I5) e não industrializadas (NI1, NI2, NI3, NI4, NI5). Os coloríficos que foram analisados apresentaram resultados com grande variação entre as amostras em todas as análises, exceto pH, que não houve diferença significativa. Em cloreto de sódio, apenas a amostra B apresentou diferença significativa. Os resultados mostram que há uma diferença na proporção dos ingredientes na produção, e possível diferença na qualidade e manipulação das sementes. Conclui-se que a falta de padronização e requisitos de identidade e qualidade dos coloríficos é um problema para os consumidores. Por fim, faz-se necessário intervenção pelos órgãos públicos para regulamentação do colorífico, assim como disseminação do conhecimento acerca dos parâmetros para reconhecimento de identidade e qualidade do produto.

Palavras-Chave: Corantes. Industrializados. Urucum.

¹ Mestrandos em Engenharia e Ciência de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

² Docente do Curso Superior de Tecnologia em Agroindústria; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano.

*E-mail: joanecosta28@gmail.com

Introdução

Os aditivos alimentares são substâncias adicionadas aos alimentos com o objetivo de melhorar aspectos sensoriais, químicos, biológicos e tecnológicos, sem necessariamente nutrir (BRASIL, 1997). Um dos aditivos de maior utilização pela indústria é o corante, seja ele natural ou artificial. Os corantes alimentícios são importantes porque a cor dos alimentos está relacionada com o interesse, apetite, aceitação e preferência do consumidor (NASCIMENTO; PRATO, 2016). Essas substâncias são regulamentadas no Brasil pela resolução n° 04, de 24 de novembro de 1988, e para corantes, a tabela no anexo III dispõe sobre quais e em qual quantidade podem ser utilizados (BRASIL, 1988).

Segundo Veras *et al.* (2021), os aditivos podem resultar em reações de hipersensibilidade no organismo do indivíduo, por consequência de alterações excessivas provocadas pelo sistema imunológico, e os principais causadores, apontados pelos autores do trabalho, foram os corantes artificiais.

O consumidor está cada dia mais preocupado com alimentação saudável, sustentável e segura, provocando o interesse de diversos acadêmicos em pesquisas que apontem soluções para essa problemática. Dessa forma, os estudos referentes a possíveis substitutos aos corantes artificiais estão se ampliando. Uma das opções recorrentes é o corante natural de urucum, que tem baixo custo de produção e pouca toxicidade, representando assim uma alternativa viável para substituição dos sintéticos (FABRI; TERAMOTO, 2015). A crescente substituição já vem sendo notada a alguns anos, e o extrato de urucum já está sendo usado em balas, confeites, queijos, salsicha, manteiga e biscoitos (QUEIROZ; NABESHIMA, 2014).

Além dos corantes utilizados industrialmente, a maior parte das sementes de urucum produzidas no Brasil, são utilizadas na produção de uma especiaria, chamada colorífico (DEMCZUK JR; RIBANI, 2015). O colorífico, é definido pela resolução n° 12 de 24 de julho de 1978, criada pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, como produto obtido através da mistura de farinha de milho ou de mandioca com urucum em pó ou extrato oleoso de urucum, podendo haver a adição, ou não, de sal (BRASIL, 1978). O pó de urucum é bastante utilizado nas regiões Norte e Nordeste do país, e proporciona a cor laranja avermelhada a alguns pratos, como exemplo, produtos cárneos, sopas, risotos, farofas, entre outros (TOCCHINI; MERCADANTE, 2001).

No município de Guanambi-BA, o pó de urucum, também conhecido como colorau ou corante, é facilmente encontrado na feira livre e nos supermercados atacadista e varejista, onde encontra-se diferentes marcas do produto industrializado. Sendo assim, é possível que haja diferenças significativas entre as categorias de comercialização, já que não há um padrão estabelecido para produção e identidade deste produto.

Nesse caso, objetivou-se caracterizar quanto às propriedades físico-químicas e químicas os pós de urucum comercializados no município de Guanambi-BA. Com as análises é possível comparar os resultados entre os industrializados e não industrializados, como também com os padrões de qualidade estabelecidos por outras pesquisas e/ou legislação, e assim determinar a qualidade do colorífico que é comercializado na região de Guanambi.

Material e Métodos

Obtenção das amostras

A obtenção das amostras foi realizada no município de Guanambi-BA, em de outubro de 2021, na cidade os coloríficos são comercializados em supermercados, mercearias ou na feira livre. As amostras foram divididas entre industrializadas: obtidas em supermercado atacadista e supermercado varejista da cidade, e não industrializadas: obtidas na feira livre da cidade. Após a coleta e até término das análises, as amostras foram refrigeradas a temperatura de 10°C.

As amostras foram codificadas como: industrializadas (I1, I2, I3, I4, I5) e não industrializadas (NI1, NI2, NI3, NI4, NI5).

Métodos de análises

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os coloríficos foram analisados quanto a: pH, solubilidade, determinação de lipídios, umidade, cinzas totais, teor de bixina e teor de cloreto de sódio. As análises foram efetuadas no Laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Guanambi, de novembro de 2021 a janeiro de 2022. Todas as análises, exceto a de solubilidade, foram realizadas de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), com adaptações. A solubilidade foi obtida conforme a metodologia utilizada nos trabalhos de Silva *et al.* (2021) e Souza (2015).

pH

As análises de pH foram realizadas com o uso do pHmetro. Para medição as amostras foram pesadas com aproximadamente 10 g e em seguida dissolvidas em 100 mL de água destilada. As soluções foram colocadas sobre agitação por 10 minutos antes da medição.

Solubilidade

Foi utilizado 1,0 g de amostra em um becker com 100 mL de água destilada e agitou-se por 1 minuto. Após a agitação a amostra foi filtrada, e o material retido no filtro foi submetido à secagem em estufa a 105 °C, até peso constante (aproximadamente 24 h). Encontrou-se a solubilidade (%Sol) calculando a razão entre a massa da amostra remanescente no filtro após a secagem e a massa inicial da amostra, expresso em g por 100 g de amostra seca, usando a Equação 1.

$$\%Sol = \frac{100 \times Ar}{P} \quad (\text{Eq. 1})$$

sendo Ar o peso em gramas da amostra remanescente no filtro e P o peso da amostra inicial.

Lipídios

A determinação de lipídios foi realizada pela metodologia de extração com solvente a quente, para isso pesou-se de 3 a 4 gramas das amostras, pesadas em papel filtro e acondicionadas em cartucho para serem inseridos no extrator. A extração foi feita utilizando o solvente hexano, em aquecimento gradual em bloco até 120 °C, média de 5 horas. Após esse período os reatores, vidraria em que o lipídio extraído ficou acondicionado, foram levados para estufa a 65° C, por 12 horas, para evaporação completa do reagente. Em seguida foram resfriados no dessecador até a temperatura ambiente, para posteriormente serem pesados. Para cálculo dos lipídios totais (%LT) utilizou-se a Equação 2.

$$\%LT = \frac{100 \times PL}{P_i} \quad (\text{Eq. 2})$$

sendo que PL é o peso dos lipídios (Peso final, reboiler + lipídios, - peso inicial do reboiler) e P_i corresponde ao peso da amostra inicial.

Umidade

Foi pesado aproximadamente 2 gramas das amostras em cadinhos de porcelana, previamente secos em estufa a 100 °C por 1 hora e pesados. Após realização da pesagem das amostras, os cadinhos foram levados para estufa, a 105 °C para secagem até peso constante. Em seguida, levou-se para dessecador para resfriar para logo após serem pesados. O cálculo do teor de umidade (% U) foi feito utilizando a Equação 3 apresentada abaixo:

$$\%U = \frac{100 \times Pu}{P} \quad (\text{Eq. 3})$$

sendo Pu o peso da massa de água perdida, e P o peso da amostra inicial.

Cinzas

Pesou-se 2 g da amostra em cadinhos de porcelana previamente secos e pesados, após a pesagem as amostras foram colocadas em mufla a 550 °C, até coloração branca ou levemente acinzentada. Para resfriar, as amostras foram depositadas em dessecador, para então, quando frias, serem pesadas novamente. Para determinação de cinzas (%Cnz) foi feito o cálculo utilizando a Equação 4 apresentada abaixo:

$$\%Cnz = \frac{100xC}{P} \quad (\text{Eq. 4})$$

sendo C peso em gramas das cinzas e P o peso inicial da amostra.

Teor de bixina

Pesou-se aproximadamente 0,153 g de amostra, que foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL com auxílio de clorofórmio e completado o volume com o mesmo. Transferiu-se 10 mL desta solução para outro balão volumétrico de 100 mL e novamente completou-se o volume com clorofórmio. Ajustou-se o zero do espectrofotômetro, em unidades de absorbância, a 470 nm, utilizando clorofórmio como branco e cubetas de 1 cm. Para determinar o teor de bixina (%Bix) foi utilizada a Equação 5 apresentada abaixo:

$$\%Bix = \frac{Ax50x100}{Px5xC} \quad (\text{Eq. 5})$$

sendo A a absorbância da amostra, P a massa em gramas da amostra e C coeficiente da absorvidade em 470 nm (2826).

Cloreto de sódio

A determinação de cloreto de sódio foi dividida em três etapas: preparo da amostra, preparo das soluções de NaCl e nitrato de prata e titulação de precipitação.

As amostras foram pesadas em aproximadamente 3 gramas em cadinhos, que foram colocados em mufla, a 500 °C por 6 horas. Após esse período, as cinzas das amostras foram dissolvidas em água destilada morna, transferidas para balão de 100 mL e o volume foi completado com água destilada.

A padronização da solução de nitrato de prata foi realizada através da titulação com solução padrão de cloreto de sódio 0,1 mol/L, utilizando cromato de potássio 0,0141 N como indicador. O ponto de equivalência foi identificado com a formação do precipitado de cor avermelhada, característica do cromato de prata.

Na titulação a solução nitrato de prata 0,1 mol/L foi utilizada como titulante, e as amostras como titulado. O indicador utilizado foi o cromato de potássio, e o ponto de viragem foi identificado pela formação do precipitado com coloração vermelho tijolo.

Para cálculo do teor de cloreto de sódio (%NaCl), foi utilizada a Equação 6 demonstrada abaixo:

$$\%NaCl = \frac{VxFcx0,1x0,0582x100}{P} \quad (\text{Eq. 6})$$

sendo V a quantidade de volume gasto na titulação, Fc o fator de correção da solução de nitrato de prata utilizada e P o peso em gramas da amostra.

Análise estatística

Os dados obtidos nas análises realizadas foram avaliados estatisticamente utilizando o software estatístico R, apresentando média e desvio-padrão (MIRANDA *et al.*, 2017). O banco de dados com as variáveis avaliadas foi elaborado com o auxílio da ferramenta Microsoft Excel 2019. Em seguida, os resultados foram tratados utilizando-se a análise de variância (ANOVA), seguido de teste de Tukey, onde foram consideradas diferenças significativas de $p < 0,05$ (SANTOS, 2016).

Também foi realizado teste de correlação linear de Person, utilizando o software estatístico R, que foi utilizado para avaliar o grau de relação entre algumas das variáveis. As variáveis que tiveram a relação analisada foram lipídios e bixina, e cloreto de sódio e cinzas.

Resultados e discussão

Os resultados para análises químicas de lipídios, umidade, cinzas e bixina apresentaram variação em todas as amostras (Tabela 1).

Quanto a umidade, todos os coloríficos, exceto NI4 e NI5, apresentaram resultados iguais a amostra I3. Os valores variaram entre 3,92 e 8,6 %. Ferreira (2011) encontrou resultados entre 6,2 e 12,48 %, já Santos (2016) obteve resultados entre 6,88 e 11,4 %. A determinação de umidade é uma análise com muita importância e de grande utilização na caracterização de diversos alimentos, pois esse parâmetro se relaciona com qualidade, composição e segurança dos produtos alimentícios (STOREL JÚNIOR, 2003).

A umidade é um aspecto relacionado com a qualidade do colorífico, isso se deve ao fato de que esse parâmetro tem relação com o controle dos microrganismos, e conseqüentemente com a vida útil do produto, assim a segurança do produto para o consumidor (BURTON *et al.*, 2019). Além disso, se relaciona também a aceleração de diversas reações enzimáticas de deterioração (NASCIMENTO *et al.*, 2018).

Tabela 1 - Análises químicas de lipídios, umidade, cinzas e bixina de coloríficos industrializados e a granel comercializados em Guanambi-BA

Amostra	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Teor de bixina(%)
I1	8,26 ± 0,02 ^a	2,55 ± 0,5 ^{b, c}	7,13 ± 3,13 ^{b, c}	0,70 ± 0,51 ^{a, b, c}
I2	5,94 ± 0,28 ^{a, b, c}	35,79 ± 0,59 ^a	6,02 ± 0,76 ^{b, c}	0,31 ± 0,06 ^c
I3	8,6 ± 0,28 ^a	0,20 ± 0,03 ^e	2,49 ± 0,34 ^c	0,42 ± 0,16 ^{b, c}
I4	8,19 ± 1,47 ^a	2,15 ± 0,23 ^{b, c}	10,86 ± 1,18 ^{a, b}	0,36 ± 0,08 ^{b, c}
I5	7,96 ± 0,23 ^a	0,74 ± 0,06 ^{d, e}	5,87 ± 0,13 ^{b, c}	0,19 ± 0,03 ^c
NI1	7,56 ± 0,75 ^{a, b}	2,61 ± 0,22 ^b	13,32 ± 4,77 ^{a, b}	0,77 ± 0,09 ^{a, b, c}
NI2	7,89 ± 0,14 ^a	0,50 ± 0,13 ^{d, e}	11,43 ± 0,75 ^{a, b}	1,12 ± 0,03 ^{a, b, c}
NI3	7,74 ± 0,18 ^a	0,57 ± 0,00 ^{d, e}	11,95 ± 0,65 ^{a, b}	1,33 ± 0,05 ^{a, b}
NI4	3,92 ± 0,01 ^c	2,42 ± 0,07 ^{b, c}	8,39 ± 0,90 ^{a, b, c}	0,71 ± 0,03 ^{a, b, c}
NI5	4,91 ± 1,44 ^{b, c}	1,55 ± 0,42 ^{c, d}	14,98 ± 1,10 ^a	1,52 ± 0,58 ^a
Média	7,10	4,91	9,24	0,74
Máximo	8,26	35,79	14,98	1,52
Mínimo	3,92	0,20	2,49	0,19

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: I: Industrializadas; NI: Não industrializadas.

Nota: Letras minúsculas comparam médias na vertical. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade (P>0,05) pelo teste de Tukey.

O resultado para cinzas teve uma discrepância de uma amostra específica para as demais, enquanto a média dos coloríficos varia de 0,2 a 2,61 %, a amostra I2, uma amostra industrializada, obteve 35,79 % de cinzas. Podendo ser resultado de alguma impureza na farinha utilizada no processamento, ou, como no trabalho de Souza *et al.* (2014), que os maiores valores de cinzas dos coloríficos foram resultado do acréscimo de cloreto de sódio.

No geral, exceto a amostra I2, todas as amostras industrializadas e não industrializadas, apresentaram variação, mostrando que a falta de padronização na produção acontece nos dois casos. O teor de cinzas de um alimento pode ser definido como resíduo inorgânico restante após a incineração da matéria orgânica (MOREIRA *et al.*, 2021). Para Cosmo e Galeriani (2017) a determinação de cinzas em alimentos é uma importante análise, pois possibilita identificar presença de impurezas, como areia em farinhas. Sendo assim também pode identificar impurezas em coloríficos, já que o mesmo é produzido com a utilização desse produto.

Na análise de lipídios os resultados foram bastante divergentes, com valores indo de 2,49 a 14,98%, sendo que as amostras industrializadas apresentaram os menores teores de gordura, com exceção da I4. As amostras obtidas na feira livre apresentaram pouca variação, com todas ultrapassando 8 % de lipídios, já as amostras de marcas comerciais chegaram no máximo de 10,86%. A bixina,

componente responsável pela coloração avermelhada do pó de urucum, é lipossolúvel, nesse contexto, uma melhor extração desse composto utiliza maior quantidade de lipídios, resultando em um produto mais gorduroso e com coloração mais intensa.

A análise de lipídios é importante para determinação de qualidade dos coloríficos, pois essa especiaria facilmente sofre por oxidação lipídica. Alguns problemas da oxidação lipídica é a alteração sensorial que os produtos sofrem, como no aroma, sabor e cor. A rancidez oxidativa ocorre em ácidos graxos insaturados, comuns em óleos vegetais, e ao oxidarem foram novos compostos, como aldeídos, cetonas, ácidos, álcoois e hidrocarbonetos (SOARES *et al.*, 2012). Sendo assim, a qualidade dos coloríficos não industrializados pode ser comprometida em menor período do que os industrializados.

Outros parâmetros avaliados para caracterizar os coloríficos foram: pH, solubilidade e teor de cloreto de sódio. Os resultados para as análises citadas estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos e químicos pH, solubilidade em água e cloreto de sódio

Amostra	pH	Solubilidade em água (%)	Cloreto de Sódio (%)
I1	5,91 ± 0,11 ^a	16,55 ± 0,01 ^c	0,14 ± 0,04 ^b
I2	5,64 ± 0,02 ^a	37,91 ± 1,01 ^a	3,28 ± 0,11 ^a
I3	5,30 ± 0,21 ^a	9,94 ± 1,82 ^d	0,12 ± 0,01 ^b
I4	5,57 ± 0,27 ^a	14,27 ± 2,34 ^{c,d}	0,20 ± 0,04 ^b
I5	6,12 ± 0,25 ^a	9,72 ± 1,13 ^d	0,16 ± 0,01 ^b
NI1	5,70 ± 0,45 ^a	14,43 ± 2,91 ^{c,d}	0,19 ± 0,01 ^b
NI2	5,46 ± 0,01 ^a	8,78 ± 0,03 ^d	0,13 ± 0,01 ^b
NI3	5,41 ± 0,03 ^a	8,50 ± 1,01 ^d	0,16 ± 0,01 ^b
NI4	6,08 ± 0,03 ^a	17,21 ± 2,06 ^c	0,25 ± 0,01 ^b
NI5	5,48 ± 0,21 ^a	24,98 ± 1,06 ^b	0,27 ± 0,07 ^b
Média	5,67	16,23	0,49
Máximo	6,12	37,91	3,28
Mínimo	5,30	8,50	0,12

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: I: Industrializadas; NI: Não industrializadas.

Nota: Letras minúsculas comparam médias na vertical. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey.

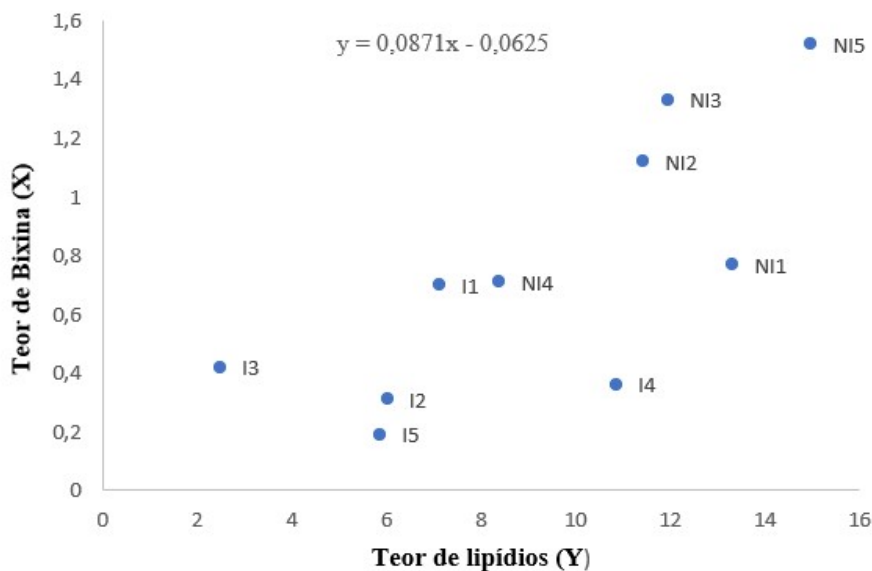
Os resultados obtidos para o teor de bixina dos corantes variaram de 0,19 a 1,52 %, sendo que assim como em lipídios, as amostras obtidas na feira livre obtiveram resultados superiores as das amostras industrializadas. Os teores de bixina das amostras não industrializadas foram entre 0,71 a 1,52 %, enquanto os resultados para as amostras comerciais foram de 0,19 a 0,70 %.

O teor de bixina tem forte relação com intensidade da cor vermelha dos coloríficos, sendo assim, os resultados indicam que os coloríficos com maior teor do carotenoide, corantes obtidos na feira livre, tem uma coloração mais avermelhada. Bezerra *et al.* (2019) comparou a utilização de farinha de semente do urucum esgotada com a farinha de milho, para produção de coloríficos, e analisou o teor de bixina para os dois tratamentos. Os resultados foram semelhantes para a utilização dos dois tipos de farinha, não demonstrando relação entre o tipo de farinha e o teor de bixina. Os valores encontrados no trabalho citado variaram de 0,11 a 0,27 %, entre as amostras comerciais e coloríficos produzidos com farinha da semente de urucum.

Por razão da afinidade da bixina com lipídios, a extração do pigmento para produção de coloríficos é feita com óleos vegetais. Sendo assim pode haver uma relação entre o teor de lipídios dos pós de urucum com a quantidade de bixina dos mesmos. O grau de relação entre o teor de lipídios e o teor de bixina encontrado neste trabalho está representado na Figura 1.

Os resultados para o coeficiente de correlação linear de Pearson indicaram haver uma correlação positiva intermediária entre as variáveis, teor de bixina (Y) e teor de lipídios (X), com $r= 0,56$. Isso indica que há uma relação entre a quantidade de lipídio utilizada na produção de colorífico com a quantidade de bixina extraída.

Figura 1 - Diagrama de dispersão da relação entre teor de bixina (Y) e teor de lipídios (X) das amostras de colorífico



Fonte: Dos autores, 2023.

Os pHs das amostras analisadas se apresentaram entre os valores 5,30 a 6,12 %, não apresentando diferença significativa entre as amostras. O potencial hidrogeniônico é um parâmetro de

verificação de qualidade de diversos produtos. Geralmente a faixa de pH indica algumas características próprias, como em produtos cárneos, que se relaciona com a cor e textura.

O pH é um importante indicativo da qualidade de qualquer produto alimentício, pois de acordo com a composição dos produtos a faixa de pH pode alterar suas características sensoriais. No caso de corantes naturais, Tibolla *et al.* (2009) encontrou resultados que mostraram que as betalaínas e as antocianinas foram mais instáveis ao pH do que os carotenoides. A estabilidade dos corantes naturais, a diversas faixas de pH, é importante pela grande quantidade de alimentos em que eles podem ser utilizados, como alternativa aos corantes artificiais.

Quanto a solubilidade, este é um importante parâmetro quando se deseja caracterizar corantes, já que para que a cor seja atribuída aos alimentos, os corantes devem ter uma compatibilidade com os compostos dos mesmos. Rocha e Reed (2014) apontam que quanto a solubilidade os carotenoides, assim como as clorofilas, são solúveis em lipídios e em solventes orgânicos. Nesse estudo foi avaliada a solubilidade dos coloríficos em água, que é amplamente utilizada na produção de alimentos.

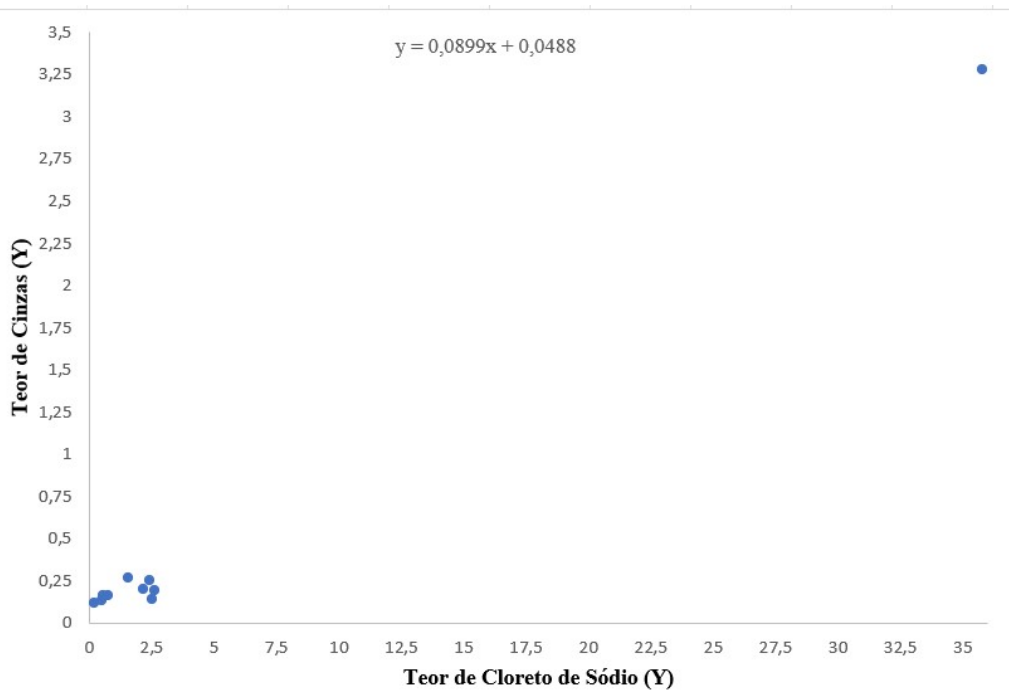
Diferente do pH, a solubilidade apresentou diferenças entre as médias das amostras, os resultados tiveram mínimo de 8,50 % e máximo de 37,91 % solúveis em água. A solubilidade é um parâmetro que sofre influência de alguns fatores, como a temperatura, por exemplo, além disso a interação entre solvente e soluto e suas polaridades é que vão reger a porcentagem de solubilidade de uma substância em um solvente. Os coloríficos são produzidos através da extração dos compostos da semente de urucum com a utilização de óleo, essa fração lipídica resulta na pouca solubilidade do pó em água.

Quanto ao teor de cloreto de sódio os resultados indicaram que apenas a amostra I2, com média 3,28 % apresentou diferença significativa, sendo essa com teor maior que as demais. As demais médias se encontraram entre os valores 0,12 a 0,27 %. É um resultado importante, visto que uma das preocupações dos consumidores modernos é com o consumo de sódio.

O consumo em excesso desse mineral está associado a hipertensão arterial e problemas cardiovasculares (SOUZA *et al.*, 2016), motivo pelo qual há a preocupação com a quantificação dessa substância.

O resultado para amostra industrializada 2 (I2), é coerente com o resultado de cinzas, em que essa mesma amostra também diferiu das demais. O valor para coeficiente de correlação linear encontrado para a relação entre essas duas variáveis foi $r = 0,99$, que indica uma relação linear positiva forte (Figura 2).

Figura 2 - Diagrama de dispersão da relação entre teor de cinzas (Y) e teor de cloreto de sódio (X) das amostras de colorífico



Fonte: Dos autores, 2023.

Da Silva Neto, Leite e Aguiar (2020) avaliaram os teores de sódio do açafrão em pó, condimento muito utilizado na culinária brasileira, assim como pó de urucum, os autores citaram a importância de avaliar esse parâmetro, tendo em vista o grande consumo da especiaria. O sódio é um importante componente para o funcionamento do organismo humano, no entanto o excesso dessa substância resulta em alguns problemas no corpo, prejudicando algumas funções essenciais.

Após todas as análises, foi perceptível as diferenças entre os coloríficos de marcas comerciais e não industrializados nos teores de lipídios e de bixina. Esse resultado pode ser explicado pela não padronização no processo de produção de coloríficos não industrializados, assim como por não haver, por parte dos produtores, conhecimentos técnicos quanto a extração do corante de urucum.

Entre os corantes industrializados também houve diferenças significativas entre uma marca e outra, em quase todos resultados, exceto pH. A razão de não haver, na legislação, um regulamento de identidade e qualidade para coloríficos, resulta na produção de corantes sem semelhanças químicas e físico-químicas.

Conclusão

Com base em todos os estudos e análises realizados conclui-se que a falta de padronização e requisitos de identidade e qualidade dos coloríficos pode resultar em um entrave para os consumidores.

As amostras apresentaram grande variação em diversos parâmetros, resultado que demonstra a não existência de um padrão de qualidade. Quanto à comparação entre as amostras industrializadas e não industrializadas, assim como de forma geral, houve variação nos resultados de todas as análises, exceto carboidratos e cloreto de sódio, em que apenas a amostra industrializada I2 apresentou disparidade.

Contudo, os maiores teores de lipídios e bixina foram obtidos das amostras não industrializadas. Esse resultado mostra que há uma diferença na proporção dos ingredientes na produção, e possível diferença na qualidade e manipulação das sementes. Além disso, foi comprovado pelo teste de correlação linear de Pearson que as variáveis teor de lipídios e teor de bixina, assim como teor de cloreto de sódio e teor de cinzas, apresentaram relação linear positiva. Sendo assim, quanto mais gordura for utilizada no preparo dos coloríficos, mais bixina poderá ser extraída, e mais intensa será a coloração do pó de urucum. E quanto mais cloreto de sódio for utilizado, maior o teor de cinzas do condimento.

Por fim, faz-se necessário intervenção pelos órgãos públicos para regulamentação do colorífico, e definição de seus parâmetros de identidade e qualidade.

Referências

- BEZERRA, B. M. A. *et al.* Colorau 100% urucum (produção de colorau com farinha de sementes de urucum). *In:* 13º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, 2019, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo, 2019.
- BRASIL. **Ministério da Saúde.** Secretaria da Vigilância Sanitária. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Brasília, 1997.
- BRASIL. Resolução -RDC Nº 12 de 24 de julho de 1978. **Regulamento Técnico de Normas técnicas especiais.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Brasília, julho de 1978.
- BRASIL. Resolução nº 04, de 24 de novembro de 1988. **Resolução que aprova a revisão das Tabelas I, III, IV e V referente a Aditivos Intencionais, bem como os Anexos I, II, III e VII, todas do Decreto n.º 55.871, de 26 de março de 1995.** Ministério da Saúde. Brasília, 1988.
- BURTON, E. A. *et al.* Avaliação do teor de umidade e sua influência na viabilidade de microrganismos em diversos açúcares. **Diversidade Microbiana da Amazônia.** vol. 3, p. 06 – 12, 2019.
- COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. M.. Determinação de matéria seca em amostras de beterraba, capim elefante e farinha de peixe. **Revista Científica Semana Acadêmica, Fortaleza,** v. 1, n. 113, 2017.
- DA SILVA NETO, I. F.; LEITE, I. B.; AGUIAR, A. M. Análise bromatológica do teor sódio no condimento em pó açafrão (*Curcuma longa* L.). **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente,** v. 1, n. 6, p. 173-183, 2020.
- DEMCZUK JR, B.; RIBANI, R. H. Atualidades sobre a química e a utilização do urucum (*Bixa orellana* L.). **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos. Publicado,** v. 24, 2015.

FABRI, E. G.; TERAMOTO, J. R. S. Urucum: fonte de corantes naturais. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.1, jan-mar, 2015.

FERREIRA, F. S. **Qualidade de coloríficos de urucum comercializados em diferentes regiões do Brasil**. 2011, 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

MIRANDA, L. L. S. *et al.* Análise da rotulagem nutricional de pães de forma com informação nutricional complementar comercializados no município de Belo Horizonte–MG. **HURevista**, v. 43, n. 3, p. 211-217, 2017.

MOREIRA, D. B. *et al.* Determinação do teor de cinzas em alimentos e sua relação com a saúde. **Revista Ibero- Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, v.7. n.10.out. 2021.

NASCIMENTO, A. dos S. *et al.* Utilização da farinha de arroz para a elaboração de biscoito. *in*: 70ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 70, 2018, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: UFAL, 2018. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/70ra/trabalhos/resumos/2725_111d3c0509f13e67b5a694c6a1b569c5b.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

NASCIMENTO, M. G.; PRATO, T. S. Influência da cor e do odor na discriminação do sabor de um produto. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: CBCTA, 2016.

QUEIROZ, M. B.; NABESHIMA, E. H. **Naturalidade e Autenticidade**, *in*: Brasil Bakery & Confectionery Trends 2020. Campinas, ITAL, 2014, cap.8, p158–195.

ROCHA, D. S.; REED, E. Pigmentos Naturais em Alimentos e sua Importância para a Saúde. **Revista EVS-Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, v. 41, n. 1, p. 76-85, 2014.

SANTOS, B. M. dos. **Qualidade de coloríficos de urucum produzidos e comercializados no Estado da Paraíba**. 2016, 45f. Monografia (Graduação em Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2016.

SILVA, F. C. *et al.* Propriedades físico-químicas e funcionais tecnológicas da farinha de *talinum paniculatum* para aplicações alimentares. **Revista Geintec - Gestão Inovacao e Tecnologias**, v. 11, n. 1, jan. 2021.

SOARES, D. J. *et al.* Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, n. 2, 2012.

SOUZA, A.de M. *et al.* Impacto da redução do teor de sódio em alimentos processados no consumo de sódio no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 32, n. 2, 2016.

SOUZA, E. C. *et al.* Caracterização físico-química de coloríficos comercializados em Belém-PA. *In*: 54º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 2014, Natal. **Anais [...]**. Natal: CBQ, 2014.

Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/7/4763-18587.html>. Acesso em: 19 jun. 2023.

SOUZA, P. G. **Produção e caracterização de açaí (*euterpe oleracea Mart.*) desidratado em pó por *casttapedrying***. 2015, 143f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)– Programa de Pós-Graduação -Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2015.

STOREL JUNIOR, A. O. **A potencialidade do mercado de açúcar orgânico para a agroindústria canieira do Estado de São Paulo**. 2003. 153f. (Dissertação de Mestrado). UNICAMP, Campinas, 2003.

VERAS, F. E. L. *et al.* Intoxicação com aditivos alimentares. **Revinter**, v. 14, ed. 1, p. 05-10, Fev 2021.

TIBOLLA, H. *et al.* Estabilidade de pigmentos naturais quanto ao pH e Temperatura. *In: SIMPÓSIO DE ALIMENTOS, VI, 2009, Passo Fundo. Anais [...]*. Passo Fundo: SIAL, 2009. Disponível em: https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/simposio-sial-anais/2009. Acesso em: 19 jun. 2023.

TOCCHINI, L.; MERCADANTE, A. Z. Extração e determinação, por CLAE, de bixina e norbixina em coloríficos. **Food Science and Technology**, v. 21, p. 310-313, 2001.

CAPÍTULO 8

Morfometria de queijos cabacinha de diferentes municípios do Vale do Jequitinhonha

Karine Santos Soares¹; Neide Judith Faria de Oliveira*²; Adair da Silva Santos Filho³; Noel Cardoso Veloso⁴; Augusto Andrade Pereira⁵

Resumo

O queijo Cabacinha encontra-se entre os alimentos artesanais produzidos em Minas Gerais, sendo de identidade e qualidade específicas do Vale do Jequitinhonha. Mesmo com o reconhecimento oficial ainda faltam estudos sobre os padrões de qualidade desse queijo. Objetivou-se descrever o peso e o comprimento das peças, as larguras da cabeça, do gargalo e do corpo, além de perímetros da cabeça, do gargalo e do corpo do queijo Cabacinha adquirido em Medina, Pedra Azul e Cachoeira de Pajeú. Foram obtidas 76 amostras e em cada ponto de venda foram adquiridos dois exemplares. No município de Medina obtiveram-se 48 amostras, em Cachoeira de Pajeú, 20 e em Pedra Azul, oito. No laboratório de Tecnologia de Produtos Lácteos foram aferidos massa, comprimento e larguras da cabeça, do gargalo e do corpo e os perímetros da cabeça, do gargalo e do corpo de cada queijo coletado. Os dados foram analisados por estatística descritiva. As maiores variações de medidas morfométricas nos queijos cabacinha estudados corresponderam à largura da cabeça e peso dos queijos com coeficiente de variação de 20,19 e 13,32%, respectivamente. A maioria das oscilações nos valores observados foi superior a 10% e foram observadas discrepâncias entre as medidas dos queijos cabacinha nas três cidades. As variações podem estar relacionadas ao modo de fazer artesanal desse alimento. A ausência de outras pesquisas na literatura indica que esse é o primeiro trabalho sobre morfometria de queijos cabacinha. A capacitação dos produtores para adotar boas práticas de produção deve ser estimulada para melhorar a padronização do alimento.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Alimento tradicional. Brasil. Leite.

¹ Discente do curso de graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG).

² Docente do curso de graduação em Zootecnia; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG).

³ Mestre em Qualidade de Alimentos de Origem animal; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG).

⁴ Engenheiro de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG).

⁵ Engenheiro Ambiental; Faculdades Santo Agostinho.

* E-mail: neideufmg@gmail.com

Introdução

Conforme a Lei nº 13.860 de julho de 2019, queijo artesanal é feito de forma tradicional, com envolvimento cultural e regional da localidade onde o alimento é produzido, ou seja, ocorre a vinculação e valorização territorial. As características de cada queijo são determinadas em consequência do modo de elaboração, o qual é específico para cada variedade e tipo. Contudo, mesmo sendo produto tradicional, é exigida a confecção empregando boas práticas na fabricação e nos manejos agropecuários (BRASIL, 2019).

O preparo artesanal do queijo em Minas Gerais é considerado patrimônio cultural imaterial brasileiro pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) desde 2008. Esse reconhecimento tende a incentivar as futuras gerações a continuarem o processo de produção de queijos artesanais, porque podem ocorrer mudanças nas comunidades e/ou grupos de forma regular, de acordo com a localidade e o convívio. Entretanto, o sentimento de identidade e a continuidade estabelecidos possibilitam a manutenção do hábito de fazer queijos e isso faz o produto adquirir o respeito do consumidor e, como resultado, ocorre a valorização dos produtos e fixação dos produtores na região (IPHAN, 2014).

Cirne, Tunick e Trout (2019) e Nogueira (2023) constataram que os consumidores estão propensos a pagar mais por produtos artesanais, por atribuir a estes alimentos mais sabor, em comparação com os não artesanais e ao adquirir os queijos, esses auxiliam na renda das famílias produtoras locais. Além disso, acreditam estar consumindo mais alimentos saudáveis, direto do produtor. Isso é positivo por se tratar de tendência, pois a saudabilidade tem sido demanda dos mercados e dos novos padrões de consumo (CARDOSO, 2016).

Diante da extensão territorial do estado de Minas Gerais, foram catalogadas até o momento 10 microrregiões produtoras de Queijo Minas, sendo essas: Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Diamantina, Entre Serras da Piedade ao Caraça, Serras da Ibitipoca, Serra do Salitre, Serro e Triângulo Mineiro (AGÊNCIA MINAS, 2022a). Adicionalmente, o estado conta com regiões produtoras de outros queijos artesanais, como o Vale do Jequitinhonha e o Vale do Suaçuí, definidos pela Lei nº 23.157, de 18 de dezembro de 2018 (MINAS GERAIS, 2018).

O Decreto nº 48024, de 19 de agosto de 2020 (MINAS GERAIS, 2020) define queijos artesanais como aqueles produzidos com leite integral fresco e com características de identidade e qualidade específicas. Sendo estes divididos em duas classificações: os queijos produzidos com leite de vaca, sem tratamento térmico da massa, como o queijo Minas Artesanal e o Meia-cura; na segunda categoria estão os queijos produzidos com leite de vaca, nos quais existe tratamento térmico da massa, como o requeijão artesanal e o queijo cabacinha (MINAS GERAIS, 2018).

O Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) fez o reconhecimento da Região do Vale do Jequitinhonha como produtora do Queijo Artesanal Cabacinha, com a Portaria nº 1403, publicada no Diário Oficial, no dia 10 de maio de 2014 (MINAS GERAIS, 2014). Na Portaria do IMA nº 2.087, de 08 de setembro de 2021, houve a inclusão dos municípios de Divisópolis, Jequitinhonha, Joáima e Ponto dos Volantes, após a solicitação do mapeamento das regiões produtoras à Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. As regulamentações pretendem contribuir para facilitar a identificação do produto e acrescentar reconhecimento, o qual visa ao incentivo, à legalização e à uniformização dos processos. Essas medidas podem ser essenciais para agregar valor, gerar renda e fixar os produtores na região, conforme Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER, 2021).

A valorização dos queijos Minas Artesanal e Artesanais do estado é justificável, pois a produção desses é estimada em 21,8 mil toneladas por ano, chegando a representar 65,2% da fabricação dos queijos artesanais das agroempresas familiares, as quais produzem, embalam, beneficiam e transformam produtos agropecuários. Em Minas Gerais existem 3.103 empreendimentos deste segmento e destas, 160 são familiares e envolvidas com a confecção do queijo cabacinha (AGÊNCIA MINAS, 2022b).

Minas Gerais possui várias regiões produtoras de queijo caracterizadas, ou seja, que passaram por estudos de identificação para saber qual tipo de queijo é produzido no local, pois o estado possui variedade de queijos disponíveis. Além disso, os processos de manufatura foram padronizados para garantir a qualidade e a identidade (MINAS GERAIS, 2021).

O estudo para tipificar o queijo é feito com base nas características sensoriais, como o sabor, o qual é influenciado por tipo de alimentação do rebanho, clima e solo da região produtora, além de raça, origem e manejo dos animais. O perfil do produtor é relevante para determinar a identidade do queijo de cada lugar, porque ao processar o alimento as famílias empregam as técnicas tradicionais, às quais estão habituadas e geralmente foram ensinadas por antepassados. Além do envolvimento da cultura regional, a relativa escassez de referências científicas torna ainda mais importantes os estudos sobre queijos artesanais, conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2021), Kamimura *et al.* (2019) e Prado Junior (2018).

O queijo cabacinha é produzido com leite cru e recebe esse nome por possuir o formato do vegetal *Lagenaria siceraria*, conhecido popularmente como cabaça em Minas Gerais. A massa é submetida ao processo de filagem e por isso se assemelha com a muçarela em alguns aspectos sensoriais e tecnológicos (SANTOS FILHO *et al.*, 2016). O queijo cabacinha, por conter a aparência e o modo de preparo semelhante ao queijo “caccio cavallo”, pode ser considerado a versão brasileira deste queijo de origem italiana, produzido com massa cozida em água fervente, da qual em seguida é retirado o soro e a massa é manuseada até formar fios. Posteriormente, são moldados os queijos, com base mais larga,

gargalo e cabeça, formato propício para serem amarrados em pares e seguirem para o processo de secagem. Portanto, adquirem o aspecto semelhante ao casco de cavalo, originando o nome “Caccio cavallo”. Os produtores podem elaborá-lo defumado ou recheado com manteiga. Este queijo é consumido em larga escala no Sul da Itália e no Brasil, principalmente como aperitivo (LATICÍNIOS CRUZILIA, 2017).

O queijo cabacinha foi introduzido no Brasil em 1952, por meio da receita de Alberto Firmiano Mendes de Oliveira, após a conclusão do curso técnico em 1949, na Escola de Laticínios Cândido Tostes, de Juiz de Fora, MG. Este modo de fazer foi passado entre gerações por produtores do Vale do Jequitinhonha, os quais adquiriram o conhecimento da maneira de preparo com os ascendentes. Dessa forma, o ofício se mantém de maneira tradicional e relaciona-se à subsistência de várias famílias (AGÊNCIA MINAS, 2022b; MINAS GERAIS, 2021; SANTOS FILHO *et al.*, 2016).

A região produtora do Queijo Cabacinha Artesanal é o Vale do Jequitinhonha e as cidades Pedra Azul, Medina, Cachoeira de Pajeú, Comercinho e Itaobim são autorizadas e cadastradas no Instituto Mineiro de Agropecuária (MINAS GERAIS, 2014; SOUZA *et al.*, 2020). Como os demais queijos artesanais, a produção é elaborada domesticamente por agricultores, responsáveis ainda por administrar toda a produção. Esta compreende desde os cuidados com os animais e a ordenha até a venda dos queijos, de maneira familiar (ARAÚJO *et al.*, 2020). A comercialização é realizada em barracas situadas em vias urbanas e rodovias. Em algumas cidades produtoras são vendidos em feiras livres e outros tipos de comércios, como padarias (LIMA *et al.*, 2022; SANTOS FILHO *et al.*, 2016).

O processo de produção de queijos precisa ser uniformizado para garantir a segurança e a qualidade dos produtos (EMBRAPA, 2021). Porém, por ser feito de forma caseira, o queijo cabacinha não apresenta padrões estabelecidos e Oliveira *et al.* (2021) descreveram variações esperadas na morfometria de queijos. Para Moraes (2003) morfometria é “o estudo de como e quanto medidas geométricas modificam-se e de quanto e como relacionam-se”, sendo utilizada para medir o tamanho dos corpos em diferentes partes e para estimar a variação da forma entre as amostras (BERRETA, 2023).

Por essas razões, o estudo dos queijos adquiridos nas diferentes cidades do Vale do Jequitinhonha possui relevância, em virtude das possíveis particularidades morfométricas ainda não documentadas. Objetivou-se descrever o peso e o comprimento das peças, as larguras da cabeça, do gargalo e do corpo, além de perímetros da cabeça, do gargalo e do corpo. Em queijos cabacinha adquiridos nos municípios de Medina, Pedra Azul e Cachoeira de Pajeú.

Material e Métodos

Todas as amostras dos queijos foram adquiridas na região do Vale do Jequitinhonha, nos pontos de venda localizados nas margens das rodovias BR 251 e BR 116 nas cidades de Medina, Pedra Azul e Cachoeira de Pajeú. Em cada ponto de venda foram adquiridas duas unidades e no total foram obtidas 76 amostras do queijo cabacinha. No município de Medina obtiveram-se quarenta e oito queijos, em Pedra Azul, oito e em Cachoeira de Pajeú, vinte.

No laboratório de Tecnologia de Produtos Lácteos do Instituto de Ciências Agrárias, Campus Regional de Montes Claros, foi analisada a massa de cada queijo, sendo aferida com o auxílio de balança analítica da marca Marte[®] e modelo LS5. Com paquímetro digital da marca MTX[®] foram feitas as medidas de comprimento e de larguras da cabeça, do gargalo e do corpo de cada queijo coletado. Os perímetros da cabeça, do gargalo e do corpo dos queijos foram mensurados utilizando-se fita métrica e sempre tomando como referência o maior diâmetro de cada parte do queijo, respectivamente (Figura 1).

Figura 1 - Fotografia de três queijos cabacinhas, com detalhe para representar a localização da cabeça, do gargalo ou pescoço e corpo do alimento



Fonte: Modificado de <https://www.queijostudibom.com.br/produtos/queijo-mussarela-def-cabacinha-mineira-peca-450g/>.

Os dados foram anotados e posteriormente dispostos em forma de tabela no software Microsoft Excel[®]. Após a tabulação foram anotados os valores máximos e mínimos, além de serem calculadas por meio do software as médias, os desvios padrão e o coeficiente de variação de cada variável

anteriormente citada.

Resultados e Discussão

O número de amostras obtidas em cada cidade variou por causa de aspectos intrínsecos ao levantamento, como o número de pontos de venda existentes na rota de coleta. As medidas morfométricas dos queijos Cabacinha adquiridos nas cidades de Medina, Pedra Azul e Cachoeira de Pajeú, encontram-se na Tabela 1. O peso dos queijos variou entre 265,61 a 863,09 g, com média e desvio padrão de $447,95 \pm 59,69$ g e o segundo coeficiente de variação (CV) mais elevado, de 13,32%. Oliveira *et al.* (2021) descreveram pesos de 250 a 1.000 g em queijo porunga ou porongo, nome dado ao queijo cabacinha em São Paulo, região do estudo. Ambas as pesquisas demonstraram alta variação no peso de queijos cabacinha em Minas Gerais e São Paulo.

Tabela 1 - Valores máximos, mínimos, médias, desvios padrão e coeficiente de variação das medidas morfométricas dos queijos Cabacinha adquiridos nas cidades de Medina, Pedra Azul e Cachoeira do Pajeú

Característica	Mín.	Máx.	Média	DP	CV (%)
Peso (g)	265,61	863,09	447,95	59,69	13,32
Comprimento (cm)	12,86	24,39	16,34	1,39	8,53
Largura da cabeça (cm)	2,31	3,83	3,09	0,69	20,19
Largura do gargalo (cm)	1,32	3,45	2,54	0,23	9,01
Largura do corpo (cm)	7,2	11,72	8,51	0,05	0,50
Perímetro da cabeça (cm)	7,89	12,64	10,25	0,40	3,93
Perímetro do gargalo (cm)	4,79	11,42	8,61	0,38	4,36
Perímetro do corpo (cm)	20,22	33,53	25,02	0,17	0,68

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: Máx.: Valor Máximo; Mín.: Valor Mínimo; DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação; n=76

O comprimento dos queijos Cabacinha obtido foi de 12,86 a 24,39 (cm), com média e desvio padrão de $16,34 \pm 1,39$ cm e CV de 8,53%. A largura da cabeça dos queijos consistiu em 2,31 a 3,83 cm, com média e desvio padrão de $3,09 \pm 0,69$ cm e CV de 20,19%, o maior verificado nesta parte da pesquisa. A largura média do gargalo oscilou entre 1,32 a 3,45 cm, com média e desvio padrão de $2,54 \pm 0,23$ cm e CV de 9,01%. A largura do corpo variou de 7,2 a 11,72 cm, com média e desvio padrão de $8,51 \pm 0,05$ cm e CV de 0,5% (Tabela 1).

O perímetro da cabeça dos queijos cabacinha incidiu entre 7,89 a 12,64 cm, com média e desvio padrão de $10,25 \pm 0,40$ cm e CV de 3,93%. O perímetro do gargalo obtido foi de 4,79 a 11,42 cm, com

média e desvio padrão de $8,61 \pm 0,38$ cm e CV de 4,36%. O perímetro do corpo foi de 20,22 a 33,53 cm, com média e desvio padrão de $25,02 \pm 0,17$ cm e CV de 0,68% (Tabela 1).

As maiores variações de medidas morfométricas nos queijos cabacinha estudados corresponderam à largura da cabeça e ao peso dos queijos, com CV de 20,19 e 13,32%, respectivamente. Essa é a primeira descrição de morfometria de queijos cabacinha, pois na literatura não foram encontradas outras pesquisas sobre as medidas de larguras e perímetros da cabeça desse tipo de queijo artesanal em Minas Gerais.

Na Tabela 2 são apresentadas as medidas morfométricas estratificadas por municípios. A maior variação observada nas variáveis estudadas na cidade de Medina ocorreu no peso dos queijos, com valor de CV de 34,84%. Em Pedra Azul a maior variação aconteceu nos pesos dos queijos, os quais oscilaram em 20,47% em torno da média e em Cachoeira de Pajeú, na largura do gargalo dos queijos, com 16,49% de CV.

A segunda maior variação nas medidas morfométricas avaliadas foi comprimento dos queijos cabacinha em Medina, com CV de 17,18%; largura da cabeça dos queijos em Pedra Azul, com variação de 14,22% em torno da média e peso das peças em Cachoeira de Pajeú, com 14,11% de CV (Tabela 2). A terceira maior variação ocorreu na largura do gargalo dos queijos, com 16,99% de CV em Medina; na largura da cabeça dos queijos em Pedra Azul, com 14,06% de CV e no perímetro do gargalo dos queijos em Cachoeira do Pajeú, com 13,76% de variação em torno da média (Tabela 2).

A maioria das oscilações nos valores observados foi superior a 10% (Tabela 2) e assim podem ser observadas discrepâncias entre as medidas dos queijos cabacinha nas três cidades. As variações podem estar relacionadas ao modo de fazer artesanal desse alimento, o qual por ser moldado à mão, muitas vezes não possui uniformização. Brasil (2019) define produtos alimentícios de origem animal artesanais como os obtidos a partir de técnicas manuais utilizadas por pessoas com controle do processo produtivo e cujo produto final seja individual, autêntico e preserve características culturais, regionais ou tradicionais. Além disso, prevê que sejam elaborados de modo específico, conforme cada tipo e variedade, utilizando-se boas práticas de fabricação e em condições higiênico-sanitárias adequadas, além de estabelecer a fiscalização por órgãos de inspeção responsáveis.

Outros queijos artesanais possuem faixa de peso esperada para o produto acabado, como o artesanal do Serro, com o diâmetro varia entre 13 a 15 cm, a altura de 4 a 6 cm e o peso de 700 a 1.000 g por unidade e o queijo artesanal de Araxá, com formato cilíndrico, possui de 13 a 15 cm de diâmetro e peso entre 1,0 e 1,2 kg por peça (PINEDA *et al.*, 2021). A pesagem prévia da massa do queijo cabacinha antes desse ser moldado no formato característico garantiria menor variação no peso final do produto, não descaracterizaria o produto e o deixaria mais padronizado, por ser esta uma das medidas

morfométricas cuja média variou muito em todas as cidades e a menor variação no peso poderia ser facilmente percebida pelo consumidor como parâmetro de identidade do alimento.

Tabela 2 - Valores máximos, mínimos, médias, desvios padrão e coeficiente de variação das medidas morfométricas dos queijos Cabacinha por município

Município	Característica	Mín.	Máx.	Média	DP	CV (%)
Medina n=48	Peso (g)	265,61	863,09	470,62	163,97	34,84
	Comprimento (cm)	12,37	24,39	16,54	2,84	17,18
	Largura da cabeça (cm)	2,40	3,80	3,15	0,35	11,13
	Largura do gargalo (cm)	1,33	3,45	2,62	0,44	16,99
	Largura do corpo (cm)	6,89	11,72	8,55	1,11	13,01
	Perímetro da cabeça (cm)	7,62	12,64	10,54	1,07	10,18
	Perímetro do gargalo (cm)	4,79	11,42	8,88	1,42	15,99
	Perímetro do corpo (cm)	20,22	33,53	25,59	2,82	11,02
Pedra Azul n=8	Peso (g)	376,16	602,75	447,88	91,67	20,47
	Comprimento (cm)	15,53	18,21	16,58	0,88	5,33
	Largura da cabeça (cm)	2,26	3,69	2,83	0,40	14,22
	Largura do gargalo (cm)	1,95	2,73	2,33	0,33	14,06
	Largura do corpo (cm)	7,07	9,51	8,06	0,79	9,81
	Perímetro da cabeça (cm)	8,18	10,93	9,22	0,85	9,17
	Perímetro do gargalo (cm)	6,49	9,00	7,78	1,05	13,48
	Perímetro do corpo (cm)	22,62	27,85	24,49	1,99	8,13
Cachoeira de Pajeú n=20	Peso (g)	300,05	532,89	393,58	55,52	14,11
	Comprimento (cm)	13,78	18,50	15,77	1,49	9,48
	Largura da cabeça (cm)	2,31	3,83	3,08	0,40	12,89
	Largura do gargalo (cm)	1,85	3,46	2,45	0,40	16,49
	Largura do corpo (cm)	7,07	9,30	8,11	0,65	7,99
	Perímetro da cabeça (cm)	7,89	12,07	9,97	1,07	10,76
	Perímetro do gargalo (cm)	6,79	11,03	8,30	1,14	13,76
	Perímetro do corpo (cm)	20,87	28,44	23,83	2,19	9,17

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: Máx.: Valor Máximo; Mín.: Valor Mínimo; DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação.

Para o produtor seria benéfica essa uniformidade, pois controlando o processo seria possível saber quantos queijos produzirá com a quantidade de massa disponível e assim provavelmente desperdícios seriam evitados. Segundo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

(SEBRAE, 2017), a etapa de pré-pesagem possibilita maior visão do empreendedor e promove a maior organização das etapas, otimizando o tempo de produção e uniformizando o produto acabado.

A pesagem não altera a identidade do queijo cabacinha, pois as características sensoriais permanecem inalteradas, por serem resultantes do ambiente de obtenção tradicional do queijo, o qual abrange desde a ordenha até a produção. Conforme Hosken *et al.* (2023), a boa qualidade do leite, a higiene do local de produção, o bem estar animal, a localização geográfica e as condições do clima e das etapas de processamento influenciam diretamente a qualidade do queijo artesanal.

As diferenças nas medidas morfométricas do queijo cabacinha (Tabela 2) podem ser resultantes desse alimento ser moldado a mão e sem auxílio de forma, pois de acordo com Oliveira *et al.* (2021), a massa é porcionada em tiras finas de 5 a 10 cm de comprimento, é filada a temperatura de 80 a 96 °C, é trabalhada por meio de movimentos circulares repetidos até ser obtida uma bola lisa e homogênea e quando atingir essa característica, o queijeiro a modela manualmente até obter o formato de cabaças.

No processamento artesanal do queijo Cabacinha cada fabricante molda o produto conforme a experiência familiar. A "cabeça" representa a parte superior do queijo, a parte que se encontra abaixo da cabeça é o gargalo ou "pescoço", a porção mais fina do queijo e o corpo, o componente maior da base do queijo (Figura 1). Assim, o comprimento pode variar (Tabela 2) em consequência do tamanho do pescoço não ser padronizado e cada produtor poder decidir o quão alto ou baixo será esta ou as demais partes do queijo. Por não apresentar especificações a serem seguidas descritas na regulamentação ou na literatura, cada produtor pode adotar o método mais conveniente de moldagem e padronização das peças (EMBRAPA, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021).

O fato de os queijos serem amarrados com barbantes para a exposição nos pontos de vendas (SANTOS FILHO *et al.*, 2016), pode deformar o alimento e influenciar o formato e o tamanho do gargalo, pois por ser filada, de forma semelhante à do queijo muçarela, a massa tende a deformação quando submetida à pressão e gravidade. Outra justificativa para as variações de formato poderia ser o teor de umidade presente na massa, porque quanto mais água e/ou soro, maiores serão o peso do queijo e a deformação resultante. Quanto maior a umidade menor será a elasticidade e, conseqüentemente, o queijo sofrerá menor alteração no formato, segundo Moreno (2013).

Para o queijo cabacinha não existe descrição do tempo de maturação requerido, diferentemente de outros queijos artesanais. Quando for maturar no local de produção, o ambiente precisa passar por fiscalização de órgão federal e todas as unidades serão identificadas com o dia de produção para determinar o fim dos 60 dias de maturação e, caso este período seja menor, os queijos deverão passar por estudos para comprovar a eficiência do processo e garantir a segurança do alimento (BRASIL, 2017). A maturação está relacionada com o sabor do alimento e ajuda a caracterizar o queijo, pois durante o processo este adquire e intensifica aromas, cor e aparência, qualificando-o sensorialmente.

Quanto maior o tempo de maturação, maior será a intensidade do sabor e aroma, sendo estas características distintas do queijo recém preparado ou fresco (GALERA, 2019). Todas as amostras de queijo cabacinha adquiridas para esta pesquisa foram obtidas na forma fresca, porém Santos Filho *et al.* (2016) citaram a ocorrência de queijos cabacinha curados e ainda produzidos com ervas e especiarias, presentes nos pontos de venda visitados.

A padronização de variáveis morfométricas de peso, comprimento e largura pode ser relevante para definir as características sensoriais do queijo no processo de maturação. Para queijo Canastra é recomendada a maturação de 22 dias para peças cujas medidas sejam de 10 cm de diâmetro, 6 cm de altura e 300 a 400g de peso. São maturados por pelo menos 60 dias para se obter o aroma e sabor desejados, queijos Canastra apresentando 6 a 9 cm de altura, 17 cm de diâmetro e 900 a 1.300 g de peso e os dos tipos reais, conhecidos por Canastrão, com 28 a 35 cm de diâmetro e 10 a 18 cm de altura, 5.000 a 7.000 g de peso (PINEDA *et al.*, 2021).

Dessa forma, conhecer as medidas dos queijos auxilia na obtenção do resultado final esperado com o perfil sensorial adequado para cada produto, pois quanto mais maturado, maior será a perda de umidade e mais diferenciado o gosto. Queijos parmesão podem maturar por período de meses até dois anos ou mais, enquanto os mais macios, com maior teor de umidade ficam no processo por volta de duas semanas (MOURÃO, 2017). Santos Filho *et al.* (2016) mencionaram a venda do produto por unidade e o preço cobrado por queijo nos diferentes pontos de venda, sem a pesagem na frente do consumidor. Isso ocorreu, possivelmente, por falta de padronização do peso dos queijos.

Dentre outras características, as medidas morfométricas do queijo cabacinha precisam ser mais estudadas para serem padronizadas e adotadas por produtores e órgãos de fiscalização. Esse tema precisa ser abordado por pesquisadores, extensionistas e empresas familiares em eventos específicos com os produtores, pois a capacitação dos fabricantes poderá promover ganhos, a padronização não descaracterizará o produto, cujas características sensoriais são determinadas durante a produção e poderão ser evitados desperdícios durante a confecção dos queijos artesanais. Todos os meios disponíveis precisam ser utilizados para a garantir a identidade e agregar valor ao Queijo Artesanal Cabacinha.

Conclusão

Em queijos cabacinha adquiridos nos municípios de Medina, Cachoeira de Pajeú e Pedra Azul as variáveis morfométricas: peso e comprimento das peças, larguras da cabeça, do gargalo e do corpo, além de perímetros da cabeça, do gargalo e do corpo foram desuniformes. Programas de incentivo e

capacitação dos produtores para adotar boas práticas de produção devem ser estimulados na região para melhorar a padronização do alimento.

Referências

AGÊNCIA MINAS. **Dia dos queijos artesanais de Minas Gerais será na próxima segunda-feira, 16 de maio** - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SEAPA. 2022a. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/servicos/story/4881-dia-dos-queijos-artesanais-de-minas-gerais-sera-na-proxima-segunda-feira-16-de-maio>. Acesso em: 1 maio 2023.

AGÊNCIA MINAS. **Levantamento da Emater-MG mostra que Minas Gerais tem 32 mil agroindústrias familiares** - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SEAPA. 2022b. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/ci-soja/story/4761-levantamento-da-emater-mg-mostra-que-minas-gerais-tem-32-mil-agroindustrias-familiares>. Acesso em: 10 maio 2023.

ARAÚJO, J. P. A. *et al.* Uma análise histórico-crítica sobre o desenvolvimento das normas brasileiras relacionadas a queijos artesanais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 5, p. 1845-1860, 2020. Disponível em: https://dspace.almg.gov.br/bitstream/11037/45165/1/1_ARA%20et%20al_an%20do%20desenvolvimento%20das%20normas%20para%20queijos%20artesanais_2020.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

BERRETA, J. **Influência do tamanho e localização dos fragmentos florestais na biomassa e morfometria das aves**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciências Biológicas) - Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/36956/1/Influ%20anciaTamanhoLocaliza%20a7%20a3o.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2023.

BRASIL. DECRETO Nº 9.013, DE 29 DE MARÇO DE 2017. Estabelece Sistema brasileiro de inspeção de produtos de origem animal. Dá nova redação e acresce dispositivos ao Regulamento do art. 90 da Constituição do Estado e tendo em vista o disposto na Lei nº 11.812, de 23 de janeiro de 1995, e na Lei nº 19.476, de 11 de janeiro de 2011, da Lei nº 23.157, de 18 de dezembro de 2018, que dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, p. 1-76, 19 ago. 2017. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20134722/do1-2017-03-30-decreto-n-9-013-de-29-de-marco-de-2017-20134698. Acesso em: 9 jun. 2023.

BRASIL. Lei Nº 13.860, de 18 de julho de 2019. Dispõe sobre a elaboração e a comercialização de queijos artesanais e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-13.860-de-18-de-julho-de-2019-198615138>. Acesso em: 18 mar. 2023.

CARDOSO, T. L. **Evolução dos padrões alimentares e sua influência no mercado de alimentos saudáveis**. 2016. 55 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em:

<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47128/THASSIA%20LARISSA%20CARDOSO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 mar. 2023.

CIRNE, C. T.; TUNICK, M. H.; TROUT, R. E. The chemical and attitudinal differences between commercial and artisanal products. **NPJ Science Food**, v. 3, n. 19, p. 1-4, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41538-019-0053-9>. Acesso em 18 mar. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Guia técnico: queijos artesanais brasileiros**. Brasília: EMBRAPA, 2021. 14p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1135036/1/Guia-de-Negocio-Queijos-Artesanais.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2023.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS – EMATER. **Queijo cabacinha, típico do Jequitinhonha, terá pesquisa de identidade e qualidade**. 2021. Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/portal.do/site-noticias/queijo-cabacinha-tipico-do-jequitinhonha-tera-pesquisa-de-identidade-e-qualidade/?flagweb=novosite_pagina_interna_noticia&id=26104. Acesso em: 10 maio 2023.

GALERA, V. Resgate do queijo artesanal. **Revista Globo Rural**, 2019. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Revista/noticia/2019/06/resgate-do-queijo-artesanal.html>. Acesso em: 30 maio 2023.

HOSKEN, B. DE O. *et al.* Underexplored potential of lactic acid bacteria associated with artisanal cheese making in Brazil: challenges and opportunities. **Fermentation**, v. 9, n. 5, p. 409, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-5637/9/5/409>. Acesso em: 28 mar. 2023.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL - IPHAN. **Modo artesanal de fazer Queijo de Minas**. Brasília: IPHAN, 2014. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Modo%20artesanal%20de%20fazer%20queijo%20de%20Minas.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2023.

KAMIMURA, B. A. *et al.* Brazilian artisanal cheeses: an overview of their characteristics, main types and regulatory aspects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 5, p. 1636-1657, 2019. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1541-4337.12486>. Acesso em: 28 mar. 2023.

LATICÍNIOS CRUZÍLIA. **Caccio Cavallo Cruzília**. 2017. Disponível em: <https://cruzilia.com.br/produto/caccio-cavallo/> Disponível em: <http://portal>. Acesso em: 28 mar. 2023.

LIMA, M. *et al.* Traditional Brazilian fermented foods: cultural and technological aspects. **Journal of Ethnic Foods**, v. 9, n. 35, p. 1-15, 2022. Disponível em: <https://journalofethnicfoods.biomedcentral.com/articles/10.1186/s42779-022-00153-4>. Acesso em: 27 maio 2023.

MINAS GERAIS. Decreto nº 48024, de 19 de agosto de 2020. Regulamenta a Lei nº 23.157, de 18 de dezembro de 2018, que dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. **Diário Oficial [do] Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, 2020. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=400191>. Acesso em: 19 mar. 2023.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1403, de 02 de maio 2014. Identifica a região do Vale do Jequitinhonha como produtora de queijo cabacinha. Diário Oficial do Estado de

Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 10 maio 2014. Disponível em: <http://ima.mg.gov.br/institucional/portarias/1819-portarias/1966-portarias-ano-2014>. Acesso em: 30 maio. 2023.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 2.087, de 08 de setembro de 2021. Inclui municípios na Região do Vale do Jequitinhonha como produtores de Queijo Cabacinha. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, 2021. Disponível em: <http://ima.mg.gov.br/institucional/portarias/1819-portarias/1966-portarias-ano-2021>. Acesso em: 10 maio 2023.

MINAS GERAIS. Lei nº 23157, de 18 de dezembro de 2018. Dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais. **Diário do Executivo**, p. 1, col. 1, 19 dez. 2018. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/23157/2018/>. Acesso em: 10 maio 2023.

MORAES, D. A. Morfometria geométrica e a revolução morfométricas: localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. **Bioetím - Revista de Divulgação Científica dos Estudantes de Biologia**, v. 3, n. 3, p. 1-5, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282329715_Morfometria_geometrica_e_a_revolucao_morfometrica_Localizando_e_visualizando_mudancas_na_forma_dos_organismos. Acesso em: 18 mar. 2023.

MORENO, V. **Caracterização física e físico-química do Queijo Minas Artesanal da microrregião Campo das Vertentes Juiz de Fora** 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e derivados). Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/4526/1/victorjosemoreno.pdf>. Acesso em: 30 maio 2023.

MOURÃO, F. Maturação de queijos - Parte 1. _____ In: **Queijo Coalho Brasil**. 2017. Disponível em: <https://www.queijocoalhobrasil.com/maturacao-de-queijos/>. Acesso em: 30 maio 2023.

NOGUEIRA, J. C. R. G. **Consumo do lácteo queijo cabacinha de Santa Rita do Araguaia em Goiânia: uma análise da disposição a pagar**. 2023. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2023. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/12694/3/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Jordana%20Cristhina%20Ribeiro%20Gomes%20Nogueira%20-%202023.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

OLIVEIRA, I. C. *et al.* Cap 12 - Processo de produção de queijo porungo - valorização de um produto tradicional e artesanal da região Sudoeste do estado de São Paulo. In: SILVA, N. F. N. *et al.* (Org.). **Alternativas para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste paulista**. São Paulo: Editora Científica Digital p. 203-214, 2021. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/processo-de-producao-de-queijo-porungo-valorizacao-de-um-produto-tradicional-e-artesanal-da-regiao-sudoeste-do-estado-de-sao-paulo>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PINEDA, A. P. A. *et al.* Brazilian artisanal cheeses: diversity, microbiological safety, and challenges for the sector. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, [s.n.], [n.p.], 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.666922>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PRADO JUNIOR, J. F. **Nos trilhos do “tremruá” o queijo Minas Artesanal como patrimônio vivencial na região do Serro-MG**. 2018. 121f. Dissertação (Mestrado Ciências Humanas e Sociais

Aplicadas). Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/1062997>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SANTOS FILHO, A. S. *et al.* Caracterização física e condições sanitárias do comércio de queijo Cabacinha em três municípios do Vale do Jequitinhonha, MG, Brasil. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 4, p. 219-227, 2016. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/511/418>. Acesso em: 28 mar. 2023.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. **Combate à perda e desperdícios de alimentos**. 2017 Cuiabá: Sebrae. 44p. Disponível em: sinal.org.br/wp-content/uploads/2016/02/Catalogo.pdf. Acesso em: 29 maio 2023.

SOUZA, B. R. *et al.* Estudo de viabilidade econômica e financeira para produção artesanal de queijo Cabacinha na região do Vale do Jequitinhonha - MG. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 75, n. 1, p. 45-58, 2020. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/784/525>. Acesso em: 10 jun. 2023.

CAPÍTULO 9

Emprego da amêndoa de macaúba na formulação de produtos de panificação

Maria Eduarda Soares Andrade*¹; Mariuze Loyanny Pereira Oliveira²; Caroline Liboreiro Paiva³

Resumo

A pesquisa objetivou desenvolver bolos e biscoitos com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de amêndoa de macaúba (FAM), além de analisá-los em termos físico-químicos, tecnológicos, sensoriais e ainda compará-los com formulações controle (FC). Foram desenvolvidos bolos com 50% (FB50), 65% (FB65) e 80% (FB80) de substituição da farinha de trigo, cookies de amendoim com 35% (FCA35) e 50% (FCA50) de substituição e cookies de chocolate com as mesmas porcentagens de substituição. Em relação às características tecnológicas dos bolos, os índices de volume e de contorno, das formulações com macaúba apresentaram diferença estatística quando comparadas a FC. Já o índice de simetria apresentou igual para todos. Para o cookie de amendoim, o índice de expansão mostrou-se estatisticamente diferente entre a FC e a FCA50. A FCA35 apontou-se semelhante as demais amostras. Já os índices de expansão e volumes específicos dos cookies de chocolate não mostraram diferença estatística entre as formulações. De modo geral, a composição centesimal próxima de todos os produtos feitos com a FAM apresentou melhores resultados quando comparados às suas formulações controle. Quanto ao atributo aparência, a FBC foi mais aceita, sendo as formulações FB50 e FB65 igualmente aceitas quando comparadas a FBC e a FB80, a menos preferida. Quanto ao sabor, a FB50 foi preferida e a FB80, menos preferida. No que se refere à textura, a FBC foi preferida, e a FB80, a menos aceita. Quanto a impressão global, as formulações FB50 e FBC foram igualmente preferidas, sendo a FB80, a menos aceita. Os participantes demonstraram interesse em comprar as FBC, FB50 e FB65. Para os cookies, o teste estatístico não apresentou diferença. Assim, conclui-se que é viável a aplicação da FAM em alimentos, uma vez que os produtos apresentam bons valores nutricionais e são aceitos sensorialmente, tendo alto potencial de consumo e comercialização.

Palavras-chave: *Acrocomia aculeata*. Análise sensorial. Análise tecnológica. Composição centesimal.

¹Acadêmica de Graduação do Curso de Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

²Mestre em Alimentos e Saúde; Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

³Professora Adjunta do Curso de Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: eduardasoaresandrade9@gmail.com

Introdução

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmeira oleaginosa encontrada em todo território brasileiro, exceto na região Sul, tendo as maiores concentrações nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Ceará. A planta dispõe de características vantajosas de cultivo, uma vez que apresenta alta produtividade e se adapta a condições ambientais adversas. Cada palmeira produz, em média, de três a cinco cachos, cujos frutos amadurecem geralmente entre os meses de novembro a março (DEL RÍO *et al.*, 2016; COLOMBO *et al.*, 2018).

De acordo com SILVA (2021), o fruto da macaúba é rico em carboidratos, fibras, lipídeos, proteínas e minerais como cobre, zinco e potássio, possui concentrações elevadas de β -caroteno e α -tocoferol e flavonoides, o que confere ao seu extrato ação antioxidante, anti-inflamatória e quimiopreventiva. Segundo FARINAZZI-MACHADO *et al.* (2018), estudos já comprovaram, em modelos animais, ação anti-inflamatória após administração de óleo microencapsulado proveniente de amêndoas de macaúba. Assim, a amêndoa deste fruto tem movido grande interesse socioeconômico sendo referenciada como fonte de ácidos graxos insaturados, como o oleico, e saturados como láurico e palmítico.

O desenvolvimento de alimentos saudáveis tem grande importância não só para a indústria de alimentos, como também para a elevação da qualidade da dieta humana, pois permite criar produtos ou melhorar os já existentes por meio de composições nutricionalmente balanceadas. O emprego de farinhas mistas em produtos de panificação contribui não só para diminuir a dependência de importação brasileira de trigo, dada a insuficiência da produção nacional, reduzindo os custos de fabricação, mas também para agregar valor nutricional aos produtos desenvolvidos, pois permite incorporar outras matérias-primas mais nutritivas (CAVALLINI *et al.*, 2020). Assim, novas propostas têm surgido no mercado, empregando farinhas mistas ou compostas de cereais, leguminosas e tubérculos, as quais podem ser utilizadas como substitutas parciais da farinha de trigo para a elaboração de produtos de panificação.

Entre os produtos de panificação encontrados atualmente no mercado, o bolo é um dos produtos mais apreciados (CAMILI *et al.*, 2016). Para garantir a qualidade tecnológica desses produtos, alguns parâmetros devem ser avaliados. O índice de contorno é um indicador da forma como o produto se apresenta em sua superfície. Valores elevados indicam que o bolo tem mais altura no centro que nos lados, o que é uma característica indesejável, pois compromete a aparência do produto (BORGES, 2006). O desenvolvimento simétrico e a qualidade do contorno da massa durante o forneamento também constituem características importantes. A simetria mede a diferença entre as alturas dos dois extremos

do bolo, e deve estar o mais próximo possível do valor zero, o que indica um crescimento uniforme do produto (AACC, 2001).

Assim, diante do interesse em valorizar alimentos regionais, a pesquisa teve como objetivo desenvolver bolos e biscoitos tipo cookie, todos com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de amêndoa de macaúba, além de analisá-los em termos físico-químicos, tecnológicos, sensoriais e ainda compará-los com formulações convencionais, ou seja, à base unicamente de farinha de trigo.

Material e Métodos

Todos os ingredientes foram adquiridos no mercado local de Montes Claros, MG. As amêndoas de macaúba utilizadas para a obtenção da farinha foram doadas pela empresa Soléa Brasil Óleos Vegetais LTDA.

Primeiramente as amêndoas foram acondicionadas em sacos do tipo rede para branqueamento por imersão em água (80 °C/10 min), seguido de imersão em banho de gelo (± 15 °C/5 min), para serem em seguida armazenadas em congelador. O processo de branqueamento foi realizado no Departamento de Tecnologia de Alimentos, na Universidade Federal de Viçosa. As amêndoas foram transportadas congeladas, em caixas de isopor até a Cooperativa Grande Sertão em Montes Claros, para serem submetidas ao processo de extração a frio do óleo. Antes da extração, as amêndoas de macaúba foram secas em estufa a 55 °C por 60 min, para facilitar a extração do óleo. Após a secagem, estas foram prensadas em prensa de rosca contínua com capacidade de extração de 100 kg/h (ECIRTEC, SP, Brasil). A prensagem resultou em rendimento final de 31% de óleo bruto.

A torta da amêndoa de macaúba foi então triturada em liquidificador comercial (Walita, RI2087, MG, Brasil), moída em moinho de facas (BOTINI- B55, SP, Brasil) e selecionada em peneiras de 30 e 20 mesh. O preparo da amêndoa para a extração e a trituração da torta ocorreram no laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG).

As formulações de bolo desenvolvidas estão apresentadas na Tabela 1. O processo de fabricação empregado nos ensaios experimentais foi o método de creme, em batedeira planetária (Arno, Daily SX88), onde foram misturados o açúcar com a creme vegetal. Após a formação de um creme aerado, foi adicionado ovo integral e os ingredientes foram misturados. Com a formação do creme, a metade da quantidade total de cada ingrediente seco e do leite foi adicionada à mistura e esta foi, em seguida, homogeneizada. A outra metade dos ingredientes foi adicionada e misturada. Por fim, foram adicionados os fermentos químicos. A massa foi colocada em formas cobertas com papel manteiga e submetida ao forneamento (Forno Prática Techmioan), à temperatura de 160 °C por 30 min.

Tabela 1 - Formulações dos bolos controle e com substituições parciais de farinha de trigo

Ingredientes	Formulações			
	Controle	FB50%	FB65%	FB80%
Farinha de trigo (g)	100	50	35	20
Farinha de macaúba (g)	-	50	65	80
Açúcar cristal (g)	70	70	70	70
Creme vegetal (g)	35	15,6	9,78	3,96
Leite (g)	75	75	75	75
Ovo (unidade)	1	1	1	1
Sal (g)	1	1	1	1
Mistura de fermentos químicos (g)*	5	5	5	5

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FB: Formulação de bolo. As porcentagens indicam a quantidade de substituição da farinha de trigo pela farinha de amêndoa de macaúba. *Mistura de fermentos químicos: bicarbonato de sódio, fosfato monocálcico e carbonato de cálcio.

As formulações desenvolvidas dos biscoitos tipo cookie estão apresentadas na Tabela 2. As formulações utilizaram 100% de farinha de trigo (controle) ou a mistura com farinha de amêndoa de macaúba (formulações 35% e 50% com gostas de chocolate e com amendoim).

O processo de produção dos cookies, tanto de chocolate quanto de amendoim, baseou-se na mistura manual do óleo, ovo, açúcar cristal e açúcar mascavo até que se formasse um creme homogêneo. Em seguida, adicionou-se o sal e a(s) farinha(s), e procedeu-se a mistura até que ocorresse a incorporação completa dos ingredientes ao creme inicial. Por último acrescentaram-se os fermentos químicos e a mistura foi homogeneizada por meio de movimentos leves. Por fim, fez-se a incorporação das gotas de chocolate ou do amendoim. A massa preparada foi colocada sob refrigeração por 10 min e logo após foi modelada com o auxílio de duas colheres, sendo colocada em uma assadeira coberta com papel manteiga. O forneamento foi conduzido à temperatura de 170 °C por 18 min. As formulações foram desenvolvidas no laboratório de Tecnologia e Desenvolvimento de Produtos Alimentícios do ICA/UFGM.

Determinações tecnológicas

A avaliação tecnológica dos bolos seguiu o método nº 10-90 da AACC (2001), para se obter os índices de volume, contorno e simetria dos bolos (Tabela 4). As alturas, diâmetros e comprimentos dos bolos foram aferidos com paquímetro digital de precisão (Digimess, 12'), sendo os resultados expressos em milímetros (mm).

O método de deslocamento de volume de pãoço foi empregado para a determinação tecnológica dos volumes dos biscoitos tipo cookie, sendo os resultados expressos em mililitros (mL). A espessura e largura foram aferidas com paquímetro digital de precisão (Digimess, 12') sendo os resultados expressos em milímetros (mm). O peso dos biscoitos foi aferido em balança semi-analítica digital (Urano, UA-220, RS, Brasil), sendo os resultados expressos em gramas (AACC, 2001).

Tabela 2 - Formulações dos biscoitos tipo cookie com gostas de chocolate e com amendoim

Ingredientes	Formulações					
	FCC	FCC35%	FCC50%	FCA	FCA35 %	FCA50 %
Farinha de trigo (g)	120	78	60	120	78	60
Farinha de macaúba (g)	-	42	60	-	42	60
Açúcar cristal (g)	50	50	50	50	50	50
Açúcar mascavo (g)	50	50	50	50	50	50
Óleo de amêndoa de macaúba (g)	70	54	47,2	70	54	47,2
Ovo (unidade)	1	1	1	1	1	1
Sal (g)	2	2	2	2	2	2
Mistura de fermentos químicos* (g)	2	2	2	2	2	2
Chocolate (g)	80	80	80	-	-	-
Amendoim moído (g)	-	-	-	100	100	100

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FCC: Formulação de cookie de chocolate. FCA: Formulação de cookie de amendoim. As porcentagens indicam a quantidade de substituição da farinha de trigo pela farinha de amêndoa de macaúba. *Mistura de fermentos químicos: bicarbonato de sódio, fosfato monocálcico e carbonato de cálcio.

Composição centesimal próxima

A determinação da composição centesimal próxima das formulações produzidas seguiu os métodos preconizados pela AOAC (2011) para a sua quantificação de umidade, cinzas, lipídios totais e proteínas, não incluindo a análise de fibra alimentar, daí o termo composição centesimal próxima. O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa (Quimis, Q31M242, SP, Brasil) a 105 °C, até peso constante. Para a quantificação das proteínas, foi empregado a metodologia Kjeldahl utilizando digestor (Gerhardt Bonn, Alemanha) e destilador de proteínas (Marconi, MA036, SP, Brasil), com o fator de conversão de nitrogênio universal de 6,25. Na análise de cinzas, as amostras foram incineradas em mufla (Coel, UL 1400, SP, Brasil) a 550 °C. A determinação da fração lipídica total foi determinada por metodologia de Bligh e Dyer (1959). O teor de carboidratos totais foi calculado por

diferença percentual, subtraindo-se do total a soma de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos. O valor energético dos produtos foi calculado com base nos valores de proteínas, lipídeos e carboidratos, que fornecem 4, 9 e 4 kcal/g, respectivamente. (BRASIL, 2020). As análises foram feitas em duplicata.

Análise sensorial

Para avaliar a qualidade sensorial dos produtos, foi realizado teste de aceitação utilizando escala hedônica de 9 pontos, variando de 1 “desgostei muitíssimo” a 9 “gostei muitíssimo”. Participaram do teste 100 provadores não treinados, com idade entre 18 e 50 anos, de ambos os sexos, sendo todos acadêmicos ou colaboradores do ICA/UFMG. Os atributos avaliados foram aparência, sabor, textura e impressão global. Também foi aplicado teste de intenção de compra, utilizando escala hedônica estruturada de 5 pontos, variando de 1 “não compraria” a 5 “compraria com certeza”. Os testes foram aprovados por comitê de ética (CAAE 593507116.0.0000.5149). Os resultados foram avaliados por ANOVA e as médias por Teste Tukey a nível de 5% de significância ($p < 0,05$). A análise de todos os produtos ocorreu no laboratório de Análise Sensorial do ICA/UFMG.

Resultados e Discussão

Determinações tecnológicas

Os resultados da avaliação tecnológica dos bolos e dos biscoitos tipo cookie estão apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5.

Em relação às características tecnológicas dos bolos, os índices de volume e de contorno das formulações com macaúba apresentaram diferença estatística quando comparadas à formulação controle, sendo menores nas formulações com farinha de macaúba. Já o índice de simetria apresentou resultados estatisticamente iguais ao do bolo controle, o que demonstra interferência da farinha de amêndoa de macaúba na formação e expansão da estrutura proteica na massa.

Segundo Santos *et al.* (2019), o uso de farinhas diferentes da farinha de trigo e com teores de fibras mais elevados, como é o caso da farinha de amêndoa de macaúba, podem interferir na formação e incorporação da estrutura proteica ao redor das bolhas de ar na massa, contribuindo para a perda do volume do produto final. Tal resultado também foi corroborado pelos resultados da pesquisa de Chagas *et al.* (2022), que demonstraram que a adição de biomassa de banana verde juntamente com chia apresentou resultados negativos em relação ao volume aparente e conseqüentemente ao índice de expansão do bolo desenvolvido por eles, principalmente para a formulação com a maior substituição da

farinha de trigo (50%). Destacando-se estudos que apontam um alto teor de fibra tanto na polpa como na amêndoa de macaúba (ANDRADE *et al.*, 2020; GARRONI, 2021), os resultados encontrados no presente estudo, sugerem que o volume dos bolos foi afetado pelo alto teor de fibras.

Tabela 3 - Características tecnológicas dos bolos

Formulação	Média ± desvio padrão		
	Índice de volume	Índice de contorno	Índice de simetria
Controle	138,34 ± 6,18 ^a	19,0 ± 1,73 ^a	0,33 ± 0,58 ^a
FB50%	108,23 ± 1,13 ^b	10,0 ± 1,00 ^b	1,33 ± 1,15 ^a
FB%	98,05 ± 2,45 ^c	6,0 ± 0 ^c	0,33 ± 0,58 ^a
FB80%	81,48 ± 1,48 ^d	3,67 ± 2,08 ^d	0,67 ± 1,15 ^a

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FB: Bolo pronto. As porcentagens indicam a quantidade de substituição da farinha de trigo pela farinha de amêndoa de macaúba.

Nota: Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes (Teste Tukey P < 0,05).

O contorno e a simetria de massas de bolo após o forneamento são características importantes na avaliação da qualidade de produtos de panificação (OLIVEIRA *et al.*, 2019). No caso de bolos, a simetria ideal deve apresentar resultado zero e o índice de contorno deve ser positivo, mostrando que a massa cresceu uniformemente e que houve a manutenção estrutural durante a cocção. Nota-se, portanto, que apesar de a simetria ter apresentado valores um pouco acima de zero, a adição de farinha de macaúba não interferiu nesse indicador de qualidade, pois os resultados apresentados pelos bolos com farinha da amêndoa de macaúba foram estatisticamente iguais ao bolo controle.

Para o cookie de amendoim, o índice de expansão mostrou-se estatisticamente diferente apenas para a formulação FCA50% em comparação com a formulação controle, sendo menor no biscoito com a farinha de amêndoa. Os volumes específicos de todos os cookies de amendoim apresentaram resultados estatisticamente iguais. Da mesma forma, os índices de expansão e de volumes específicos dos cookies de chocolate não mostraram diferença estatística entre as formulações FCC35% e FCC50% e a formulação controle.

Chagas *et al.* (2021) estudaram a aplicação de farinhas de coprodutos de camu-camu (*Myrciariadubia*) na produção de cookies com substituição parciais da farinha de trigo. Os resultados comprovam que a expansão em massas de panificação é influenciada pela presença de glutenina e gliadina presentes no glúten (farinha de trigo). Dessa forma, a diminuição da porcentagem de farinha de trigo afeta a concentração dessas proteínas na massa dos biscoitos produzidos, logo, afeta também as características viscoelásticas dos biscoitos. Quanto maior o percentual de substituição na farinha de trigo, mais quebradiça a massa se apresenta, além de resultar em produto com menor volume (CHAGAS

et al., 2021). Portanto, em produtos de panificação, a substituição parcial da farinha de trigo por fontes fibrosas contribui para resultados negativos na característica de expansão de biscoitos. Esse fato pôde ser avaliado por meio dos resultados obtidos para o índice de expansão do cookie de amendoim e também para o índice de volume dos bolos desenvolvidos, os quais apresentaram valores menores à medida que a farinha de trigo foi substituída em maior proporção pela farinha de amêndoa de macaúba. Provavelmente isso não pôde ser observado no cookie de chocolate devido às gotas de chocolate acrescentadas na formulação, que limitaram o desenvolvimento do volume em todos os biscoitos, não apresentando diferença estatística entre os resultados.

Tabela 4 - Características tecnológicas dos cookies de amendoim

Formulação	Média ± desvio padrão	
	Índice de expansão	Volume específico
Controle	5,29 ± 0,05 ^a	1,82 ± 0,06 ^a
FCA35%*	4,29 ± 0,06 ^{ab}	1,71 ± 0,16 ^a
FCA50%*	4,52 ± 0,23 ^b	4,52 ± 0,23 ^a

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FCA: Cookie de amendoim após forneamento. As porcentagens indicam a quantidade de substituição da farinha de trigo pela farinha de amêndoa de macaúba.

Nota: Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes (Teste Tukey P < 0,05).

Tabela 5 - Características tecnológicas dos cookies de chocolate

Formulação	Média ± desvio padrão	
	Índice de expansão	Volume específico
Controle	5,36 ± 0,23 ^a	1,80 ± 0,06 ^a
FCC35%*	4,81 ± 0,09 ^a	2,04 ± 0,05 ^a
FCC50%*	4,55 ± 0,35 ^a	2,05 ± 0,09 ^a

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FCC: Cookie de chocolate após forneamento. As porcentagens indicam a quantidade de substituição da farinha de trigo pela farinha de amêndoa de macaúba.

Nota: Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes (Teste Tukey P < 0,05).

Composições nutricionais próximas

De modo geral, a composição centesimal próxima de todos os produtos elaborados com a farinha de macaúba, embora não analisa estatisticamente, apresentou resultados preferíveis quando comparados às formulações controle (Tabelas 6 e 7).

O teor de proteína nas formulações dos bolos foi de aproximadamente 10,27 g/100g (Tabela 6). Este valor se mostrou superior ao teor proteico (aproximadamente 6 g/100g) de cupcakes desenvolvidos

por Moraes *et al.* (2018), que utilizaram farinha de caju, e próximo ao de bolos desenvolvidos com substituição da farinha de trigo por amaranto, quinoa, soja e fécula de mandioca (de 12,50 a 14,86 g/100g), desenvolvidos por Silva *et al.* (2017), onde a farinha mista com maior porcentagem de substituição teve 35% de amaranto, 10% de quinoa, 30% de soja e 25% de fécula de mandioca. Ramos *et al.* (2022) relataram um aumento de 60% no teor de proteína na formulação de bolo com 80% de substituição da farinha de trigo pela farinha de amêndoa de baru. Em comparação com essas formulações que empregaram amêndoas de baru, os bolos adicionados de amêndoa de macaúba apresentaram valor proteico bem inferior.

Tabela 6 - Composição química dos bolos

Componente	Porcentagem Média* ± desvio padrão			
	Controle	FB50%	FB65%	FB80%
Proteína	9,69 ± 0,85	9,60 ± 1,08	10,87 ± 0,25	10,35 ± 0,75
Lipídeos	4,18 ± 0,42	4,04 ± 0,19	3,81 ± 0,85	3,61 ± 0,48
Cinzas	2,32 ± 0,04	3,07 ± 0,06	3,21 ± 0,03	3,45 ± 0,03
Carboidratos	52,93 ± 0,41	56,00 ± 0,56	54,96 ± 0,42	55,24 ± 0,36

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FB: Bolo com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de amêndoa de macaúba. *Resultados em base seca.

Tabela 7 - Composição química dos cookies de amendoim e chocolate

Componente	Porcentagem Média* ± desvio padrão					
	CA	FCA35%	FCA50%	CC	FCC35%	FCC50%
Proteína	13,62 ± 0,02	14,78 ± 1,02	14,52 ± 1,00	7,09 ± 0,35	8,00 ± 0,34	8,71 ± 0,30
Lipídeos	31,57 ± 0,18	32,51 ± 0,18	32,88 ± 0,23	28,38 ± 0,29	27,25 ± 0,09	26,82 ± 0,04
Cinzas	1,94 ± 0,05	2,43 ± 0,05	2,49 ± 0,03	1,90 ± 0,05	2,05 ± 0,45	2,36 ± 0,03
Carboidratos	46,86 ± 0,89	45,11 ± 0,53	45,43 ± 0,51	58,80 ± 0,16	59,57 ± 0,19	59,85 ± 0,15

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: CA: Formulação controle de cookie de amendoim. CC: Formulação controle de cookie de chocolate. FCA e FCC: Cookie de amendoim e de chocolate, respectivamente. As porcentagens indicam a quantidade de substituição da farinha de trigo pela farinha de amêndoa de macaúba. *Resultados em base seca.

Observa-se que os resultados de proteínas deste estudo foram superiores quando comparados com o valor encontrado por Soares *et al.* (2018) em biscoito com adição de 20% de farinha de baru (4,02%) e em biscoitos elaborados com adição de farinha de resíduos de frutas desenvolvidos por Duarte *et al.* (2021), cujo valor médio foi de 5,36%. O elevado teor de proteína encontrado no presente trabalho pode ser justificado pelo fato de que muitos ingredientes utilizados na formulação serem proteicos.

O teor de cinzas das formulações de bolos variou de 3,07 a 3,45 (Tabela 6) e o dos cookies analisados variou entre 2,05% e 2,49% (Tabela 7). Observou-se que, quanto maior a quantidade de farinha de amêndoa de macaúba empregada nas formulações dos produtos de panificação, maior o conteúdo de cinzas, corroborando com o estudo de Silva *et al.* (2018), que analisaram biscoitos tipo cookie adicionados de farinha de pequi. Segundo os resultados de cinzas apresentados por Santos *et al.* (2019), que desenvolveram bolos com farinha de batata doce em substituição parcial à farinha de trigo, para a formulação com maior substituição, de 50%, o teor de cinzas determinado foi de 2,06%. Queiroz *et al.* (2017) desenvolveram cookies com adição de farinha de coco e Santos *et al.* (2011) elaboraram biscoitos com adição de farinha de buriti e de aveia. Todos os trabalhos relataram aumento no teor de cinzas em comparação com as respectivas formulações controle.

Observou-se que o teor de lipídeos nos bolos desenvolvidos variou de 3,61% a 4,18% (Tabela 6) e nos cookies, variou de 26,82% a 32,88% (Tabela 7), sendo que as formulações com maior proporção de farinha de macaúba apresentaram teores de lipídeos maiores. Segundo os resultados apresentados por Santos *et al.* (2019) em bolos com substituição de 50% de farinha de trigo por farinha de batata doce, o teor de lipídeos foi bem inferior, 2,06%. Certamente esse fato está relacionado ao teor de lipídeos da matéria prima, que no caso da amêndoa de macaúba é oleaginosa, já a batata doce é um tubérculo rico em carboidratos e pobre em lipídeos. Também Silva *et al.* (2018) determinaram valores de lipídeos inferiores (em média 15,74 %) em cookies de pequi, onde a maior substituição foi de 20%.

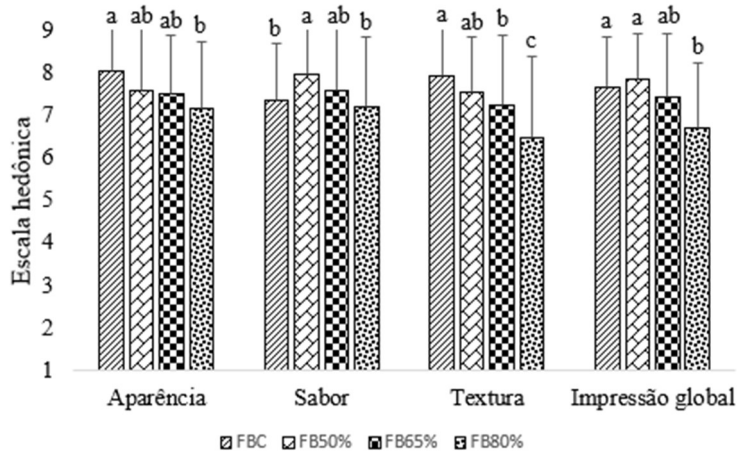
Quanto aos teores médios de carboidratos, estes foram de 55,4% para os bolos com farinha de amêndoa de macaúba (Tabela 6) e de 45,27 g/100g para o cookie de amendoim com esta farinha e 59,71 g/100g para o cookie de chocolate também com farinha de macaúba (Tabela 7). Tais valores foram menores que o encontrado por Bueno *et al.* (2017) (75,31 g/100g) ao analisarem cookies elaborados com farinha de semente de lichia. Menores também que o encontrado por Silva *et al.* (2018) (62,90 g/100g) em cookies elaborados com adição de farinha de pequi.

Quanto aos valores calóricos calculados para os bolos com farinha de amêndoa de macaúba, os valores foram de 290,98, 298,61, 302,09, 303,32 Kcal/100g para as formulações controle, FB50, FB65 e FB80%, respectivamente. Valores esses menores que o encontrado por Ramos *et al.* (2022), que ao substituir 80% da farinha de trigo pela farinha de baru encontrou um valor calórico de 516,66 Kcal/100g. Já para os cookies de amendoim, encontraram-se valores de 527,89, 533,99, 537,36 Kcal/100g para CA, FCA35% e FCA50% respectivamente. Para os cookies de chocolate 517,18, 518,33 e 520,37 kcal/100g, para as formulações CC, FCC35% e FCC50%, respectivamente. Sendo esses valores maiores que o encontrado por Santos *et al.* (2011), que foi de 487,82 Kcal/100g analisando biscoitos com adição de farinha de buriti com aveia.

Análises sensoriais

A Figura 1 apresenta os resultados da avaliação sensorial dos bolos desenvolvidos. A Figura 2, a avaliação sensorial dos cookies de chocolate e a Figura 3 esta avaliação para os cookies de amendoim com farinha de amêndoa de macaúba parcialmente desengordurada.

Figura 1 - Resultados dos testes sensoriais de aceitação das formulações de bolo desenvolvidas



Fonte: Dos autores, 2023.

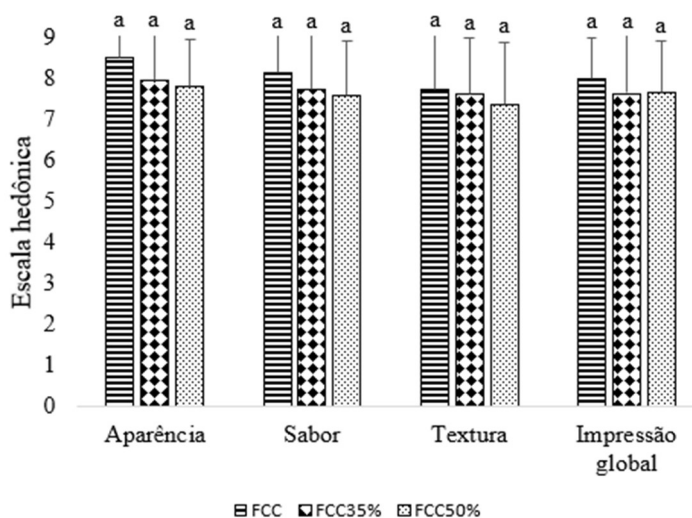
Legenda: FBC: Formulação bolo controle; FB: Formulação bolo seguido da porcentagem de substituição.

Nota: Colunas indicam média de aceitação. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Quanto ao atributo aparência, o bolo FBC foi o mais aceito, sendo as formulações FB50 e FB65 igualmente aceitas quando comparadas a FBC. Já a formulação FB80 foi a menos preferida. Quanto ao sabor, a FB50 foi preferida, inclusive mais aceita que a FBC, e a FB80, menos preferida. No que se refere à textura, a FBC foi preferida, e a FB80, a menos aceita. Quanto à impressão global, as formulações FB50 e FBC foram igualmente preferidas, sendo a FB80, a menos aceita. Braga-Souto *et al.* (2022) relatam que os resultados de todos os testes sensoriais avaliados para as formulações de bolo adicionadas com 10, 20 e 30% de farelo de buriti foram mais aceitas e preferidas pelos julgadores do que a formulação padrão. Observando os resultados do presente estudo, a substituição de 50% da farinha de trigo pela farinha de amêndoa de macaúba foi a que mais agradou os consumidores.

Para os cookies de amendoim e chocolate, o teste estatístico não apresentou diferença entre as formulações para todos os atributos avaliados (Figuras 2 e 3), sendo que os valores médios variaram entre 7 e 8, “gostei moderadamente” a “gostei muito”.

Figura 2 - Resultados dos testes sensoriais de aceitação das formulações de cookie de chocolate desenvolvidas



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FCC: Formulação cookie controle; FCC: Formulação cookie chocolate seguido da porcentagem de substituição.

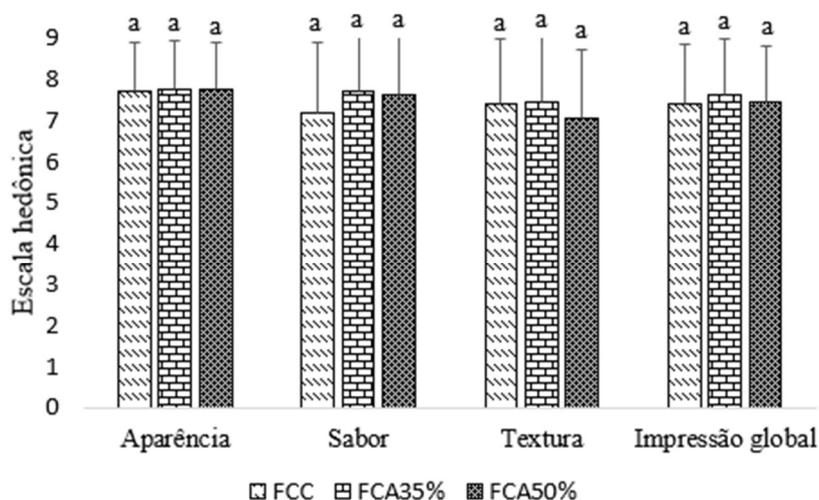
Nota: Colunas indicam média de aceitação. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados do teste de intenção de compra (Figura 4) reafirmam a aceitação dos bolos à base de amêndoa de macaúba, pois os resultados não apresentaram diferença estatística com relação a intenção de compra das FBC, FB50 e FB65, sendo que os resultados ficaram entre 3 e 4 na escala que variava de “certamente não compraria” a “certamente compraria”. Também os testes de intenção de compra de bolos de chocolate com adição de subproduto do buriti, elaborados por Braga-Souto *et al.* (2022), resultaram em valores entre “comeria de vez em quando” e “comeria com muita frequência”.

O teste de intenção de compra dos cookies de amendoim e chocolate não apresentou diferença entre as formulações e a de intenção de compra ficou próxima a 4, “provavelmente compraria” (resultados não apresentados). Freitas *et al.* (2020) evidenciaram que biscoitos sem glúten com 5% de substituição da farinha de arroz por farinha de polpa de buriti tiveram alta aceitação e foram considerados adequados quanto aos parâmetros de cor, sabor e crocância. Soares *et al.* (2018), ao elaborarem biscoitos enriquecidos com farinha de amêndoa de baru, obtiveram resultados semelhantes ao desta pesquisa, para os atributos de cor, sabor, textura e aparência. Verificou-se também que a intenção de compra dos biscoitos apresentou reação positiva entre os julgadores, demonstrando que a maioria dos provadores possivelmente compraria as formulações desenvolvidas.

De acordo com os resultados sensoriais obtidos, observa-se que a adição de farinha da amêndoa de macaúba pode ser uma escolha promissora para desenvolver novos produtos. Na realidade, espécies frutíferas nativas do Cerrado possuem aceitação no mercado consumidor, pois seus frutos contêm sabores marcantes e peculiares (SOARES *et al.*, 2017).

Figura 3 – Resultados dos testes sensoriais de aceitação das formulações de cookie de amendoim desenvolvidas



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FCC: Formulação cookie controle; FCA: Formulação cookie amendoim seguido da porcentagem de substituição.
Nota: Colunas indicam média de aceitação. Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Conclusão

Diante do apresentado, conclui-se que os produtos de panificação à base de farinha de amêndoa de macaúba podem ser considerados nutricionalmente viáveis por serem saudáveis e também tecnologicamente adequados. Verificou-se boa aceitação dos produtos desenvolvidos, especialmente aqueles com substituições de 50 a 65% da farinha de trigo por farinha de amêndoa de macaúba. Assim, vislumbra-se tais produtos como auxiliares na geração de renda daqueles que vivem do extrativismo da macaúba.

Referências

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of American Association of Cereal Chemists**, 9. ed., v. 1 e 2 St. Paul: Approved Methods Committee, 2001.

ANDRADE, A. C. *et al.* Prebiotic potential of pulp and kernel cake from Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and Macaúba palm fruits (*Acrocomia aculeata*). **Food Research International**, v. 136, p. 10995, 2020.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18 ed. 4 rev. Gaithersburg: AOAC, 2011. 1505p.

BORGES, J. T. S. *et al.* Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim CEPPA**, v. 24, n. 1, p. 145 – 162, 2006.

BRAGA-SOUTO, R. N. *et al.* Improvement of sensorial and technological characteristics of chocolate cakes with buriti fruit by-product. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.46, n.5, 2022.

BRASIL. IN nº 75, de 08 de outubro de 2020. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 out. 2020. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/434474>. Acesso em: 31 mai. 2023.

CAMILI, E. A. *et al.* Qualidade tecnológica de bolo elaborado com farinha de mesocarpo de babaçu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016. Gramado, **Anais [...]**, Rio Grande do Sul: FAURGS, 2016. p. 1 – 6.

CAVALLINI, O. F. *et al.* Farinhas mistas utilizadas em produtos panificados: importância tecnológica. In: ROBERTO, C. D. *et al.* **Tópicos especiais em ciência e tecnologia de alimentos**. Espírito Santo: Vitória, 2020, v. 1, p. 271 – 286.

CHAGAS, A. T. *et al.* Bolo tipo muffin adicionado de biomassa de banana verde e chia. **Repositório Institucional do Instituto Federal de Santa Catarina**, p. 1-42, 2022.

CHAGAS, E. G. L. *et al.* Enrichment of antioxidants compounds in cookies produced with camu-camu (*Myrciariadubia*) coproducts powders. **LWT – Food Science and Technology**, v. 137, 2021.

COLOMBO, C. A. *et al.* Macauba: a promising tropical palm for the production of vegetable oil. **Oil Seeds & Fast Crops and Lipids**, v.25, p. 1 – 9, 2018.

DEL RÍO, J. C. *et al.* Chemical composition and thermal behavior of the pulp and kernel oils from macauba palm (*Acrocomia aculeata*) fruit. **Industrial Crops and Products**, v. 84, p. 294-304, 2016.

DUARTE, S. G. *et al.* Biscoito tipo cookie com adição de farinha de resíduos de frutas. **Exatas Online**, v.12, n.1, p. 23-37, 2021.

FARINAZZI-MACHADO, F. M. V. *et al.* Physical-chemical, colorimetric and sensory profile of cereal bars with pulp and almonds of macauba (*Acrocomia aculeata* (jacq.) Lodd.). **Revista Unimar Ciências**, v. 27, n. 1-2, 2018.

FREITAS *et al.* Impacto da adição da farinha de buriti em biscoito tipo cookie sem glúten. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 2020.

GARRONI, N. *et al.* Caracterização físico-química e tecnológica de bolos tipo *cupcake* incorporados com torta de amêndoa de jerivá e macaúba. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2021.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

MORAIS, E. C. *et al.* Elaboração de *cupcake* adicionado de farinha de fibra de caju: caracterização físico-química e sensorial. **Brazilian Journal of Food Research**, v.9, n.2, p.1-14, 2018.

OLIVEIRA, F. A. S. *et al.* Use of passion fruit albedo flour (*passiflora edulis*) in the partial replacement of wheat flour for cake preparation. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 6, p. 2457-2468, 2019.

QUEIROZ, A. *et al.* Elaboração e caracterização de cookies sem glúten enriquecidos com farinha de coco: Uma alternativa para celíacos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

RAMOS, A. F. *et al.* Development of cakes with almond baru flour: chemical composition and its correlations with textureprofile analysis. **British Food Journal**, v.125, n.4, p. 1206-1216, 2022.

SANTOS, A. F. C. *et al.* Avaliação da composição química nutricional e tecnológica de bolos elaborados com farinha de batata doce. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UFMG, 3., 2019, Montes Claros. **Anais eletrônicos [...]** Montes Claros: UFMG, 2019.

SANTOS, C. A. Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa L. f*) com e sem adição de aveia (*Avena sativa L.*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.5. p. 262-273, 2011.

SILVA, C. L. M. *et al.* Composição centesimal de biscoitos tipo cookies adicionados de farinha de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae). **Agrarian Sciences Journal**, v. 10, n. 2, p. 78–82, 2018.

SILVA, I. G. *et al.* Elaboração e análise sensorial de biscoitos tipo cookie feito a partir da farinha do caroço de abacate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.

SILVA, L. A. A. *et al.* Utilização de ingredientes sucedâneos ao trigo na elaboração de bolos sem glúten. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 76, p. e1724, 2017.

SILVA, S. T. **Ação antioxidante de frutos do cerrado e seu potencial para uso dermatológico antienvhecimento: uma revisão de literatura.** 2021. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Campos Universitário do Araguaia, Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Garças, 2021.

SOARES, B. C. *et al.* Repeatability of physical and chemical characteristics in pequi fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n.39, p.1-12, 2017.

SOARES, L. V. **Elaboração e caracterização de biscoitos enriquecidos com farinha de amêndoa de baru.** 2018. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018.

CAPÍTULO 10

Análises físico-químicas de cervejas produzidas com lúpulo em flor e pellet brasileiros e pellet importado

Neuza Marques Ramos*¹; Alexandre Fontes Pereira²; Michelle Rigueira Oliveira³

Resumo

A indústria cervejeira vem crescendo nos últimos anos em várias regiões do mundo com isso houve uma variação no perfil de consumo, impulsionando o aumento de pequenas e micros cervejarias. No Brasil, o lúpulo ganhou visibilidade apesar de ainda não ter gerado impacto financeiro por estar em fase de desenvolvimento, fomentou as pesquisas acadêmicas envolvendo tanto a matéria-prima em questão quanto o desenvolvimento do processo cervejeiro. Com esta possibilidade, este estudo buscou utilizar o lúpulo Cascade brasileiro (flor e *pellet*) e o lúpulo Cascade (americano) para produção de cervejas artesanais tipo lager, baixa fermentação. As cervejas foram produzidas em três repetições, em um fermentador de 12 litros, depois envazadas em garrafas de 600 mL. Através das análises físico-químicas pode-se perceber que o decréscimo de TSS nos cinco primeiros dias e mais lento nos três dias finais, mantendo certa estabilidade no final do processo de fermentação. Os valores de pH reduziram nos primeiros dias de fermentação, o valor estabilizou-se em torno de 4,5, sendo um parâmetro indicativo do final do processo de fermentação. A densidade reduziu a partir dos valores inicial (OG) e estabilizaram em um valor final (FG), devido ao consumo dos substratos e formação de álcool. O teor alcoólico das amostras com *pellet* brasileiro variou entre 3,64 % e 3,7 %, com flor brasileira entre 3,59% e 3,85%, as amostras com *pellet* importado ficou entre 4,04% e 4,16%. O valor máximo de acidez volátil encontrado foi na amostra P7, $30,94 \pm 2,97$ mg/L de ácido acético valor abaixo do limite que é de 60 mg/L de ácido acético. A cor em todos estilos pela escala EBC foi classificada na cor clara, já na escala EBC, os lúpulos de *pellet* brasileiro e importado apresentaram cor amarela e o lúpulo em flor, cor dourada.

Palavras-chave: Cascade. Fermentação. Lager.

Introdução

O setor cervejeiro teve nos últimos anos um enorme crescimento em todo o mundo, segundo

¹ Mestranda em Ciências e Tecnologia de Alimentos; Departamento de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa.

² Professor Doutor; Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa.

³ Mestre em Engenharia Química; Universidade Federal de Viçosa.

* E-mail: neuza.ramos@ufv.br/neuzamarques250@gmail.com

dados do Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (SINDCERV, 2020). Os maiores produtores são, respectivamente, China, Estados Unidos e Brasil, e todos dobraram suas produções nos últimos vinte anos (SINDCERV, 2020; KIRIN, 2020). A ordem do ranking segue a mesma quando o parâmetro em análise é o volume de consumo da bebida (KIRIN, 2020). Apesar das grandes cervejarias ainda dominarem o setor, as micro e pequenas foram as que mais impulsionaram o segmento nos últimos anos (MARTINS, ARAÚJO, SANTOS, 2020).

Em relação ao cenário brasileiro, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o crescimento do número de cervejarias registradas no país pode ser considerado constante desde os anos 2000. Este crescimento tão expressivo deve levar em consideração que o perfil de consumo também mudou, já que entre os anos de 2015 e 2017 o número de cervejarias artesanais no país cresceu 91%, ainda segundo o MAPA (2019).

Juntamente com a mudança de perfil de consumo dos brasileiros, aumentou-se a procura por insumos de menor custo e alta qualidade, o que fomentou as pesquisas acadêmicas em todas as áreas do processo produtivo, principalmente sobre o cultivo e a qualidade do lúpulo brasileiro, visto que, hoje, quase 100% desta matéria-prima é importada, o que eleva o custo de produção (MARTINS, ARAÚJO, SANTOS, 2020). O lúpulo nacional ainda não impactou financeiramente no setor produtivo, pois está em fase de desenvolvimento e pesquisa, além de não haver quantidades suficientes para abastecer o mercado (NOVAIS *et al.*, 2019).

A utilização de lúpulo em flor no Brasil é muito limitada, uma vez que o processo de importação restringe a forma com que o insumo é consumido pelos cervejeiros, visto que ao chegar nas cervejarias, grande parte da sua vida útil já está comprometida (HIERONYMUS, 2020). Com o cultivo no país, cresce a possibilidade de utilizar lúpulos em flores e não apenas em *pellets*, diversificando assim o processo cervejeiro e melhorando as características desejáveis do produto final.

Diante do exposto o trabalho objetivou produzir cerveja artesanal lager, variando o lúpulo da variedade Cascade cultivado no Brasil entre flor e *pellet*, e lúpulo Cascade americano, analisando as suas características físico-químicas a fim de classificar as cervejas produzidas.

Material e Métodos

Para a produção da cerveja, utilizou-se lúpulo Cascade brasileiro em flor e *pellet* da região sul do Brasil (Lupulândia, Brasil - Safra 2021), lúpulo Cascade americano (Yakima Chief, EUA), maltes Pilsen e Cara Clair (Agrária e Castle Malte, Brasil) e levedura W-3470 (Fermentis, França). Baldes plásticos novos de 12 L com sistema de *airlock* (Lamas Brew Shop, Brasil) foram usados como fermentadores.

Produção de cerveja

A cerveja foi produzida em bateladas de 12 litros, com a receita mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Receita da cerveja Lager.

Ingrediente	Quantidade
Malte Pilsen	1,92 Kg
Malte Cara Clair	0,92 Kg
Água	12,0 L
Lúpulo	24,6 g
W-2470	6,0 g

Fonte: Dos autores, 2022.

A produção de cerveja foi realizada em triplicata usando matérias-primas de mesmo lote variando apenas os lúpulos, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Tipos de lúpulos por batelada.

Lúpulo Cascade	Produção
	P1
<i>Pellet</i> Brasileiro	P2
	P3
	P4
Flor Brasileira	P5
	P6
	P7
<i>Pellet</i> Importado	P8
	P9

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Amostras P1, P2 e P3: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em *pellet* brasileiro. Amostras P4, P5 e P6: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em Flor brasileira. Amostras P7, P8 e P9: Triplicatas de cervejas utilizando o *Pellet* importado.

Para a produção inicialmente o malte foi moído em moedor elétrico de regulação Manual e despejado na cesta apropriada da panela elétrica contendo 10L de água potável a 45°C para dar início ao processo de brassagem, conversão do amido presente no malte em açúcares. A rampa seguiu as temperaturas e tempos descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Rampa de brasagem.

	Temperatura (°C)	Tempo (min)
R1	45	10
R2	67	75
R3	72	10
R4	76	10

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: R1: Primeira Rampa; R2: Segunda Rampa ; R3: Terceira Rampa; R4: Quarta Rampa.

Durante a etapa de brassagem foi realizado o teste de Iodo, que identifica a presença do amido no mosto cervejeiro. O contato do amido com a solução de Iodo 2% tornou a amostra de mosto azul escura, enquanto a ausência da molécula deixou o mosto aquoso amarronzado (SANTOS, AFONSO, 2012). O teste foi realizado para todas as produções e as nove bateladas adicionando-se uma pequena alíquota de amostra de mostro em uma placa de reação de porcelana juntamente com 2 a 3 gotas de solução de Iodo 2%, para observação da mudança de coloração apresentaram os mesmos resultados, no qual, ao decorrer da evolução da temperatura o amido foi sendo consumido e a coloração azul desaparecendo, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Teste do Iodo



Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Teste de iodo realizado ao longo da etapa de brassagem.

Após o término da rampa, a cesta contendo o malte foi retirada e o bagaço lavado com 2L de água a 76 °C. A água de lavagem foi adicionada ao mosto e a temperatura aumentada para 100 °C, iniciando a etapa de fervura/lupulagem. Após atingir a ebulição, iniciou a contagem de 60 minutos. Os lúpulos foram inseridos nos tempos descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Tempos de adição de lúpulo

Tempo (min)	Quantidade (g)
10	8,2
30	8,2
50	8,2

Fonte: Dos autores, 2022.

Ao final do processo de fervura, a panela foi desligada e o *chiller*, previamente sanitizado foi colocado no mosto, utilizando água como fluido refrigerante, com o intuito de reduzir a temperatura para 25 °C. Após resfriado foi acrescido 50 g de levedura hidratada juntamente ao mosto em um recipiente de plástico fechado com dispositivo de *airlock* que possibilita a saída de gás carbônico gerado durante a fermentação. A fermentação ocorreu a 14 ± 1 °C, sendo a temperatura controlada por termostato para garantir a estabilidade e bom desempenho da fermentação, durante esse processo foram avaliados teor de sólidos solúveis (TSS) utilizando refratômetro portátil analógico e pH por um pHmetro de bancada diariamente, até que fosse atingida a estabilidade, indicando o fim do processo bioquímico. Em seguida, a temperatura foi diminuída para 0 ± 1 °C, por um período de 10 dias, iniciando a maturação.

Após o período de maturação a cerveja foi envasada em garrafas âmbar de 600mL lavadas e sanitizadas, e em seguida armazenadas em geladeira a 4 ± 1 °C.

Análises físico-químicas

Teor alcoólico

Para determinação do teor alcoólico foi realizada uma destilação simples, partindo de 100 mL de amostra de cerveja. O destilado foi recolhido em uma proveta até atingir 75 mL e logo após transferido para um balão volumétrico de 100mL que foi completado com água Milli-Q[®] e homogeneizado, resfriado a 20°C. Após este processo a amostra foi pesada a densidade da amostra com auxílio de um picnômetro e uma balança analítica (BRASIL, 2005).

O valor da densidade relativa foi convertido em teor alcoólico pela Tabela de conversão da Densidade relativa a 20°C/20°C em porcentagem de álcool do Instituto Adolfo Lutz (ALMEIDA, BELO, 2017).

Determinação de acidez volátil

A determinação foi realizada utilizando um determinador de acidez volátil (Tecnal, Brasil TE-0871), no qual se utilizou 10 ml de amostra de cerveja no aparelho que através do arraste de voláteis e condensado, foram recolhidos 100 ml de amostra, após esse processo foi titulado com solução de NaOH a $0,1 \text{ mol}^{-1}$ usando fenolftaleína como indicador (BRASIL, 1986). As análises foram realizadas em triplicatas e os resultados foram expressos em mg de ácido acético/L de amostra (BRASIL, 1986).

Determinação de cor

Para determinação de cor tomando por base a escala EBC, foi utilizado o espectrofotômetro UV-mini – 1240 (Shimadzu, Japão), usando uma absorbância de no comprimento de onda a 430 nm, tendo como branco água destilada, e para as amostras foram acondicionadas em cubeta de vidro. Os valores obtidos foram multiplicados pelo fator de correção da cubeta e classificados de acordo a escala de coloração apresentada na Figura 2 (COELHO NETO *et al.*, 2020).

Resultados e Discussão

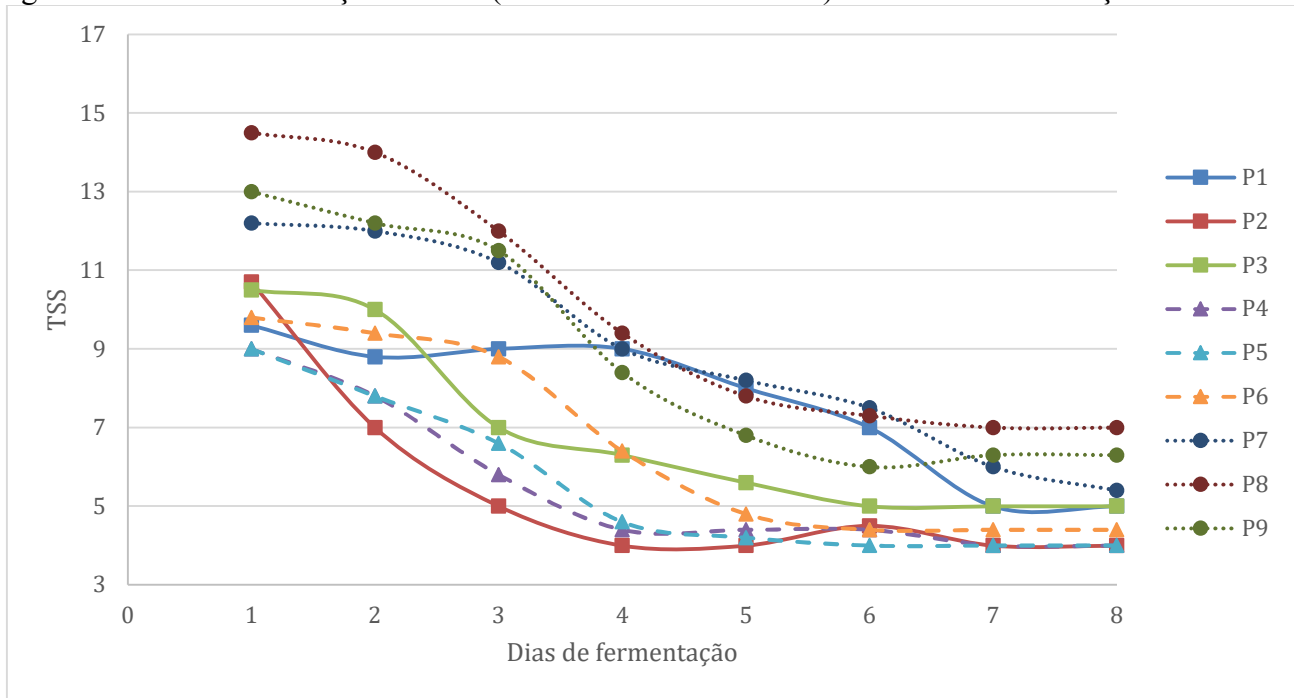
Parâmetros da fermentação

Teor de sólidos solúveis

Durante a fermentação das cervejas foram medidos diariamente os valores de teor de sólidos solúveis e os resultados estão apresentados no gráfico da Figura 3, que representa as bateladas P1 até P9.

Foi observado uma diminuição do valor do TSS ao longo da fermentação, que ocorreu em um período de 8 dias. Pode-se perceber que o decréscimo dos valores ocorre de forma mais expressiva nos cinco primeiros dias e mais lento nos três dias finais, mantendo certa estabilidade. Tal estabilidade confirma o fim da fermentação, indicando que as leveduras não possuem mais açúcares fermentescíveis disponíveis para que ocorra a reação de formação de etanol ou que a quantidade do mesmo presente no mosto está inibindo a ação dos microrganismos, pois, segundo White & Zainasheff (2020) o próprio produto da fermentação pode ser tóxico para as leveduras em concentrações mais elevadas, inibindo a continuação do processo bioquímico.

Figura 3 - Gráfico da variação de TSS (Teor de Sólidos Solúveis) em dias de fermentação



Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Amostras P1, P2 e P3: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em *pellet* brasileiro. Amostras P4, P5 e P6: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em Flor brasileira. Amostras P7, P8 e P9: Triplicatas de cervejas utilizando o *Pellet* importado.

Pode-se observar que apesar dos valores do gráfico possuírem semelhança proporcional quanto a curva de decréscimo, cada batelada possui variações próprias, as temperaturas e tempos de fermentações foram os mesmos para todas as produções, entretanto, as leveduras são seres vivos e pequenas diferenças sempre estarão presentes, principalmente em produções artesanais.

As bateladas P1 até P6 possuem valores mais próximos de TSS inicial e as bateladas P7 até P9 possuem valores um pouco mais elevados, como a fermentação aconteceu sob as mesmas condições e com a mesma cepa de levedura, era de se esperar, como consequência, que os valores finais de TSS das bateladas P7 até P9 também fossem mais elevados, como confirma o gráfico e a Tabela 5. Um valor mais alto de TSS final significa mais açúcar residual no produto final.

pH

Os valores de pH foram medidos uma vez ao dia, diariamente, durante os oito dias de fermentação determinados através do pHmetro de bancada apresentam valores muito próximos entre todas as bateladas, com maior decréscimo nos primeiros quatro dias e indicando sinais de estabilidade nos dias finais, como pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores iniciais e finais de pH

		Inicial	Final
Lúpulo Pellet Brasileiro	P1	5,53 ± 0,01	4,54 ± 0,01
	P2	5,95 ± 0,01	4,5 ± 0,01
	P3	5,66 ± 0,01	4,47 ± 0,01
Lúpulo Flor Brasileiro	P4	5,74 ± 0,01	4,47 ± 0,01
	P5	5,85 ± 0,01	4,47 ± 0,01
	P6	5,78 ± 0,01	4,44 ± 0,01
Lúpulo Pellet Importado (USA)	P7	5,76 ± 0,01	4,48 ± 0,01
	P8	5,73 ± 0,01	4,54 ± 0,01
	P9	5,70 ± 0,01	4,52 ± 0,01

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Amostras P1, P2 e P3: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em *pellet* brasileiro. Amostras P4, P5 e P6: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em Flor brasileira. Amostras P7, P8 e P9: Triplicatas de cervejas utilizando o *Pellet* importado.

Como já dito anteriormente, segundo Rosa e Afonso (2015), durante a fermentação ocorre a formação de compostos como ésteres, ácidos e álcoois superiores através das reações secundárias. Estes compostos fazem com que haja diminuição do pH do mosto. Como a formação destes compostos é mais intensa nos primeiros dias (WHITE & ZAINASHEFF, 2020), a queda é mais brusca no início da fermentação, o que pode ser percebido claramente pelo gráfico.

O pH ideal da cerveja é abaixo de 4,5, pois assim é possível inibir a ação de microrganismos que possam comprometer a qualidade e a vida útil do produto (HOFFMAN, 2001). Pela Tabela 6, podemos perceber que os valores encontrados ficaram em torno de 4,5.

Densidade

Os valores de densidade inicial (OG) e densidade final (FG) foram medidos antes e depois da fermentação e os valores obtidos para essa variável revelaram resultados coerentes com os dados de TSS discutidos anteriormente. As bateladas P1 até P6 apresentaram valores de FG menores que as bateladas P7 até P9. A quantidade de açúcar dissolvida no mosto aumenta sua densidade (WHITE & ZAINASHEFF, 2020), portanto, conforme dados da Tabela 7, os açúcares não fermentescíveis, ou residuais, presentes nas bateladas P7 até P9 foram maiores do que os das bateladas P1 até P6, explicando assim o valor mais alto de FG.

Tabela 7 - Valores iniciais (OG) e finais (FG) de densidade

		OG	FG
Lúpulo <i>Pellet</i> Brasileiro	P1	1,035 ± 0,001	1,007 ± 0,001
	P2	1,044 ± 0,001	1,005 ± 0,001
	P3	1,047 ± 0,001	1,009 ± 0,001
Lúpulo Flor Brasileiro	P4	1,044 ± 0,001	1,005 ± 0,001
	P5	1,034 ± 0,001	1,009 ± 0,001
	P6	1,043 ± 0,001	1,012 ± 0,001
Lúpulo <i>Pellet</i> Importado (USA)	P7	1,053 ± 0,001	1,010 ± 0,001
	P8	1,061 ± 0,001	1,012 ± 0,001
	P9	1,052 ± 0,001	1,017 ± 0,001

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Amostras P1, P2 e P3: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em *pellet* brasileiro. Amostras P4, P5 e P6: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em Flor brasileira. Amostras P7, P8 e P9: Triplicatas de cervejas utilizando o *Pellet* importado.

Teor alcóolico

Os valores de teor alcóolico foram encontrados, por interpolação, na Tabela: *Conversão de densidade relativa a 20°C/20°C em porcentagem de álcool em peso* do Instituto Adolfo Lutz (Brasil, 2005). Por fim, foi feita uma média dos valores das triplicatas para obtenção do teor alcóolico final. Os dados estão presentes na Tabela 8.

O teor alcóolico das amostras com *pellet* brasileiro variou entre 3,64 ± 0,20% e 3,7 ± 0,20%, as amostras com flor brasileira entre 3,59 ± 0,20% e 3,85 ± 0,20%, já as amostras com *pellet* importado entre 4,04 ± 0,20% e 4,16 ± 0,20%. As cervejas tipo lager caracterizam-se pelo baixo teor alcoólico, sendo o álcool formado a partir dos açúcares fermentescíveis do mosto, o que caracteriza o estilo, como cervejas mais leves e menos alcoólicas.

Acidez volátil

Esta análise determina a quantidade de ácido acético presente nas cervejas, tal composto é gerado durante a fermentação e seu valor típico no produto final varia entre 30 e 200 mg/L, seu limiar de detecção no paladar é a partir de 60 mg/L, portanto, todos as amostras possuem ótimos valores, não interferindo no sabor da cerveja, estando bem abaixo dos valores encontrados na literatura mencionados

acima, uma vez que a amostra P7, que apresentou o maior valor, possui $30,94 \pm 2,97$ mg/L de ácido acético (WHITE & ZAINASHEFF, 2020). Os dados estão apresentados na Tabela 9.

A presença de ácido acético em concentrações mais elevadas agrega a cerveja sabor de vinagre, o que não é desejável, portanto, consideramos esse composto um *off-flavors* (ARAUJO, 2019).

Cor

A cor é um parâmetro de classificação das cervejas que é influenciado pelo malte usado na produção, maltes torrados deixam o mosto mais escuro (MALLETT, 2021). Para a produção das cervejas deste estudo, foram utilizados maltes claros, não torrados, para o estilo lager a cor pode variar de acordo com os tipos de maltes da receita. Considerando os dados tabelados das escalas EBC e SRM, os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 10 juntamente com a classificação.

Tabela 8 - Valores de densidade relativa e teor alcóolico

		Densidade Relativa	Teor alcóolico tabelado (%)	Média
Lúpulo <i>Pellet</i> Brasileiro	P1	0,99367	3,52	3,69 ± 0,20
		0,99310	3,86	
		0,99338	3,69	
	P2	0,99320	3,80	3,64 ± 0,20
		0,99345	3,65	
		0,99378	3,48	
	P3	0,99327	3,76	3,70 ± 0,20
		0,99357	3,58	
		0,99324	3,77	
Lúpulo Flor Brasileira	P4	0,99368	3,52	3,85 ± 0,20
		0,99264	4,15	
		0,99396	3,88	
	P5	0,99322	3,78	3,59 ± 0,20
		0,99394	3,36	
		0,99348	3,34	
	P6	0,99295	3,95	3,76 ± 0,20
		0,99376	3,47	
		0,99309	3,87	
Lúpulo <i>Pellet</i> Importado (USA)	P7	0,99328	3,75	4,04 ± 0,20
		0,99106	5,10	
		0,99409	3,27	
	P8	0,99367	3,52	4,16 ± 0,20
		0,99173	4,69	
		0,99243	4,26	
	P9	0,99229	4,35	4,05 ± 0,20
		0,99282	4,03	
		0,99328	3,76	

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Amostras P1, P2 e P3: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em *pellet* brasileiro. Amostras P4, P5 e P6: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em Flor brasileira. Amostras P7, P8 e P9: Triplicatas de cervejas utilizando o *Pellet* importado.

Tabela 9 - Valores das concentrações de ácido acético (mg/L)

		Concentração de ácido acético (mg/L)	Média
Lúpulo <i>Pellet</i> Brasileiro	P1	24,72	23,93 ± 2,97
		23,38	
		23,69	
	P2	22,66	23,35 ± 2,97
		23,69	
		23,69	
	P3	23,69	24,03 ± 2,97
		24,72	
		28,94	
Lúpulo Flor Brasileira	P4	27,94	27,94 ± 2,97
		26,95	
		26,95	
	P5	25,95	26,28 ± 2,97
		25,95	
		26,95	
P6	27,94	27,94 ± 2,97	
	28,94		
	30,94		
	29,94		
Lúpulo <i>Pellet</i> Importado (USA)	P7	29,94	30,27 ± 2,97
		29,94	
		29,94	
	P8	30,94	30,94 ± 2,97
		31,94	
P9	30,94	30,27 ± 2,97	
	29,94		

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Amostras P1, P2 e P3: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em *pellet* brasileiro. Amostras P4, P5 e P6: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em Flor brasileira. Amostras P7, P8 e P9: Triplicatas de cervejas utilizando o *Pellet* importado.

Tabela 10 - Análise de cor

		Cor	Média	EBC	SRM
		3,98 ± 0,01			
	P1	3,95 ± 0,01	4,0 ± 0,01	Palha	Amarelo
		4,06 ± 0,01			
		4,79 ± 0,01			
Lúpulo <i>Pellet</i> Brasileiro	P2	4,78 ± 0,01	4,55 ± 0,01	Palha	Amarelo
		4,09 ± 0,01			
		4,31 ± 0,01			
	P3	4,43 ± 0,01	4,17 ± 0,01	Palha	Amarelo
		3,76 ± 0,01			
		4,64 ± 0,01			
	P4	4,98 ± 0,01	5,25 ± 0,01	Palha	Dourado
		6,12 ± 0,01			
		4,27 ± 0,01			
Lúpulo Flor Brasileira	P5	5,23 ± 0,01	5,23 ± 0,01	Palha	Dourado
		6,18 ± 0,01			
		5,39 ± 0,01			
	P6	5,69 ± 0,01	5,73 ± 0,01	Palha	Dourado
		6,12 ± 0,01			
		4,20 ± 0,01			
	P7	4,45 ± 0,01	4,25 ± 0,01	Palha	Amarelo
		4,1 ± 0,01			
		3,94 ± 0,01			
Lúpulo <i>Pellet</i> Importado (USA)	P8	4,56 ± 0,01	4,35 ± 0,01	Palha	Amarelo
		4,56 ± 0,01			
		4,02 ± 0,01			
	P9	4,09 ± 0,01	4,46 ± 0,01	Palha	Amarelo
		5,26 ± 0,01			

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Amostras P1, P2 e P3: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em *pellet* brasileiro. Amostras P4, P5 e P6: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em Flor brasileira. Amostras P7, P8 e P9: Triplicatas de cervejas utilizando o *Pellet* importado.

Seguindo a escala EBC, adotada no Brasil, para qual a metodologia foi descrita, todas as cervejas foram classificadas na mesma coloração, palha. Já analisando pela escala SRM, as amostras de lúpulo *pellet* brasileiro e importado apresentaram cor amarela, enquanto as amostras de lúpulo flor brasileira apresentaram coloração dourada, o lúpulo fresco, sem o processamento pode modificar a cor da cerveja, durante o processo de fervura.

Conclusão

Foi observado uma redução do valor do TSS ao longo da fermentação, que ocorreu em um período de 8 dias. Pode-se perceber que o decréscimo dos valores ocorre de forma mais expressiva nos cinco primeiros dias e mais lento nos três dias finais, mantendo certa estabilidade no final do processo de fermentação. Os valores de pH reduziram nos primeiros dias de fermentação devido a produção de compostos secundários durante o processo de fermentação, entre eles ácidos orgânicos, o valor estabilizou-se em torno de 4,5, sendo um parâmetro indicativo do final do processo de fermentação. A densidade reduziu a partir dos valores inicial (OG) e estabilizaram em um valor final (FG), devido ao consumo dos substratos (açúcares do mosto) e formação de álcool. O teor alcóolico das amostras com *pellet* brasileiro variou entre $3,64 \pm 0,20\%$ e $3,7 \pm 0,20\%$, as amostras com flor brasileira entre $3,59 \pm 0,20\%$ e $3,85 \pm 0,20\%$, já as amostras com *pellet* importado entre $4,04 \pm 0,20\%$ e $4,16 \pm 0,20\%$. O valor máximo de acidez volátil encontrado foi na amostra P7, $30,94 \pm 2,97$ mg/L de ácido acético. O valor está abaixo do limiar de detecção pelo nosso olfato, que é de 60 mg/L de ácido acético, que caracteriza gosto de vinagre e poderia gerar um *off-flavor* na cerveja. A cor em todos estilos pela escala EBC foi classificada na cor clara, já na escala EBC, os lúpulos de *pellet* brasileiro e importado apresentaram cor amarela e o lúpulo em flor, cor dourada.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Viçosa (UFV), e a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Referências

ALMEIDA, Denner Silva de; BELO, Renata F.C. Análises físico-químicas de cervejas artesanais e industriais comercializadas em Sete Lagoas- MG. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, v.5, n.5, p. 1-16, 2017.

BRASIL, Instrução Normativa n. 28, de 08 de agosto de 2014. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 agost. 2014. Disponível em: <http://www.lex.com.br/legis_25819224_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_28_DE_8_DE_AGOSTO_DE_2014.aspx> . Acesso em: 07 de ago. 2022.

COELHO NETO, Dorval M.; et.al. Chemical Concepts Involved in Beer Production: a review. **Revista Virtual de Química**. [S.L], v. 12, n. 1, p. 120-147, 2020. DOI: 10.21577/1984-6835.20200011.

HIERONYMUS, Stan. **Lúpulo: guia prático para o aroma, amargor e cultivo de lúpulos**. [S.I]: Editora Krater, 2019, 312 p.

HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de microrganismos em alimentos. **Brasil alimentos**, n. 9 – Jul./Ago. 2001.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KIRIN – Global Beer Consumption by Country in 2019. Disponível em: <https://www.kirinholdings.co.jp/english/news/2020/1229_01.pdf>. Acesso em: 02 de janeiro de 2021.

MALLET, John. **Malte: um guia prático do campo à cervejaria**. Porto Alegre: Krater, 2021. 284 p. (Brewing Elements). Tradução de Grace Ferreira Ghesti e Isabella Cenci.

MAPA. **Instrução normativa Nº 65, de 10 de dezembro de 2019. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 dez. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-65-de-10-de-dezembro-de-2019-232666262> . Acesso em: 10 jan. 2021.

MARTINS, Ana Paula; ARAÚJO, Jefferson Auri de; SANTOS, Luana Carla de Moura dos (org.). **O mercado de cervejas artesanais no Brasil e em Santa Catarina**. Santa Catarina: Sebrae, 2020, 36 p.

NOVAES, Rafael Henrique et al. ASPECTOS DE CULTIVO, ECONÔMICOS E HISTÓRICOS DO LÚPULO. ENCONTRO BRASILEIRO DE PESQUISADORES E PRODUTORES DE LÚPULO. **Anais eletrônicos Botucatu (SP) UNESP - Botucatu-SP**, 2019. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/adiebdpepdlie2022/461446-aspectos-de-cultivo-economicos-e-historicos-do-lupulo/>> . Acesso em: 10 de julho de 2022.

ROSA, Natasha Aguiar; AFONSO, Júlio Carlos. A Química da Cerveja. **Química Nova na Escola**, [S.L.], v. 37, n. 2, p. 98-105, maio 2015.

SANTOS, Vanessa da Matta dos; AFONSO, Júlio Carlos. Recuperação de compostos de iodo de reagentes e soluções laboratoriais. **Química Nova**, [S.L.]. v. 35, n. 2, p. 398-402, 2012.

SINDCERV. **O setor em números**. 2020. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros/>. Acesso em: 10 jan. 2021.

WHITE, Chris; ZAINASHEFF, Jamil. **Levedura: guia prático para a fermentação da cerveja**. Porto Alegre: Krater, 2020. 328 p. (Brewing Elements). Tradução de Bianca Telini e Marcelo Menoncin.

CAPÍTULO 11

Perfil aromático de cervejas produzidas com lúpulo em flor e pellet brasileiros e pellet importado

Neuza Marques Ramos*¹; Alexandre Fontes Pereira²; Michelle Rigueira Oliveira³

Resumo

A indústria de cerveja tem um importante destaque no setor de bebidas, sendo um mercado de constante crescimento. Nos últimos anos tem se observado uma mudança no perfil dos consumidores, o que contribuiu para a expansão da produção artesanal desse produto e diversificação da matéria prima utilizada, esses fatores impulsionaram pesquisas que buscam explorar o desenvolvimento de novas formulações de cervejas. O lúpulo é responsável pelas características organolépticas na bebida, diante disso apostar em diferentes tipos é uma possibilidade de diversificar o sabor na bebida final. Tendo em vista essa potencialidade o presente estudo buscou elaborar cervejas artesanais lager de baixa fermentação utilizando lúpulo Cascade brasileiro *pellet* (P1, P2, P3); Cascade brasileiro flor (P4, P5, P6) e lúpulo Cascade americano (P7, P8 e P9). O experimento foi feito em três repetições utilizando um fermentador com 12 litros de capacidade, em seguida foi feito o envase em garrafas de 600 mL. Foram realizadas análises químicas através da cromatografia gasosa e compostos aromáticos voláteis. Foi possível identificar por cromatografia gasosa propanol e álcool isobutílico em valores abaixo do limite estabelecido. Já as amostras P1, P7, P8 e P9 apresentaram concentrações de álcool isoamílico dentro da faixa, enquanto nas amostras P2 até P6 apresentaram valores abaixo da média, e valores de acetaldeído entre 2 – 20 mg/L, sendo a P2 com concentrações acima do esperado e a P6 não foi identificado o composto. No perfil aromático foi possível observar que nem todos os compostos foram identificados, mas que o perfil aromático se manteve, dando destaque para aromas frutados. Sendo assim, é possível concluir que o perfil aromático dos lúpulos brasileiros em *pellet* e flor é semelhante ao do lúpulo importado americano, evidenciando que as amostras de cultivo em solo nacional analisadas estão atendendo aos padrões da variedade.

Palavras-chave: Características sensoriais. Compostos químicos. Qualidade

¹ Mestranda em Ciências e Tecnologia de Alimentos; Departamento de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa.

² Professor Doutor; Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa.

³ Mestre em Engenharia Química; Universidade Federal de Viçosa.

* E-mail: neuza.ramos@ufv.br/neuzamarques250@gmail.com

Introdução

A cerveja é uma bebida obtida através da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, com alto teor de carboidrato (malte), água potável e lúpulo que por leveduras realiza rotas metabólicas durante o processo. A legislação brasileira permite a substituição do malte de cevada e lúpulo por seus extratos, podendo o malte ser substituído por outras fontes de carboidratos, como o trigo, o arroz, o milho e a aveia (AQUARONE et al., 2001).

No ano de 2010 foi quando a cerveja brasileira começou a ter destaque pois se consolidou como o terceiro maior produtor mundial, produzindo 13.280 bilhões de litros em 2012, ficando apenas atrás da China (49.020 bilhões de litros) e dos EUA (22.931 bilhões de litros), dados do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Desde então houve um crescimento de cervejarias no país, principalmente as de produção artesanal, isso se deve a mudança de perfil de consumo da população, que tem procurado produtos de menor custo e alta qualidade (MAPA, 2019).

Dentre os ingredientes do processo de produção de cerveja, o lúpulo é a matéria-prima que tem destaque pois quase 100% é importada, o que eleva a produção da bebida (MARTINS, ARAÚJO, SANTOS, 2020), por isso pesquisas evidenciando a qualidade do lúpulo brasileiro é de suma importância para enfatizar suas características sensoriais da bebida. Segundo NOVAES *et al.* (2019), o lúpulo brasileiro ainda está em fase de desenvolvimento e pesquisa, para que futuramente possa ter em quantidade para suprir o mercado cervejeiro.

Diante do exposto a pesquisa teve como objetivo: produzir cerveja artesanal a partir de diferentes tipos de lúpulo, como Cascade cultivado no Brasil entre flor e *pellet*, e lúpulo Cascade americano para avaliar a influência de cada tipo de lúpulo na formação de *off-flavors* e comparar o perfil aromático das cervejas.

Material e Métodos

Para a produção da cerveja, utilizou-se lúpulo Cascade brasileiro em flor e *pellet* da região sul do Brasil (Lupulândia, Brasil - Safra 2021), lúpulo Cascade americano (Yakima Chief, EUA), maltes Pilsen e Cara Clair (Agrária e Castle Malte, Brasil) e levedura W-3470 (Fermentis, França). Baldes plásticos novos de 12 L com sistema de *airlock* (Lamas Brew Shop, Brasil) foram usados como fermentadores. Durante a produção ainda foi utilizada solução de iodo 2% para acompanhar a hidrólise do amido, que é realizado durante a etapa de brasagem, onde identifica a presença de amido no mosto cervejeiro. Nesta análise, durante o processo foi colocado o mosto em contato do amido com a solução

de iodo 2%, até que a amostra de mosto tornou-se aquoso amarronzado indicando a hidrólise do amido (SANTOS, AFONSO, 2012).

Produção de cerveja

Para a produção de cerveja foram realizadas bateladas de 12 litros com a receita apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Receita da cerveja Lager

Ingrediente	Quantidade
Malte Pilsen	1,92 Kg
Malte Cara Clair	0,92 Kg
Água	12,0 L
Lúpulo	24,6 g
W-2470	6,0 g

Fonte: Dos autores, 2022.

O processo de produção foi realizado em triplicata, utilizando as matérias-primas dos mesmos lotes, variando apenas os lúpulos, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Tipos de lúpulos por batelada

Lúpulo Cascade	Produção
	P1
<i>Pellet</i> Brasileiro	P2
	P3
	P4
Flor Brasileira	P5
	P6
	P7
<i>Pellet</i> Importado	P8
	P9

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Amostras P1, P2 e P3: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em *pellet* brasileiro. Amostras P4, P5 e P6: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em Flor brasileira. Amostras P7, P8 e P9: Triplicatas de cervejas utilizando o *Pellet* importado.

Para a produção o malte foi moído e despejado na cesta apropriada da panela elétrica contendo 10 L de água potável previamente fervida a 45 °C para dar início a brassagem. A rampa seguiu as

temperaturas e tempos descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Rampa de brasagem

	Temperatura (°C)	Tempo (min)
R1	45	10
R2	67	75
R3	72	10
R4	76	10

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: R1: Primeira Rampa; R2: Segunda Rampa; R3: Terceira Rampa; R4: Quarta Rampa

Após o término da rampa, o malte foi retirado e o bagaço lavado com 2L de água a 76 °C, que foi adicionada ao mosto e a temperatura aumentada para 100 °C, iniciando a etapa de fervura/lupulagem. Após atingir a ebulição, iniciou a contagem de 60 minutos. Os lúpulos foram inseridos nos tempos descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Tempos de adição de lúpulo

Tempo (min)	Quantidade (g)
10	8,2
30	8,2
50	8,2

Fonte: Dos autores, 2022.

Ao final do processo de fervura, foi realizado resfriamento do mosto para a temperatura a 25 °C, para realizar a inserção de 50 g de levedura para o processo de fermentação. Após a adição do fermento ao mosto, o recipiente foi fechado com *airlock* que possibilita a saída de gás carbônico gerado. A fermentação ocorreu em temperatura a 14 ± 1 °C, sendo controlada por um termostato a fim de garantir bom desempenho na fermentação. Para a maturação da cerveja a temperatura foi diminuída para 0 ± 1 °C por 10 dias, e após esse período a cerveja foi envasada em garrafas âmbar de 600 mL e armazenadas em geladeira a 4 ± 1 °C.

Análise de compostos voláteis da fermentação

Para as análises de compostos voláteis da fermentação as amostras foram destiladas e em balão volumétrico de 10 mL em seguida foram adicionados 12,4 µL de padrão interno 4-metil-2-pentanol (1 g/L) e transferida para um *vial* de vidro de 1,5 mL (SOUZA, 2014).

Após o preparo da amostra, esta foi levada a um cromatógrafo a gás com detector de ionização

em chama GC-17A (Shimadzu) utilizando gás Hélio como gás de arraste, ar sintético como gás de ignição e manutenção de chama e hidrogênio na chama do detector para realizar a leitura de Índice de Retenção, tendo como condições de para operação split (2.0), temperatura inicial (35°C), temperatura do injetor (180°C), temperatura do detector (200°C) vazão do hélio (1mL/min), vazão do ar sintético (175mL/min), vazão de hidrogênio (20mL/min) (SOUZA, 2014).

Análise de compostos aromáticos voláteis

Para realização da análise de compostos aromáticos voláteis a amostra foi prepara utilizando a técnica HS-SPME, onde as amostras foram diluídas e aquecidas até 60°C sob agitação, após atigira a temperatura foi mantida por 15 minutos, em seguida a fibra DVB/CAR/PDMS foi exposta no *headspace* do frasco por mais 15 min nas mesmas condições e então, recolhida para análise (CEOLA *et al.*, 2019). Para a quantificação da retenção dos compostos aromáticos foi utilizado um cromatógrafo gasoso acoplado em espectrômetro de massa GCMS-QP2010 Ultra (Shimadzu) utilizando Hélio como gás de arraste (CEOLA *et al.*, 2019).

Foi injetado 1 µL de uma mistura de alcanos lineares (C7 a C30) nas mesmas condições acima para o cálculo do Índice de Retenção. Os compostos foram identificados por comparação dos valores do Índice de Retenção tabelado e calculado de acordo a metodologia usada por Pinheiro *et al.* (2015). Por fim, através das análises cromatogramicas foram obtidos os dados de área relativa dos compostos identificados para comparação, para os valores das áreas dos compostos voláteis e aromáticos encontrados foi realizada análise de variância (ANOVA) com teste F a nível de significância de 5% ($p < 0,05$) a fim de comparar e identificar as diferenças as médias dos valores encontrados entre os grupos.

Resultados e Discussão

Foram produzidos 12 litros de cerveja por batelada, após o processo de fermentação o rendimento foi de 7,2 litros, o que gerou 12 garrafas de 600 ml de cada produção.

Compostos voláteis da fermentação

Os microrganismos fermentadores além de produzirem álcool e gás carbônico, produzem também vários outros compostos em reações secundárias. Dentre eles, têm-se alguns que influenciam negativamente o sabor das cervejas, por isso são chamados de *off-flavors*. A análise por cromatografia gasosa identificou e quantificou os compostos deste grupo presentes na amostra: acetaldeído, propanol,

álcool isobutílico e álcool isoamílico.

O acetaldeído é o aldeído mais encontrado nas cervejas, formado por reações de oxidação do etanol gerado na fermentação. Este composto possui concentração média variando entre 2 – 20 mg/L e agrega a cerveja sabor de maçã verde, seu limiar de percepção varia entre 10 - 20 mg/L (ANGELONI, 2016; WHITE; ZAINASHEFF, 2020).

O propanol, assim como o álcool isobutílico e o isoamílico, são álcoois superiores que adicionam a cerveja sabor de solvente (ANGELONI, 2016). A concentração de propanol encontrada na cerveja varia entre 10 – 100 mg/L, valores bem abaixo do limiar de percepção de 800 mg/L (ANGELONI, 2016; WHITE; ZAINASHEFF, 2020). Já o limiar de percepção do álcool isobutílico é de 80 mg/L enquanto a concentração média encontrada varia entre 4 e 60 mg/L (MACHADO, 2020). Por fim, a concentração acima de 70 mg/L de álcool isoamílico pode ser percebida no paladar e os valores encontrados na produção cervejeira podem variar entre 30 e 150 mg/L (ANGELONI, 2016; WHITE; ZAINASHEFF, 2020). Os valores das concentrações dos compostos identificados pelo método cromatográfico estão apresentados na Tabela 5, em mg/L.

Observando-se os dados de concentração de acetaldeído pode-se perceber que sete das nove amostras apresentam concentrações dentro da faixa esperada, que tem como limite 20 mg/L, a concentração da amostra P2 está acima, três vezes maior que a ideal, já na amostra P6 não houve identificação do composto. Em relação a formação de propanol, todos os valores calculados de concentração foram abaixo do valor médio usual que está entre 10 e 100 mg/L, que por sua vez, já foi muito abaixo do limiar de percepção de sabor.

Quanto ao álcool isobutílico, as concentrações obtidas também foram baixas. Com exceção da amostra P3 que apresentou valor abaixo da faixa encontrada usualmente em cervejas, as demais obtiveram valores dentro da média, entre 4 e 60 mg/L, e abaixo do limiar de percepção, não afetando o sensorial da cerveja.

Por fim, as concentrações de álcool isoamílico na qual algumas amostras estão dentro da faixa média de concentração que podem variar entre 30 e 150 mg/L, como P1, P7, P8 e P9 e outras estão abaixo da média, como P2 até P6. Entretanto, todas estão bem abaixo do limiar de percepção de sabor que é 70 mg/L perceptível ao paladar, portanto, o composto não afeta sensorialmente a bebida em nenhuma das amostras.

Considerando todos os álcoois superiores, suas concentrações foram baixas, tal situação pode ser explicada pelo tipo de microrganismo fermentador, levedura de baixa fermentação, pois de forma geral, leveduras de alta fermentação tendem a gerar mais álcoois superiores (ANGELONI, 2016), enquanto leveduras Lager tendem a formar menos ésteres e menos álcoois superiores (WHITE & ZAINASHEFF, 2020).

Tabela 5 - Concentração *off-flavors*

		Concentração (mg/L)			
		Acetaldeído	Propanol	Álcool isobutílico	Álcool isoamílico
Lúpulo <i>Pellet</i> Brasileiro	P1	14,99 ± 19,03 ^a	9,40 ± 2,52 ^a	11,90 ± 3,53 ^a	36,94 ± 11,82 ^a
	P2	63,78 ± 19,03 ^a	6,10 ± 2,52 ^a	9,09 ± 3,53 ^a	24,43 ± 11,82 ^a
	P3	1,41 ± 19,03 ^a	0,72 ± 2,52 ^a	1,06 ± 3,53 ^a	0,60 ± 11,82 ^a
Lúpulo Flor Brasileira	P4	19,72 ± 19,03 ^a	5,60 ± 2,52 ^a	8,54 ± 3,53 ^a	24,26 ± 11,82 ^a
	P5	7,21 ± 19,03 ^a	8,78 ± 2,52 ^a	9,72 ± 3,53 ^a	25,61 ± 11,82 ^a
	P6	0,00 ± 2,52 ^a	5,24 ± 2,52 ^a	10,34 ± 3,53 ^a	27,65 ± 11,82 ^a
Lúpulo <i>Pellet</i> Importado (USA)	P7	18,52 ± 19,03 ^a	7,39 ± 2,52 ^a	11,33 ± 3,53 ^a	36,15 ± 11,82 ^a
	P8	16,74 ± 19,03 ^a	7,31 ± 2,52 ^a	13,41 ± 3,53 ^a	40,38 ± 11,82 ^a
	P9	8,79 ± 19,03 ^a	6,23 ± 2,52 ^a	11,02 ± 3,53 ^a	33,97 ± 11,82 ^a

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Amostras P1, P2 e P3: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em *pellet* brasileiro. Amostras P4, P5 e P6: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em Flor brasileira. Amostras P7, P8 e P9: Triplicatas de cervejas utilizando o *Pellet* importado.

Nota: Valores seguidos pela mesma letra, na mesma linha, foram significativamente iguais (ANOVA, $p \leq 0,05$).

Pode-se perceber, através dos valores obtidos de desvio padrão, uma grande discrepância entre os valores das concentrações dos compostos entre as amostras do mesmo grupo. Deve-se considerar que os compostos em questão são formados durante a fermentação, e que esta etapa não é idêntica, mesmo sob as mesmas condições, já que as reações são sintetizadas por microrganismos vivos. Porém, através da ANOVA, com nível de significância de 5%, os valores das médias dos três grupos foram estatisticamente iguais para todos os compostos.

Compostos aromáticos voláteis

Os principais responsáveis pelo sabor e aroma das cervejas são os óleos essenciais presentes no lúpulo (ALMAGUER *et al.*, 2014). A grande maioria das substâncias apresenta características aromáticas, além da divisão dos compostos voláteis em hidrocarbonetos e compostos oxigenados – ácido carboxílicos, ésteres, álcoois, aldeídos.

Para os compostos álcool isoamílico e butan-1-ol não foi possível calcular o índice de retenção, pois suas cadeias possuem menos de oito carbonos. Para os compostos ácido acético, hexadec-9-enoato de etila, nonadecanol e tetradecatri-4,8,12-enal não foram encontrados os valores de Índice de Retenção (IR) tabelado. Além disso, alguns compostos foram identificados em apenas algumas amostras, portanto, não há valores de IR calculado para todas as bateladas.

Nas amostras foi identificado o ácido decanoico apenas nas amostras P1 a P3 e o ácido hexadecanoico apenas na amostra P1, preparadas com lúpulo em *pellet* brasileiro, ambos são considerados *off-flavors*, pois agregam aroma rançoso (SOARES, 2012) ao produto. Em relação aos álcoois, o dodecanol foi identificado nas amostras P1, P5 e P6 e o nonadecanol foi detectado apenas na amostra P1. Ao primeiro foi atribuído aroma de caramelo (JANZANTTI, MONTEIRO, 2014), enquanto no segundo, não houve identificação de aroma relacionada. Estes compostos foram encontrados apenas em amostras brasileiras, *pellet* e flor.

Atentando-se aos ésteres, pode-se observar que o dodecanoato de etila, composto que agrega aroma floral (SIMÕES, WASZCZYNSKYJ, WOSIACKI, 2009) ao produto, não foi encontrado nas amostras P5 e P6. Hexadec-9-enoato de etila foi identificado apenas na amostra P1, hexadecanoato de etila nas amostras de *pellet* brasileiro, P1 a P3 e tetradecanoato de etila nas amostras P1 e P3, aos três compostos; dodecanoato, hexadecanoato e tetradecanoato de etila não foram atribuídas característica aromáticas, portanto, não interferem no aroma do produto final. O aldeído tetradecatri-4,8,12-enal foi identificado apenas nas amostras P1 e P3 não há aroma relacionado a ele.

Através da análise foram obtidos os dados de área relativa dos compostos identificados, que foram submetidos ao tratamento estatístico pela ANOVA e teste F, para comparação dos valores das áreas com o objetivo de identificar diferenças significativas entre os dados.

Segundo Almaguer *et al.* (2014), α -humuleno, β -mirceno e β -cariofileno são os compostos mais influentes no aroma das cervejas, podendo representar até 80% do total de óleos essenciais do lúpulo (VERZELE, 1986, KATSIOTS *et al.*, 1989), apesar de que fosse esperado que fossem encontrados em todas as amostras, apenas nas amostras produzidas com lúpulo importado; P7, P8 e P9 foram encontrados esses compostos.

A ausência destes compostos nas outras amostras foi inesperada, pois representam grande parte dos óleos essenciais do lúpulo (ALMAGUER *et al.*, 2014, VERZELE, 1986, KATSIOTS *et al.*, 1989) que podem ter sido volatizados durante a fervura na etapa de produção da cerveja, já que são compostos extremamente voláteis e pouco polares (ALMAGUER *et al.*; 2014).

A baixa concentração destes compostos pode ter sido insuficiente para que fosse detectada na metodologia de análise utilizada. Possivelmente, a quantidade de α -humuleno e β -mirceno no lúpulo importado era mais expressiva, por isso, para essas amostras, apesar das perdas, os compostos foram identificados. Um ponto importante desta análise é a presença do composto linalol nas amostras, que garante a presença de β -mirceno em todos os lúpulos, apesar de não identificados na cerveja, pois este composto é formado a partir da hidratação do β -mirceno durante a fervura (ALMAGUER *et al.*, 2014). Com isso, pode-se concluir que a maior parte do β -mirceno presente nos lúpulos foi convertida à linalol ou evaporada durante a fervura, restando na cerveja, concentrações muito baixas.

Além dos supracitados, os únicos compostos aromáticos que não foram identificados em todas as amostras foram o dodecanoato de etila – aroma floral – e o dodecanol – aroma de caramelo -, aos demais não foram atribuídos aroma, portanto, não interferem nas características sensoriais dos produtos. A fração de compostos oxigenados, apesar de menor, contribui fortemente para a formação do aroma e sabor das cervejas, uma vez que corresponde a uma mistura muito complexa de substâncias, que apesar da baixa concentrações, são menos voláteis e resistem ao aquecimento prolongado da etapa de fervura (JANISH, 2019).

Apesar de atribuídas características aromáticas individuais para os compostos, deve-se considerar que há o efeito sinérgico entre os compostos, no qual a combinação de duas ou mais destas substâncias pode gerar um novo aroma ou sabor (JANISH, 2019). A partir destas informações e dos valores de área obtida, foi construída a Tabela 6 onde estão apresentadas as porcentagens de cada um dos aromas das cervejas produzidas. As porcentagens foram obtidas pela razão entre a área da soma dos compostos do aroma em questão e a área total de compostos aromáticos identificados.

Pode-se observar a predominância do aroma frutado em todas as amostras, com frações superiores a 70%, seguida de aromas florais, cítricos, picantes/herbais, verde, caramelo e amadeirado. Houve também a ausência de mentolado em todas as amostras.

Analisando a Tabela 6 como um todo, através da ANOVA, pode-se perceber algumas diferenças estatísticas entre as amostras. Em relação ao aroma cítrico, não há diferenças significativas entre os grupos, ou seja, estatisticamente os valores das médias são iguais. Já em relação ao aroma floral, as amostras com lúpulo brasileiro em *pellet* são as que possuem maior quantidade dos compostos desta categoria e são estatisticamente diferentes das demais amostras.

O aroma picante/herbal foi obtido apenas nas amostras de lúpulo importado, portanto, para este grupo não foi calculada a ANOVA. Os compostos com aroma de caramelo foram encontrados em algumas amostras contendo lúpulo brasileiro, e foram considerados estatisticamente iguais. Já os compostos de aroma amadeirado foram identificados somente nas amostras com lúpulo importado, então não houve cálculo de ANOVA.

Em relação ao aroma verde, as amostras com lúpulo brasileiro, tanto *pellet* quanto flor foram significativamente diferentes das amostras com lúpulo importado. Por fim, a porcentagem relacionada ao aroma frutado foi significativamente maior nas amostras com lúpulo brasileiro em *pellet* e em flor do que nas amostras com lúpulo importado. Partindo destes dados, foram gerados gráficos de radar demonstrado na Figura 1 para formar o perfil aromático das cervejas produzidas e de cada repetição foi feito um gráfico sobreposto, para fins de comparação.

Tabela 6 - Porcentagem de compostos aromáticos

Aroma	Valor (%)								
	Lúpulo Pellet Brasileiro			Lúpulo Flor Brasileira			Lúpulo Pellet I. (USA)		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Cítrico	7,41 ±	10,16±	7,07 ±	5,29 ±	8,61 ±	5,36 ±	4,07 ±	3,52 ±	5,16 ±
	2,18 ^a	2,18 ^a	2,18 ^a	2,18 ^a	2,18 ^a	2,18 ^a	2,18 ^a	2,18 ^a	2,18 ^a
Floral	18,74±	17,72±	18,53±	11,40±	10,33±	8,75 ±	16,51±	15,49±	12,57±
	3,76 ^a	3,76 ^a	3,76 ^a	3,76 ^b	3,76 ^b	3,76 ^b	3,76 ^b	3,76 ^b	3,76 ^b
Mentolado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Picante/Herbal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,35 ±	3,28±	4,25±
							2,21	2,21	2,21
Caramelo	1,96 ±	0,00 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a	3,21 ±	3,46 ±	0,00	0,00	0,00
	1,49 ^a				1,49 ^a	1,49 ^a			
Amadeirado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,26 ±	1,86 ±	1,67 ±
							0,98	0,98	0,98
Verde	3,52 ±	3,75 ±	2,96 ±	2,04 ±	2,70 ±	2,19 ±	1,64 ±	0,59 ±	1,61 ±
	1,01 ^a	1,01 ^a	1,01 ^a	1,01 ^a	1,01 ^a	1,01 ^a	1,01 ^b	1,01 ^b	1,01 ^b
Frutado	71,89±	72,12±	74,40±	83,31±	77,85±	82,43±	77,16±	79,13±	80,60±
	4,19 ^a	4,19 ^a	4,19 ^a	4,19 ^a	4,19 ^a	4,19 ^a	4,19 ^b	4,19 ^b	4,19 ^b

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: Amostras P1, P2 e P3: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em *pellet* brasileiro. Amostras P4, P5 e P6: Triplicatas de cervejas utilizando lúpulo em Flor brasileira. Amostras P7, P8 e P9: Triplicatas de cervejas utilizando o *Pellet* importado.

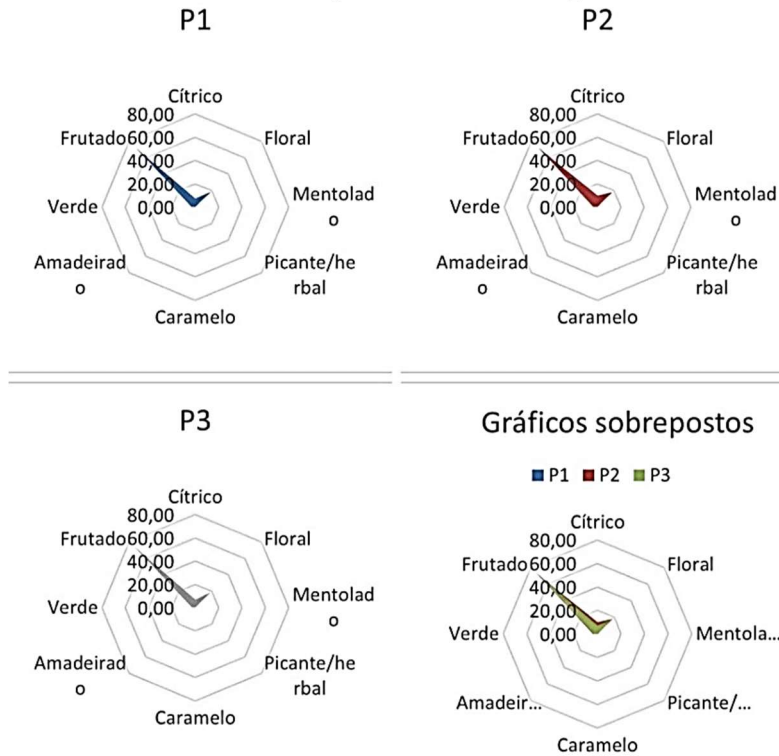
Nota: Valores seguidos por letras diferentes, na mesma linha, foram significativamente diferentes (ANOVA, $p < 0,05$).

Na Figura 1 pode-se perceber pelos gráficos sobrepostos que os perfis das três amostras produzidas com lúpulo brasileiro em *pellet* foram semelhantes, na sobreposição ambos tiveram o mesmo formato, sendo diferenciados apenas pelas quantidades de cada categoria aromática.

Observando a Figura 2, assim como nas três primeiras amostras, pode-se afirmar que os perfis das três amostras produzidas com lúpulo brasileiro em flor foram similares, através dos gráficos sobrepostos pode-se perceber que há também diferença entre as quantidades.

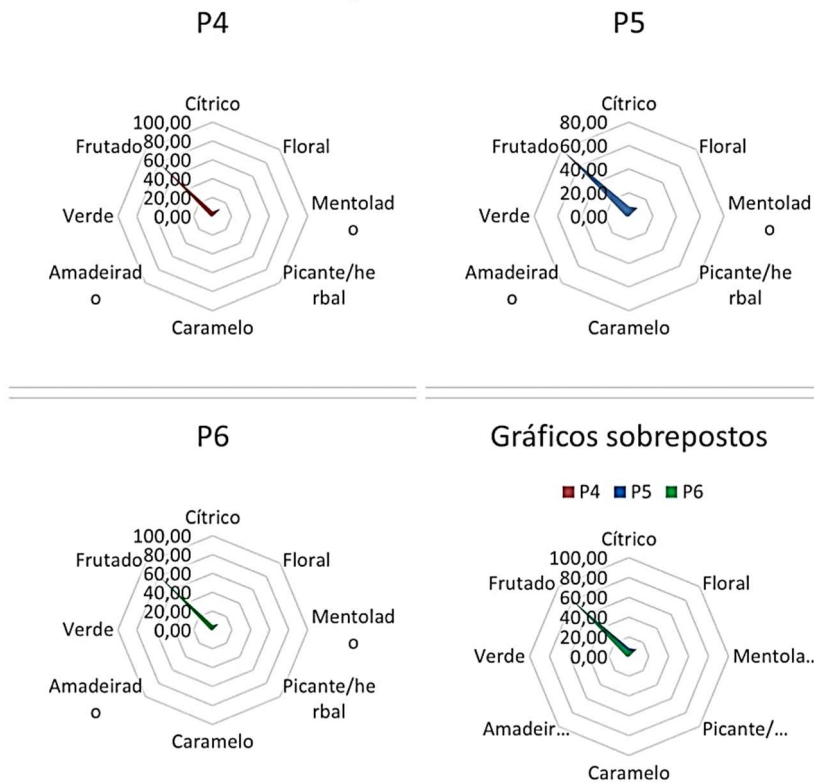
Por fim, pela Figura 3, pode-se perceber que os perfis aromáticos das cervejas produzidas com lúpulo importado também foram semelhantes, assim como os outros. Pelo gráfico sobreposto pode se conformar esta observação.

Figura 1 - Perfis aromáticos - amostras com lúpulo brasileiro em *pellet*



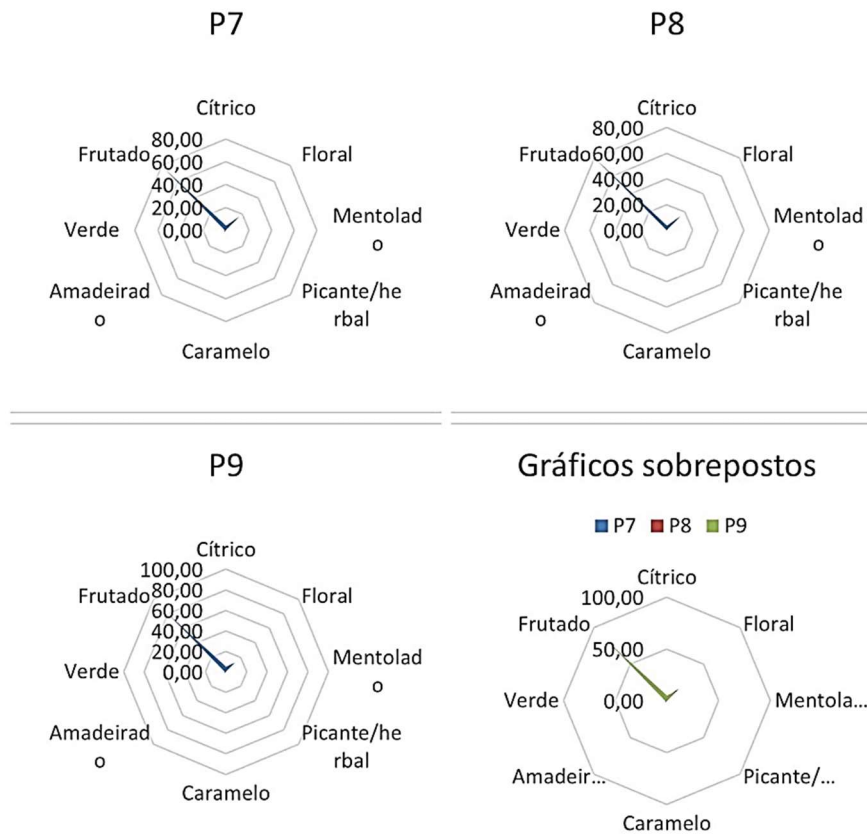
Fonte: Dos autores, 2022.

Figura 2 - Perfis aromáticos - amostras com lúpulo brasileiro em flor



Fonte: Dos autores, 2022.

Figura 3 - Perfis aromáticos - amostras com lúpulo importado em *pellet*

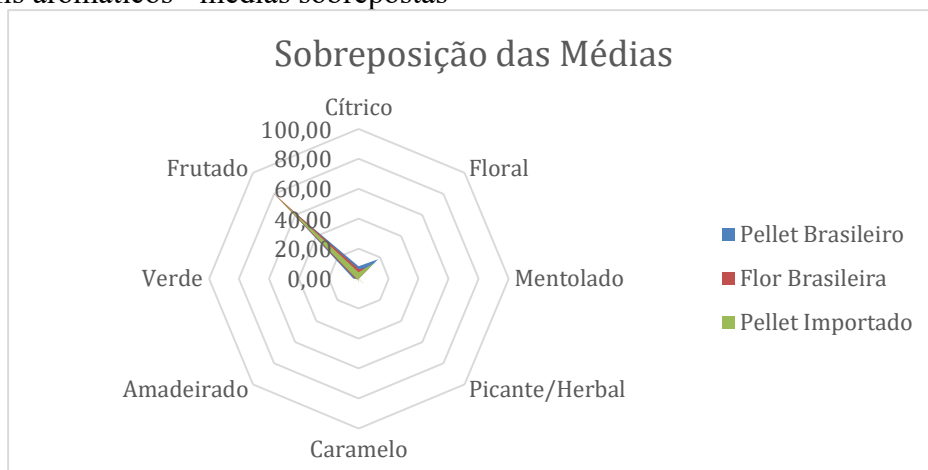


Fonte: Dos autores, 2022.

Um último gráfico foi feito com o objetivo de comparar as médias entre os três tipos de lúpulo. A imagem está apresentada na Figura 4.

Pode-se confirmar que os perfis são semelhantes, pois pela sobreposição dos gráficos é observado que as categorias de aromas seguem um padrão, apesar das pequenas diferenças em porcentagem de área de cada composto.

Figura 4 - Perfis aromáticos - médias sobrepostas



Fonte: Dos autores, 2022.

Conclusão

Foi possível concluir que através da cromatografia gasosa compostos como acetaldeído, propanol, álcool isobutílico e álcool isoamílico, compostos que podem atribuir *off-flavors* na bebida, em sua maioria foram identificados em baixas concentrações nas amostras, não afetando o sabor da cerveja. Por fim, foi realizada a análise cromatográfica para identificação e comparação do perfil aromático que em algumas amostras apresentarem pequenas diferenças em alguns compostos, a principal discrepância foi a ausência de α -humuleno e β -mirceno nas amostras de lúpulo brasileiro, tanto flor quanto *pellet*. No entanto, de forma geral o perfil se manteve, o aroma frutado sobressaiu, sendo mais de 70% do aroma em todas as cervejas. Diante do exposto, pode-se afirmar que o perfil aromático dos lúpulos brasileiros, tanto em *pellet* quanto em flor, se assemelha ao do lúpulo importado americano, confirmando assim que as amostras de cultivo solo nacional analisadas estão atendendo aos padrões da variedade.

Referências

- ANGELONI, L. H. P. **Cerveja envelhecida em barril de madeira – aspectos químicos e microbiológicos**. 2016. 94 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Ciências Agrárias, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
- AQUARONE, E. et al. **Biotecnologia Industrial**. 2^a. ed. São Paulo: Blucher, v. IV, 2001. 573 p.
- ALMAGUER, C. *et al.* Humulus lupulus – A story that begs to be told: a review. **Journal of the institute of brewing**. [S.I.]. v.120, n. 1, p. 289-314, jul. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.160>.
- CEOLA, D. *et al.* Headspace solid phase microextraction and GCMS followed by multivariate data analysis to study the effect of hop processing type and dry hopping time on the aromatic profile of top fermented beers. **Separation Science Plus**, [S.L.], v. 2, n. 7, p. 245-252, 17 maio 2019.
- JANISH, S. **The New IPA: a scientific guide to hop aroma and flavor**. [S.I]: Scottjanish.Com, 2019. 338 p.
- KATSIOTS, S.T. *et al.* Comparative study of the essential oils from hops of various Humulus lupulus L. Cultivars. **Flavour and fragrance journal**, [S.I.], v. 4, n. 1, p. 187-191, jul. 1989.
- MAPA. **Instrução normativa Nº 65, de 10 de dezembro de 2019. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 dez. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-65-de-10-de-dezembro-de-2019-232666262> . Acesso em: 10 jan. 2021.
- MARTINS, A. P.; ARAÚJO, J. A.; SANTOS, L. C. M. (org.). **O mercado de cervejas artesanais no Brasil e em Santa Catarina**. Santa Catarina: Sebrae, 2020. 36 p.

MACHADO, J. **Sabor condimentado que pode ser suave e agradável, ou pungente e incômodo.** 2020. Disponível em: <https://beer-learning.com/2020/08/24/alcoolico/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

NOVAES, R. H. *et al.* ASPECTOS DE CULTIVO, ECONÔMICOS E HISTÓRICOS DO LÚPULO. ENCONTRO BRASILEIRO DE PESQUISADORES E PRODUTORES DE LÚPULO. **Anais eletrônicos Botucatu (SP) UNESP - Botucatu-SP**, 2019. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/adiebdpepdlie2022/461446-aspectos-de-cultivo-economicos-e-historicos-do-lupulo/>> . Acesso em: 10 de julho de 2022.

PINHEIRO, P. F. *et al.* Phytotoxicity and Cytotoxicity of Essential Oil from Leaves of *Plectranthus amboinicus*, Carvacrol, and Thymol in Plant Bioassays. **Journal of agricultural and food Chemistry**, [S.L.], v. 63, n. 41, p. 8981-8990, 8 out. 2015.

SANTOS, V. M.; AFONSO, J. C. Recuperação de compostos de iodo de reagentes e soluções laboratoriais. **Química Nova**, [S.L.]. v. 35, n. 2, p. 398-402, 2012. FapUNIFESP (SciELO). Acesso em: 25 jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000200029>.

SOUZA, M. I. L. **Caracterização físico-química de vinhos de uvas viníferas e uvas americanas e avaliação do processo oxidativo por ozonização.** 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

SOARES, R. D. **Estudo do perfil cromatográfico dos compostos voláteis do vinho espumante Moscatel através do emprego de micro extração em fase sólida e cromatografia gasosa monodimensional e bidimensional abrangente.** 2012. 101 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SIMÕES, D. R. S.; WASZCZYNSKYJ, N.; WOSIACKI, G. Aromas em maçã, suco e sidra: Revisão. **B.Ceppa**, Curitiba, v. 27, n. 1, p. 153-172, jun. 2009.

VERZELE, M. 100 years of hop chemistry and its relevance to brewing. **Journal of the institute of brewing**. [S.L.], v. 92, n. 1. P. 32-48, 2 jan. 1986. Wiley

WHITE, C.; ZAINASHEFF, J. **Levedura: guia prático para a fermentação da cerveja.** Porto Alegre: Krater, 2020. 328 p. (Brewing Elements). Tradução de Bianca Telini e Marcelo Menoncin.

CAPÍTULO 12

Parâmetros de qualidade de óleos de pequi produzidos na região norte-mineira

Pedro Vitor de Souza Silva*¹; Jefferson Fernandes Soares²; José Fábio Soares³; Hugo Calixto Fonseca⁴; Caroline Liboreiro Paiva⁵; Juliana Pinto de Lima⁶

Resumo

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é uma espécie nativa do Cerrado brasileiro e seu fruto é amplamente utilizado na culinária regional, devido ao sabor característico e às propriedades nutricionais. Justamente por estas peculiaridades, o óleo de pequi, extraído da polpa do fruto, tem despertado interesse crescente a nível mundial. A avaliação da qualidade do óleo de pequi é fundamental para garantir sua utilização na indústria alimentícia. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros de qualidade do óleo de pequi produzido em regiões do Norte de Minas Gerais. Foram coletadas amostras de óleos de pequi extraídos de diferentes produtores regionais e submetidas a análises físico-químicas. Os parâmetros de qualidade avaliados incluíram atributos sensoriais de aparência, cor e odor e parâmetros físico-químicos como, índice de acidez, índice de peróxido e composição de ácidos graxos. Os resultados obtidos demonstraram que o óleo de pequi apresentou baixo teor de acidez e de índice de peróxido, indicando sua boa qualidade e baixa oxidação. Quanto à composição de ácidos graxos, o óleo de pequi mostrou-se rico em ácidos graxos monoinsaturados, especialmente o ácido oleico (C18:1). Portanto, o óleo de pequi produzido em regiões do Norte de Minas Gerais apresentou parâmetros de qualidade satisfatórios, indicando sua viabilidade para uso alimentício e potencial aplicação na indústria de alimentos. Além disso, os resultados obtidos demonstram características positivas desse produto, podendo contribuir para a promoção da saúde e desenvolvimento regional. No entanto, são necessários esforços contínuos para melhorar os processos de produção e extração do óleo do pequi, visando garantir a padronização da qualidade e segurança deste.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliense*. Controle de qualidade. Perfil de ácidos graxos.

¹ Discente do Mestrado em Ciências Florestais; Universidade Federal de Minas Gerais.

² Discente do Mestrado em Alimentos e Saúde; Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Engenheiro de Alimentos; Universidade Federal de Minas Gerais.

⁴ Doutor em Ciências dos Alimentos - Técnico; Universidade Federal de Minas Gerais.

⁵ Doutora em Ciências dos Alimentos - Docente; Universidade Federal de Minas Gerais.

⁶ Doutora em Ciências dos Alimentos - Docente; Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: pedrovitorsilvabio@gmail.com.

Introdução

O Cerrado brasileiro é a maior formação de savana neotropical da América do Sul, além de ser o segundo maior ecossistema do Brasil, se estendendo por cerca de 200 milhões de hectares. Abrange cerca de 24% do território brasileiro e apresenta grande diversidade de flora com características específicas, tais como, espécies semidecíduas, heliófitas e seletivas xerófitas (BATLLE-BAYER *et al.*, 2010; IBGE, 2019; LISBOA *et al.*, 2020). A riqueza em quantidade e qualidade das espécies frutíferas nativas levam o Cerrado a ser a savana tropical mais diversificada do mundo (KLINK; MACHADO, 2005; SCHIASSI *et al.*, 2018).

As espécies frutíferas nativas desse bioma possuem aceitação no mercado consumidor, pois seus frutos contêm sabores marcantes e agradáveis com altos teores de vitaminas, fibras e compostos funcionais (SILVA *et al.*, 2015; SOARES *et al.*, 2017). Dentre as espécies, o pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.), família *Caryocaraceae*, caracteriza-se pela alta ocorrência neste bioma (OLIVEIRA *et al.*, 2008; FERREIRA *et al.*, 2016), onde é considerado, pelas populações regionais, como símbolo desse ambiente típico brasileiro. Seu fruto possui cheiro e sabor peculiares, sendo muito apreciado não só pelos habitantes das localidades de sua ocorrência (CÂNDIDO *et al.*, 2012), mas também pelos consumidores em todo o mundo.

Além de seu valor gastronômico, o pequi possui potencial econômico significativo devido à sua utilização nas indústrias alimentícia e cosmética, especialmente na produção de óleo. É considerado uma fonte promissora de ácidos graxos insaturados e de compostos bioativos, tais como, carotenoides e compostos fenólicos, que são substâncias reconhecidamente antioxidantes e anti-inflamatórias (BRASIL, 2016; LEMES *et al.*, 2017; BRASIL, 2019; SILVA *et al.*, 2021). Por isso é crescente o interesse não só por suas propriedades nutricionais, mas também funcionais (ALMEIDA *et al.*, 1998; ROESLER *et al.*, 2008).

Como mencionado o óleo de pequi contém compostos bioativos, como carotenoides e constituintes fenólicos. Os carotenoides são pigmentos naturais que apresentam atividade pró-vitamina A, atuando como precursores dessa vitamina no organismo (SIVA; FONSECA, 2016). Os compostos fenólicos são substâncias químicas encontradas naturalmente nesse óleo, incluindo flavonoides, taninos e ácidos fenólicos. Esses compostos possuem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, conferindo benefícios à saúde e proteção contra doenças (HITZ *et al.*, 2018; VERRUCK; PRUDENCIO; SILVEIRA, 2019).

Em se tratando da fração lipídica, o óleo é uma excelente fonte de ácidos graxos essenciais, especialmente de ácido graxo monoinsaturado ômega-9, ácido graxo poli-insaturado ômega-6, ômega-3, ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA). Esses ácidos graxos desempenham

papéis vitais no organismo, contribuindo para a saúde cardiovascular. Além disso, o óleo de pequi contém quantidades significativas de vitamina A e vitamina E, poderosos antioxidantes que ajudam a proteger as células contra danos causados pelos radicais livres (CARNEIRO *et al.*, 2023).

O óleo de pequi possui composição química complexa e variável, influenciada por diversos fatores, incluindo região de cultivo, clima, solo, práticas de manejo, estágio de maturação dos frutos, e condições de processamento e de armazenamento (RODRIGUES, 2021). Nesse contexto, é fundamental caracterizar e avaliar os parâmetros de qualidade do óleo de pequi produzido em diferentes regiões, a fim de garantir o emprego adequado pela indústria alimentícia e farmacêutica. A avaliação da qualidade do óleo de pequi envolve a determinação de parâmetros físico-químicos, como índice de acidez, índice de peróxido, composição de ácidos graxos, dentre outros.

A região Norte de Minas Gerais, inserida no bioma Cerrado, é uma importante produtora de pequi, contribuindo para a economia regional. A produção do óleo de pequi é tradicionalmente realizada de forma empírica pelos agricultores. Ao longo de gerações, estes adquiriram um conhecimento prático transmitido oralmente, o que lhes permitiu desenvolver técnicas eficientes de obtenção do óleo de pequi. Essa abordagem empírica se baseia em saberes ancestrais e uma compreensão profunda das características do fruto, garantindo a qualidade e o sabor característicos do óleo. No entanto, são escassos os estudos científicos que abordam os parâmetros de qualidade e caracterização do óleo de pequi produzido nessa região.

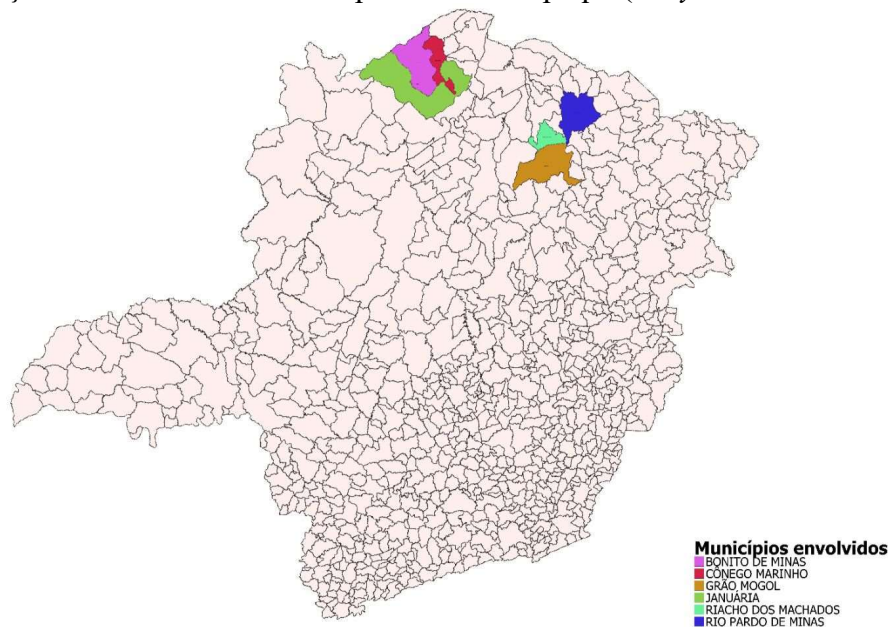
Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros de qualidade e realizar a caracterização do óleo de pequi produzido no Norte de Minas Gerais. A compreensão desses aspectos contribuirá para o avanço do conhecimento científico sobre esse produto e auxiliará na promoção de seu potencial de mercado, tanto no mercado regional quanto no mercado global, visando estimar novas pesquisas e incentivar ações voltadas para a preservação e sustentabilidade do cerrado brasileiro, considerando o pequi como um recurso natural valioso e uma fonte potencial de desenvolvimento econômico regional.

Material e Métodos

Os frutos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) foram coletados pelos extrativistas nos meses de dezembro e janeiro de 2022 e 2023 respectivamente, em seis regiões distintas, a saber: Bonito de Minas (15°19'8"S e 44°46'3"O), Cônego Marinho (15°17'38"S e 44°25'04"O.), Grão Mogol (16°33'27"S e 42°53'38"O), Januária (15°29'17"S e 44°21'43"O), Riacho dos Machados (16°0'23" S e 43°2'15"O) e Rio Pardo de Minas (15°36' 6"S e 42°32'24"O), todos pertencentes à região Norte do Estado de Minas

Gerais, Brasil. Apenas frutos com ponto de maturação adequado, sem injúrias mecânicas, manchas e de tamanho uniforme foram selecionados.

Figura 1 - Localização das cidades escolhidas para coleta do pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.).



Fonte: Dos autores, 2023.

Etapas de Obtenção dos frutos, extração do óleo de pequi, filtração, envase e rotulagem

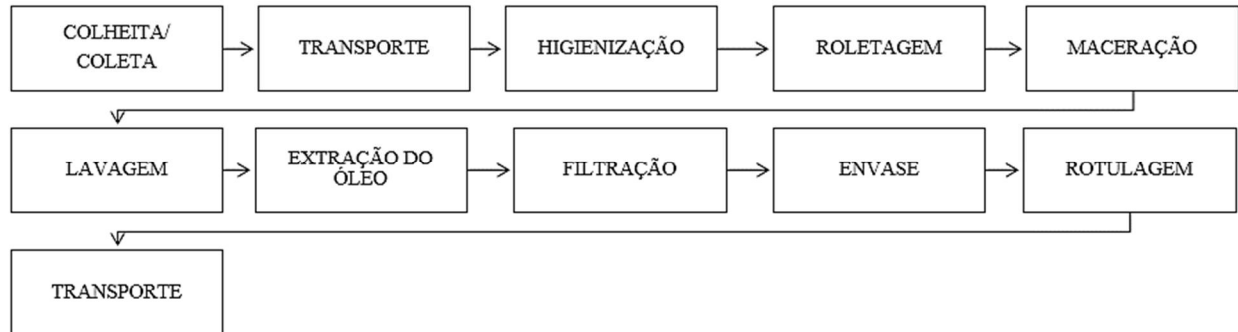
A cooperativa Agroextrativista Grande Sertão localizada no município de Montes Claros, MG, dá suporte técnico à produção de óleo de pequi em diferentes regiões do Norte e Noroeste mineiro. Sendo assim, ela estabelece os critérios de coleta e de processamento do pequi para a obtenção de óleo, além de treinar os cooperados nesses critérios, a fim de obter um produto mais padronizado possível. A Figura 2 apresenta o fluxograma de processamento do pequi para a obtenção de óleo. Em seguida está descrito a forma de obtenção do fruto, beneficiamento e extração do óleo. Como mencionado, este processo deve ser empregado por todos os cooperados.

Na coleta do fruto do pequi devem ser tomados alguns cuidados como coletar frutos somente caídos naturalmente, coletar frutos saudáveis, e deixar os frutos rachados ou abertos como reserva natural, para reprodução da planta e alimentação animal.

Após a coleta os pequis são transportados do campo em caixas plásticas higienizadas. A partir daí os frutos passam por uma pré-seleção, na qual são removidos aqueles rachados, verdes ou podres. Em seguida, são lavados com água de boa qualidade, visando remover as impurezas mais evidentes, como terra, areia, folhas e outros materiais estranhos. Para garantir a sanitização, os frutos são imersos

em uma solução de água com 20 ml de cloro por 10 minutos, a fim de eliminar microrganismos presentes na casca. Para remover o excesso de cloro, faz-se nova lavagem dos frutos.

Figura 2 - Fluxograma de Produção do Óleo de Pequi.



Fonte: Dos autores, 2023.

Logo após, inicia-se a roletagem, que consiste na abertura da casca do fruto para a remoção do caroço, sendo realizado um corte cuidadoso na casca de modo a não danificar o caroço. Esse processo é realizado utilizando facas de aço inoxidável.

Após a etapa de roletagem os caroços passam por uma etapa de cozimento em água fervente, até que se perceba o desprendimento da polpa do caroço. Os caroços são então agitados, visando garantir a completa separação da polpa, resultando em uma mistura sólida. Essa mistura, por sua vez, permanece em repouso por um período de 24 horas, sendo então submetida a uma adição controlada de água fria, à temperatura abaixo de 15 °C. Essa adição é seguida por uma nova etapa de agitação, com o objetivo de promover a separação das fases líquida e sólida. Com a incorporação da água fria, a porção oleosa se solidifica, enquanto o líquido remanescente é cuidadosamente drenado. A massa oleosa passa então por um processo de lavagem minuciosa, realizada repetidas vezes, a fim de eliminar quaisquer resquícios líquidos que ainda estejam presentes. Em seguida, a parte sólida é submetida a aquecimento até que todo o restante de água se evapore. Por meio desse processo de aquecimento, a massa é derretida, dando origem ao óleo desejado. Esse óleo, por sua vez, passa por um processo de filtragem utilizando tecido apropriado e, finalmente, é envasado em embalagem adequadas.

O óleo de pequi é obtido de forma artesanal pelas comunidades extrativistas e, em seguida, é transferido, em garrafas PET, para a fábrica de óleos, pertencente à cooperativa. Os produtos recebidos são rastreados de acordo com a comunidade de origem e a quantidade produzida, sendo separados por lotes. Em seguida, são submetidos a análises de qualidade sensorial para avaliação de sua qualidade.

O óleo de pequi utilizado nas análises desse trabalho foi doado pela Cooperativa Agroextrativista Grande Sertão, a qual foi responsável por garantir o sistema de coleta e de extração do óleo nas seis regiões do Norte do Estado.

Parâmetros de qualidade

As análises de índices de acidez (mg KOH/g), peróxido (meq/kg) e saponificação (mg KOH/g) foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela Official Methods of the American Oil Chemist's Society (AOCS, 2009).

Características sensoriais

As análises sensoriais de aparência e cor foram realizadas visualmente pelos pesquisadores. Para a análise de aparência, foram pesados cerca de 20 g de óleo em um béquer, sendo o óleo classificado como de aparência viscosa ou semissólida, antes e após o aquecimento a 32 °C em chapa elétrica. A cor foi classificada de acordo com o padrão de cores estabelecido pela Cooperativa Grande Sertão, variando entre amarelo claro, amarelo escuro e alaranjado. Já o atributo sensorial de odor foi classificado como característico ou não característico junto com os técnicos da Cooperativa Grande Sertão.

Determinação do perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos majoritários presentes no óleo de pequi foram identificados por meio de Cromatógrafo Gasoso Capilar (modelo CGC, marca AgilenT 68650), equipado com detector de ionização de chama, injetor split e amostrador automático. Os compostos foram separados em coluna capilar de sílica fundida DB-23 (60 m x 0,25 mm x 0,25 µm). A programação de temperatura da coluna foi iniciada em 110 °C por 5 min, aquecida gradativamente até 215 °C. As temperaturas utilizadas no injetor e no detector foram 250 e 280 °C, respectivamente. As amostras foram injetadas no volume de 1,0 µL, sendo o gás de arraste o hélio. Os ácidos graxos foram identificados pela comparação dos tempos de retenção de padrões puros de ésteres metílicos de ácidos graxos com os componentes separados das amostras e a quantificação foi feita por normalização de área (%).

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise sensorial dos óleos provenientes de diferentes regiões do Norte de Minas Gerais. Todos os óleos se apresentavam semi-sólidos quando a temperatura era superior a 32 °C (temperatura determinada para controle), e uma aparência fluida em temperaturas abaixo desse valor. A viscosidade do óleo reflete a sua capacidade de fluir em uma determinada temperatura (BRASIL, 2015). Assim, os óleos mais viscosos são mais espessos, enquanto os menos viscosos são mais fluidos, o que está diretamente relacionado ao teor de compostos polares gerados durante a degradação térmica.

A viscosidade do óleo de pequi tem despertado grande interesse na indústria cosmética, pois, ele atua como emulsionante e emoliente, permitindo a preparação de emulsões estáveis do tipo O/A (óleo/água) em temperatura ambiente (PIANOVSKI, 2008; BERTOLINO *et al.*, 2019). Isso facilita o processo de formulação e reduz a necessidade de diversos ingredientes, proporcionando características como fácil espalhabilidade e uma sensação agradável na pele, sem deixar resíduos pegajosos e conferindo uma suavidade ao toque (COUTINHO; SANTOS, 2014).

Quanto à coloração, todos os óleos de pequi apresentaram tonalidades que variam de amarelo claro a alaranjado, o que pode ser atribuído à alta concentração de carotenoides, como apontado por Godoy *et al.* (1994). Os carotenoides não só conferem cor natural aos alimentos, mas também são potentes antioxidantes, proporcionando proteção contra o câncer e doenças cardiovasculares. Vale ressaltar que essas substâncias desempenham um papel importante na inibição da oxidação do colesterol ruim (LDL), um fator crucial no desenvolvimento da aterosclerose, conforme mencionado por Bohn *et al.* (2021). Além disso, os óleos das diferentes localidades possuíram desejavelmente um odor levemente adocicado e acentuado, características distintivas do fruto fresco.

Conforme a legislação brasileira, o índice de acidez permitido em óleos prensados a frio é de no máximo 4,0 mg/KOH (BRASIL, 2021a). É possível observar na Tabela 1 que apenas uma das amostras excedeu esse limite. Os dados de acidez das demais regiões apresentaram características de azeite extra virgem. O óleo proveniente de Cônego Marinho apresentou um valor de 6,40%, não atendendo, portanto, o valor estabelecido pela legislação. Este dado pode ser justificado pela característica de solo, armazenamento ou transporte desses frutos até a cooperativa de produção do óleo. Ou de outra forma, evidência a necessidade de se implementar medidas de controle para adequar a produção e qualidade deste óleo. Certamente esse dado, evidência a necessidade de se aprofundar os estudos e o conhecimento sobre a composição e peculiaridade dessas regiões, bem como para investigar possíveis variações em diferentes safras e condições de produção.

Tabela 1 - Características sensoriais e físico-químicas dos óleos de pequi provenientes de diferentes localidades do Norte de Minas

Parâmetros	Rio Pardo de Minas	Bonito de Minas	Cônego Marinho	Grão Mogol	Januária
Aparência	Líquido viscoso >32°C e Semissólido a <32°C	Líquido viscoso >32°C e Semissólido a <32°C	Líquido viscoso >32°C e Semissólido a <32°C	Líquido viscoso >32°C e Semissólido a <32°C	Líquido viscoso >32°C e Semissólido a <32°C
Cor	Amarelo Claro à Alaranjado	Amarelo Claro à Alaranjado	Amarelo Claro à Alaranjado	Amarelo Claro à Alaranjado	Amarelo Claro à Alaranjado
Odor	Característico	Característico	Característico	Característico	Característico
Índice de Acidez (mg/KOH)	0,74	0,65	6,40	2,20	0,98
Índice de Peróxido (meq/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Dos autores, 2023.

O índice de acidez caracteriza a medida da rancidez hidrolítica, que ocorre devido à hidrólise da ligação éster pelos efeitos da enzima lipase e umidade. Tal enzima pode ter origem endógena ou pode ser oriunda da contaminação microbiana em alguma fase da coleta e processamento. Portanto, esse índice revela o estado de conservação dos óleos, em que a decomposição dos glicerídeos é acelerada pelo calor e pela luz. Geralmente, a rancidez está associada à formação de ácidos graxos livres. A determinação do índice de acidez é importante para avaliar a qualidade e a deterioração desses produtos, uma vez que níveis elevados de acidez indicam a ocorrência de processos de hidrólise (ADOLF LUTZ, 2008).

Em relação ao índice de peróxido, as regulamentações nacionais e internacionais (CODEX ALIMENTARIUS, 2017; COMISSÃO EUROPEIA, 1991) juntamente com a legislação brasileira (BRASIL, 2021b) estabelecem limites para os parâmetros analíticos relacionados à oxidação do óleo. De acordo com a IN nº 87, de 15 de março de 2021, os óleos prensados a frio e não refinados não podem exceder o limite de 15 meq/kg de peróxido (BRASIL, 2021a). Sendo assim, os óleos avaliados demonstraram resultados excelentes (Tabela 1), pois a ausência de peróxido indica uma baixa

deterioração do óleo, que ocorre devido à quebra das ligações duplas nos ácidos graxos (MENDONÇA *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2022).

O índice de peróxido é amplamente utilizado para verificar a qualidade e a estabilidade de alimentos e produtos químicos, medindo a quantidade de peróxidos livres presentes na amostra, expressa em termos de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (SOUZA *et al.*, 2022). De acordo com Poyato *et al.* (2014), durante o processo de oxidação, ocorre a oxidação dos ácidos graxos insaturados, especificamente os polinsaturados encontrados em óleos e biodieséis, resultando na formação de hidroperóxidos que não possuem odor nem sabor. Esses hidroperóxidos são posteriormente decompostos em compostos secundários mais estáveis. Conseqüentemente, a oxidação lipídica é responsável pelo surgimento de sabores e odores desagradáveis nos alimentos, tornando-os inadequados para consumo. Além disso, como resultado da oxidação, ocorrem alterações que comprometem não apenas a qualidade nutricional, mas também a integridade e a segurança dos alimentos, devido à formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (BARON; PAZINATTO; BARON, 2020).

Os perfis de ácidos graxos dos óleos avaliados estão descritos na Tabela 2. De forma geral, foi encontrado um percentual médio de 41,67% de ácidos graxos saturados e 58,23% de ácidos graxos insaturados. Na fração saturada o maior representante é o ácido palmítico que obteve maiores valores em Januária e menores em Riacho dos Machados, e na fração insaturada o ácido oleico é o que se destaca.

O ácido palmítico é um dos ácidos graxos saturados presente no corpo humano. Ele pode ser adquirido por meio da alimentação ou ser sintetizado internamente pelas células. Nos fosfolípidios, que são moléculas importantes constituintes das membranas celulares, e nos triacilgliceróis (TG) do tecido adiposo, o ácido palmítico representa de 20% a 30% do total de ácidos graxos (AG) (CARTA, 2017). Segundo Facioli e Gonçalves (1998), os valores de ácido palmítico são aproximadamente 40,2%, conferindo a ele características únicas e valiosas de cristalização e derretimento, essenciais na fabricação de certos produtos que possuem ponto de fusão próximo à temperatura corporal humana ($37^{\circ}C$). Os valores encontrados na análise do óleo de pequi estão próximos desses números, o que faz dele uma boa fonte de matéria-prima na indústria cosmética (SILVA, 2004). Esses resultados estão em conformidade com os observados por Garcia *et al.* (2007), que encontraram 41,1% de ácido palmítico.

Também é importante ressaltar a relevância do ácido oleico. Segundo Pereira *et al.* (2018), há um grande interesse em óleos que contenham esse constituinte, pois a presença de ácidos graxos monoinsaturados contribui para a preservação e estabilidade das características dos produtos, tornando-os menos propensos a reações oxidativas. Além do mais, o ácido oleico está associado a muitos benefícios para a saúde humana, como ação anti-inflamatória, aumento da sensibilidade à insulina e em processos metabólicos que reduzem a colesterolemia (BARN, 2020; BRAGA-SOUTO, 2022).

Além disso, encontram-se em menor quantidade os ácidos graxos esteárico, mirístico, palmitoleico e linoleico. Esses resultados estão em concordância com os observados por Garcia *et al.* (2007), que encontrou 0,2, 0,5 e 0,9% respectivamente. O ácido linoleico apresenta vantagens significativas, incluindo a diminuição da gordura corporal, modificações no metabolismo energético, efeitos antidiabéticos, prevenção do desenvolvimento de aterosclerose, fortalecimento da mineralização óssea, regulação do sistema imunológico e propriedades anticarcinogênicas (HOUSEKNECHT *et al.*, 1998; BELURY *et al.*, 2003; GOUVÊA *et al.*, 2012; DILZER; PARK, 2012; PIERRE *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2013; BAE *et al.*, 2013).

Tabela 2 - Porcentagem de ácidos graxos majoritariamente presentes nos óleos de pequi provenientes de regiões do Norte de Minas

Ácidos graxos	Rio Pardo de Minas	Bonito de Minas	Cônego Marinho	Grão Mogol	Januária	Riacho dos Machados
Palmítico (C16:0)	38,29	38,57	37,86	39,47	41,96	35,21
Palmitoleico (C16:1)	0,01	0,75	0,71	0,02	0,77	0,65
Esteárico (C18:0)	2,44	1,76	1,76	2,01	1,97	2,08
Oleico (C18:1)	57,82	54,98	55,67	54,61	53,99	58,19
Linoleico (C18:2)	1,15	2,57	2,50	2,40	1,50	2,14
Ácido Linolênico (C18)	0,19	1,12	1,23	1,31	0,14	1,32
Σ Ácido graxos saturados	40,74	41,08	40,33	41,5	44,7	37,97
Σ Ácido graxos insaturados	59,16	58,67	59,4	58,32	55,63	61,55

Fonte: Dos autores, 2023.

Conclusão

Em conclusão, os parâmetros de qualidade dos óleos de pequi produzidos na região norte-mineira foram avaliados e apresentaram resultados promissores. A análise dos ácidos graxos revelou a presença majoritária de ácido palmítico e ácido oleico, que conferem características únicas e desejáveis aos óleos. Esses constituintes contribuem para a estabilidade e preservação das características dos produtos, tornando-os menos propensos a reações oxidativas.

Compreender os parâmetros de qualidade e caracterização do óleo de pequi produzido no Norte de Minas Gerais é de extrema relevância, pois permite o desenvolvimento de estratégias de manejo

adequadas, melhoria nos processos de extração e refino. Essas informações são relevantes para a indústria cosmética e alimentícia, visto que os óleos de pequi provenientes da região norte-mineira podem ser considerados como uma fonte de matéria-prima de boa qualidade. Além disso, o conhecimento desses parâmetros, permite também a identificação de diversas aplicações nutricionais e farmacêuticas.

Referências

ALMEIDA, S. P. *et al.* **Cerrado: espécies úteis**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, p. 464, 1998.

AOCS. **American Oil Chemists' Society. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, 6 ed. Champaign, 2009.

BAE, C. *et al.* Xerocytosis is caused by mutations that alter the kinetics of the mechanosensitive channel. **PNAS**, v. 4, p. 1162-1168, 2013.

BARN, L. F.; PAZINATTO, R.; BARON, C. P. Oxidação de lipídeos e as implicações na nutrição e saúde de animais de produção. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 1, 2020.

BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N. H.; BINDRABAN, P. S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: A review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 137, p. 47-58, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788091000037X>. Acesso em: 14 jun. 2023.

BELURY, M. *et al.* The conjugated linoleic acid (cla) isomer, t10c12-cla, is inversely associated with changes in body weight and serum leptin in subjects with type 2 diabetes mellitus. **Journal of nutrition**, v. 133, n. 1, p. 257-60, 2003.

BERTOLINO, J. F. *et al.* Aplicabilidade do Óleo de Pequi na Cicatrização. **Enciclopedia Biosfera**, v. 16, n. 29, 2019. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/173>. Acesso em: 23 jun. 2023.

BOHN, T. *et al.* Mechanistic aspects of carotenoid health benefits - where are we now? **Nutrition research reviews**, v. 34,2 p. 276-302, 2021.

BRAGA-SOUTO, R. N. *et al.* Improvement of sensorial and technological characteristics of chocolate cakes with buriti fruit by-product. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 5, p. e16557, 2022.

BRASIL, R. V. *et al.* Caracterização física e química do óleo de pequi exposto a diferentes condições de armazenamento. In: **VIII Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão-Conpeex**. 2011.

BRASIL. IN nº 87, de 15 de março de 2021^a. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 mar. 2021. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_726_2022_.pdf/3baf0ed8-a1c3-4b37-ac5e-c57943c2b0c1. Acesso em: 20 jun. 2023.

BRASIL. RDC nº 481, de 15 de março de 2021b. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 mar. 2021. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5887540/RDC_481_2021_COMP.pdf/5ada559b-0f79-4a29-8ff4-ed3dc77804f0. Acesso em: 20 jun. 2023.

BRASIL. Agência Nacional do petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Panorama dos Óleos Básicos no Brasil**. Brasília, DF: ANP, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Serviço Florestal Brasileiro. Bioeconomia da floresta: a conjuntura da produção florestal não madeireira no Brasil**. Brasília: MAPA/SFB, 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o Futuro: Região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, 2016.

CÂNDIDO, P. A. *et al.* A exploração do pequi na região Norte de Minas Gerais: abordagem por meio do Sistema Agroalimentar Localizado. **Revista Ideas**, v. 5, n. 2, p. 118-138, 2012.

CARNEIRO, C. R. *et al.* Potential Challenges of the Extraction of Carotenoids and Fatty Acids from Pequi (*Caryocar brasiliense*) Oil. **Foods**, v. 12(9), p.1907, 2023.

CARTA, G. *et al.* Palmitic acid: physiological role, metabolism and nutritional implications. **Frontiers in physiology**, v. 8, p. 902, 2017.

CODEX ALIMENTARIUS. Standard for olive oils and olive pomace oils. **Codex**, v.91(5), p. 1689–1699, 2017.

COMISSÃO EUROPEIA. Regulamento (CE) nº 2568/91 do Conselho, de 11 de julho de 1991, relativo às características físicas e químicas dos óleos de oliva e dos óleos de bagaço de azeitona e sobre seus métodos de análise. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**, L 248/1, 1991.

COUTINHO C.S.S.; SANTOS E.P. Cremes e loções: visão geral. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. **Cosmetics & Toiletries**, v. 26, 2014.

DILZER, A.; PARK, Y. Implication of conjugated linoleic acid (cla) in human health. **Critical reviews in food science and nutrition**. v. 52, p. 488-513, 2012.

FACIOLLI, N. L.; GONÇALVES, L. A. G. Modificação por via enzimática da composição triglicéridica do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Química Nova**, v. 21, n. 1, p. 16-19, 1998.

FERREIRA, L. C. *et al.* Água como tema central na educação ambiental. **Scientific Electronic Archives**, v. 9, n. 2, p. 67-72, 2016.

GARCIA, C. C. *et al.* Thermal stability studies of some Cerrado plant oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 87, n. 3, p. 645-648, 2007. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-006-7769-x> >. Acesso em: 22 out. 2023.

GODOY, H. T. *et al.* Occurrence of cis-Isomers of provitamin a in brazilian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **Easton**, v. 42, n. 6, p. 1306-1313, 1994. Disponível em: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00042a011>. Acesso em: 20 jun. 2023.

GOUVÊA, M. M. *et al.* Ácidos Linoleicos Conjugados (ALC) - Os Benefícios que Exer-cem sobre a Saúde Humana e as Principais Metodologias Analíticas Aplicadas para a sua Determinação em Leites. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 6, p. 653-669, 2012.

HITZ, D. *et al.* Ação dos compostos fenólicos na aterosclerose: uma revisão. **Visão Acadêmica**, v. 19, n. 1, 2018.

HOUSEKNECHT, K. L. *et al.* Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty rat. **Biochemical and Biophysical Research Communication**, v. 244, n. 3, p. 911-7, 1998.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e Sistema Costeiro - Marinha do Brasil**. Brasília, 2019.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Revista Mega Diversidade**, v. 1, p. 147-155, 2005.

LEMES, E. O. *et al.* Levantamento da Utilização do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) como Agente Antioxidante na Prevenção de Doenças Neurodegenerativas. **Uniciências**, v. 21, n. 2, p. 110-114, 2017.

LISBOA, M. C. *et al.* Oleochemistry potential from Brazil northeastern exotic plants. **Biochimie**, v. 178, p. 96-104, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030090842030208X>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MENDONÇA, A. M. *et al.* Alterações físico-químicas em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no Distrito Federal. **Comunicação em Ciências da Saúde**, v. 19(2), p. 115–122, 2008.

OLIVEIRA, M. E. B. *et al.* **Aspectos agronômicos e de qualidade do pequi**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2008.

PEREIRA, G. S. *et al.* Quality control of the buriti oil (*Mauritia flexuosa* L. f.) for use in 3-phase oil formulation for skin hydration. **International Journal of Phytocosmetics and Natural Ingredients**, v. 5(1), p. 1-5, 2018.

PIANOVSKI, A. R. *et al.* Use of pequi oil (*Caryocar brasiliense*) in cosmetics emulsions: development and evaluate of physical stability. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, n. 44 (2), 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcf/a/64q5JZxvP9cttRcvmSvPNxN/>. Acesso em: 23 junh. 2023.

PIERRE, A. S. *et al.* Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid induced cell death in human colon cancer cells through reactive oxygen species-mediated ER stress. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 183, n. 4, p. 759-768, 2013.

POYATO, C. *et al.* A novel approach to monitor the oxidation process of different types of heated oils by using chemometric tools. **Food Research International**, v. 57, p. 152-161, 2014.

RODRIGUES, D. S. **Avaliação de parâmetros de qualidades da polpa de pequi de diferentes localidades do Norte de Minas Gerais**. 2021. 43 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Saúde) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2021.

ROESLER, R. *et al.* Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 110, n. 1, p. 711-717, 2008.

SARAIVA, R. A. *et al.* Topical anti-inflammatory effect of *Caryocar coriaceum* Wittm. (*Caryocaraceae*) fruit pulp fixed oil on mice ear edema induced by different irritant agents. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 10, p. 02-07, 2010.

SCHIASSI, M. C. E. V. *et al.* Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, v. 245, p. 305- 311, 2018.

SILVA, A. M. L. *et al.* Análises físico-químicas e avaliação da composição centesimal de frutas do Cerrado. **Revista Estudos**, v. 31, n. 9, p. 1635-1645, 2004.

SILVA, C. A. A.; FONSECA, G. G. Brazilian savannah fruits: characteristics, properties, and potential applications. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, p. 1225-1232, 2016.

SILVA, F. H. L. *et al.* Procedências, matrizes e diâmetro do tronco na expressão de variáveis químicas em frutos de pequizeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10(1), p. 9-134, 2015.

SILVA, J. P. *et al.* Aspectos da Comercialização do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no Estado de Goiás, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 37, p. 62, 2021. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2021C/aspectos%20da.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2023.

SOARES, B. C. *et al.* Repeatability of physical and chemical characteristics in pequi fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n.39(2), p. 1-12, 2017.

SOUZA, M. C. *et al.* Análise da estabilidade por parâmetros físico-químicos do óleo das sementes de inajá (*maximiliana maripa*) oriundas da Região Amazônica. **Conjecturas**, v. 22, n. 18, p. 337–354, 2022. Disponível em: <http://www.conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/2140>. Acesso em: 23 jun. 2023.

VERRUCK, S.; PRUDENCIO, E. S.; SILVEIRA, S. M. DA. Compostos bioativos com capacidade antioxidante e antimicrobiana em frutas. **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**, v. 4, n. 1, p. 111–124, 2019.

WANG, S. *et al.* Strain field of interstitial hydrogen atom in body-centered cubic iron and its effect on hydrogen-dislocation interaction. **Scripta Materialia**, v. 68, n. 5, p. 249-252, 2013.

CAPÍTULO 13

Caracterização físico-química de mortadelas tradicionais comercializadas na cidade de Goiânia - GO

Rayanna Ferreira Lopes*¹; Rodrigo Blasquez¹; Tomás Rezende Gomes¹; Katiúcia Alves Amorim²; Fernanda Salamoni Becker³; Clarissa Damiani³

Resumo

Um importante segmento da indústria de carne, é a produção de produtos cárneos processados como os estruturados, emulsionados, embutidos, entre outros. Dentre esses, a mortadela se destaca por ser um produto saboroso, de baixo custo, prático e versátil. No entanto, esses alimentos são susceptíveis às contaminações em diversas etapas de produção, tanto de forma acidental quanto intencional, sendo esta segunda considerada fraude alimentar. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar as características físico-químicas de mortadelas tradicionais comercializadas em supermercados de Goiânia - GO. Foram realizadas análises físico-químicas abrangendo a composição centesimal das mortadelas, incluindo parâmetros como umidade, lipídios, proteínas e carboidratos, além da atividade de água e pH. As amostras comerciais apresentaram diferenças significativas em relação às características físico-químicas analisadas, exceto pelo pH, que se manteve próximo à neutralidade em todas as marcas. Em relação à composição centesimal, todas as amostras estavam dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação, com exceção da amostra "D", que apresentou um teor de proteínas abaixo do valor exigido. Além disso, a amostra "A" excedeu o limite de carboidratos permitido, essas diferenças podem estar relacionadas a qualidade da matéria prima ou ao uso de proporções incorretas entre quantidade de carne e outros ingredientes. As análises de atividade de água revelaram diferenças entre as amostras. Conclui-se que, de modo geral, esses produtos estão em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela legislação. No entanto, foram identificadas algumas variações significativas entre as amostras analisadas, o que destaca a importância de monitorar a qualidade e a conformidade desses produtos, visando garantir a segurança dos alimentos e evitar fraudes no setor de alimentos processados.

Palavras-chave: Centesimal. pH. Produtos cárneos. Qualidade. Umidade.

¹ Estudante de graduação de Engenharia de Alimentos; Universidade Federal do Goiás.

² Doutoranda em Ciência dos Alimentos; Universidade Federal de Lavras.

³ Docente Curso de Engenharia de Alimentos; Universidade Federal do Goiás.

*E-mail: rayanna.ferreira@discente.ufg.br

Introdução

A crescente demanda por carne, especialmente de aves e suínos, tem levado as indústrias ao redor do mundo a investirem cada vez mais em tecnologias que agregam valor aos produtos. Hoje em dia, os consumidores têm uma ampla variedade de produtos cárneos disponíveis no mercado (SWANN; KELLY, 2023). A produção de produtos cárneos é um segmento importante da indústria de carne, apresentando implicações econômicas significativas, uma vez que permite o aproveitamento de cortes que não são utilizados *in natura*, resultando em uma oferta comercialmente disponível e aumentando a receita das indústrias (VENTURA *et al.*, 2017).

Além disso, os produtos cárneos oferecem características sensoriais distintas, como cor, aroma e sabor, que são resultado dos diferentes processos aos quais a matéria-prima é submetida. Esses produtos também podem possuir um valor nutricional a ser considerado, devido ao seu preço acessível, facilidade de preparo e teor de proteínas, contribuindo assim para a redução do déficit nutricional, especialmente entre a população de menor renda. No entanto, é fundamental considerar os principais aspectos distintivos entre os fabricantes, como a qualidade, o preço e a apresentação do produto (MELO; BISCONTINI; ANDRADE, 2004).

A mortadela, um dos produtos cárneos de grande importância econômica no setor de frios e embutidos, tem sua origem associada à chegada dos imigrantes italianos ao Brasil (KRONE, 2014). Sendo de fácil acesso e de custo acessível, a mortadela representa um segmento relevante na indústria de carnes, ampliando a oferta de seus derivados (BARRETO *et al.*, 2017).

Conforme definido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a mortadela é um produto cárneo obtido a partir da emulsão de carnes de diferentes espécies animais, com adição ou não de toucinho, pele, miúdos e partes animais comestíveis, além de ingredientes e condimentos específicos, embutidos em envoltórios naturais ou artificiais em diferentes formatos, sendo submetidos a um processo térmico característico (BRASIL, 2017).

Os ingredientes obrigatórios na produção de mortadelas são a carne de diferentes espécies de animais de açougue e o sal, sendo que, nas variedades "Italiana" e "Bologna", os cubos de toucinho devem ser visíveis ao corte. Outros ingredientes opcionais podem ser adicionados, como água, gordura animal e/ou vegetal, proteína vegetal e/ou animal, aditivos intencionais, agentes de ligação, açúcares, aromas, especiarias, condimentos, vegetais (como amêndoas, pistache, frutas, azeitonas, etc.) e queijos (BRASIL, 2000).

A fraude alimentar tem se tornado uma preocupação crescente na indústria, entre organizações e pesquisadores, sendo uma questão global em destaque (AMARAL *et al.*, 2015; ESPINOZA *et al.*, 2015). Após o escândalo da operação "Carne Fraca", realizada pela Polícia Federal em março de 2017,

e a implementação do Decreto nº 9.069, em maio de 2017, que estabeleceu o novo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), a preocupação com a qualidade das carnes e produtos cárneos disponíveis para consumo tornou-se evidente tanto entre os consumidores quanto entre os fabricantes brasileiros.

A fraude é caracterizada pelo uso de artifícios não autorizados para alterar um produto, visando obter lucro ilícito e não seguindo uma prática universalmente aceita (KOLICHESKI, 1994). Essas práticas fraudulentas comprometem as características sensoriais dos alimentos e, muitas vezes, seu valor nutricional, prejudicando os interesses dos consumidores (EVANGELISTA, 1989).

Como qualquer outro alimento, a qualidade dos produtos cárneos é avaliada com base em atributos sensoriais, físico-químicos e microbiológicos. Ainda, um percentual de composição, análises instrumentais que incluem pH, atividade de água (aw), cor e textura são utilizadas para determinar a qualidade desses produtos (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2020).

Conforme estabelecido na Instrução Normativa nº 04, de 31 de março de 2000, que define os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade para carne mecanicamente separada, mortadela, linguiça e salsicha, foram estabelecidos os seguintes valores máximos: umidade (máx) de 65%, proteína (mín) de 12% e gordura (máx) de 30% (BRASIL, 2000). Para amido, o valor máximo permitido para mortadela é de 2% e para salsichas esse valor sobe para 5%.

Neste contexto, a realização do presente trabalho teve o objetivo de avaliar as características físico-químicas de mortadelas tradicionais comercializadas em supermercados de Goiânia - GO.

Material e Métodos

Foram adquiridas cinco marcas comerciais de mortadela tradicional, em lojas de varejo na região metropolitana de Goiânia-GO. Os produtos foram identificados como A, B, C, D e E. As marcas de mortadela tradicional obtidas apresentavam data de fabricação próximas e semelhança entre os ingredientes das formulações.

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Físico-Química de Alimentos da Universidade Federal de Goiás. Foram avaliados os seguintes parâmetros: umidade, atividade de água (aw), pH, cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos.

A determinação do teor de umidade foi feita pelo método de secagem direta em estufa de secagem a 105 °C (modelo ORION 515, marca FANEN/ São Paulo, Brasil), seguindo o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em porcentagem.

O cálculo do teor de água foi realizado utilizando a seguinte Equação 1:

$$\text{Teor de água (\%)} = (N \times P) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

sendo N = massa da amostra (g) de umidade (perda de massa em g); P = massa da amostra (g).

O conteúdo de cinzas foi determinado por incineração do material em forno tipo mufla (neomed do brasil ltda) a 550 °C ou até que as cinzas apresentassem uma coloração branca, seguindo o método descrito pela AOAC (2010). O teor de cinzas foi calculado utilizando a Equação 2:

$$\% \text{ Cinzas} = (\text{massa de cinzas (g)}) / (\text{g amostras}) \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Para análise de proteína, foi determinado o teor de nitrogênio total das amostras seguindo o método de Kjeldahl conforme AOAC (2010), e multiplicado por 6,25 que é o índice de transformação no fator proteína. O teor de lipídios totais foi determinado conforme o método 960.39 da AOAC (2000). O teor de carboidrato foi calculado pela diferença entre as composições do produto, totalizando 100%, levando em consideração as porcentagens de lipídios totais, água, proteínas e cinzas.

O pH foi determinado diretamente em 5 g de amostra homogeneizadas em 50 mL de água destilada e as medições foram realizadas utilizando um potenciômetro digital, com leitura direta de acordo com a AOAC (2010). A atividade de água (aw) foi determinada adicionando-se 5g de cada amostra em aparelho digital modelo CX-2, marca Aqualab, na temperatura de 25 °C.

Todas as análises foram realizadas em triplicata, e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando-se o programa Sisvar.

Resultados e Discussão

A legislação brasileira determina para as mortadelas suínas, ovinas, bovinas e de aves 12% (min.) de proteína, 30% (máx.) de gorduras totais e 1 - 10% (max.) de carboidratos totais (BRASIL, 2000). Os parâmetros da composição centesimal das mortadelas (umidade, lipídios, proteínas, cinzas, carboidratos) comerciais avaliadas são apresentadas na Tabela 1. Pode se observar que, as mortadelas comerciais avaliadas atendem aos parâmetros estabelecidos, com exceção do teor de proteínas da amostra “D” e do teor de carboidratos da amostra “A”.

A umidade é um requisito extremamente importante na classificação da mortadela, pois está diretamente relacionada com suas condições higiênico-sanitárias (CONCEIÇÃO; GONÇALVES, 2009). Valores acima do recomendado pode proporcionar a proliferação de microrganismos patogênicos (FRANCO; LANDGRAF, 2003). O teor médio de umidade encontrado para as amostras comerciais variou entre 48 e 51%. Esses resultados estão de acordo com a legislação, que considera o teor máximo de umidade permitido para mortadelas, segundo o ministério da agricultura, de até 65% (BRASIL, 2000).

A marca “A” obteve o menor valor de umidade diferenciando estatisticamente das demais. As marcas “B” e “D” são estatisticamente iguais e apresentaram os maiores valores de umidade entre as

amostras analisadas. As marcas “C” e “E” são estatisticamente iguais. Valores incompatíveis com os determinados pela legislação, como um teor de umidade mais elevado próximo a 65%, podem indicar a substituição de nutrientes por água, gerado em um valor nutricional menor que o indicado (GONÇALVES, 2009).

Tabela 1 – Valores médios da composição centesimal de mortadelas tradicionais avaliadas

Parâmetros / Marcas	A	B	C	D	E
Umidade (%)	48,666 a	51,565 c	49,826 b	51,332 c	50,011 b
Cinzas (%)	4,478 ab	4,125 a	3,701 c	4,508 b	4,357 ab
Lipídios (%)	23,012 a	24,787 b	23,567c	25,641 d	26,535 e
Proteína (%)	13,340 a	13,556 a	14,295 a	11,016 b	13,773 a
Carboidratos (%)	10,504 a	5,967 b	6,647 c	7,513 d	5,524 b

*Médias com as mesmas letras minúsculas, em uma mesma linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dos autores, 2023.

A determinação de cinzas de um alimento tem grande importância por várias razões, em certos alimentos de origem animal ou vegetal, as cinzas são vistas como ponto de partida para análise de minerais específicos (COSMO, GALERIANI, 2017). Segundo Krumreich *et al.* (2013), o teor de cinzas em uma amostra alimentícia representa o conteúdo total de minerais, sendo utilizado como medida geral da qualidade e frequentemente é utilizado como critério na identificação de alimentos. A marca “C” apresentou o menor teor de cinzas, com 3,701% diferenciando-se das demais marcas, enquanto que a marca “D” apresentou o maior teor, com 4,508% de cinzas, não apresentando diferença significativa das amostras “A” e “E”.

Quando se trata de resíduo mineral é importante pensar que ele indica a qualidade da carne utilizada no processo de fabricação das mortadelas. O tipo de carne escolhido influencia na qualidade do produto final adquirido, assim como a qualidade dos aditivos também utilizados na emulsificação desta mortadela (CAMARGO *et al.*, 2008). Na legislação da mortadela não há valores mínimos ou máximos de resíduos mineral, por isso não é possível observar se as amostras estão compatíveis ou não com a legislação, no entanto as diferenças observadas, podem indicar diferença na qualidade dos ingredientes utilizados.

Quanto ao teor de lipídios, todas as marcas avaliadas estão em conformidade com a legislação (BRASIL, 2000). No entanto, houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre as marcas, sendo que a marca "E" apresentou os maiores teores de lipídios e a marca "A" os menores. A variação

nos teores de lipídios pode estar relacionada à composição das matérias-primas utilizadas, ao processo de fabricação e às formulações específicas de cada marca.

A mortadela é um produto cárneo com alto teor de lipídios, nos embutidos cárneos a gordura exerce função constituinte da emulsão cárnea, contribuindo diretamente para que o produto tenha suas características sensoriais peculiares, afetando diretamente o sabor, aroma, textura e suculência (YUNES, 2010; SANTOS JUNIOR *et al.*, 2020). De acordo com Claus (1991), a redução do teor de gordura em produtos cárneos para um nível nutricionalmente aceitável, ou seja, inferior a 10%, especialmente em produtos emulsionados, como mortadelas, resulta em uma diminuição da palatabilidade, além de aumentar a dureza e comprometer o sabor e o aroma.

A proteína, por sua vez, é um nutriente essencial em produtos cárneos, garantido para a sua qualidade nutricional e funcional (CÂMARA, 2020). Juntamente com a gordura, a proteína é uma macromolécula de suma importância para a formação da emulsão de produtos cárneos emulsionados, com o objetivo de melhorar a textura da massa e assim o produto final (YUNES, 2010; SOUZA PAGLARINI *et al.*, 2018). Bolzan e Silva (2012) relatam que as proteínas são fundamentais para emulsionar e estabilizar a emulsão formando uma espécie de filme unindo os componentes.

Em relação ao teor de proteínas, todas as marcas avaliadas estão de acordo com os critérios estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2000), exceto a amostra "D", que apresentou um valor abaixo do mínimo exigido. As amostras "A", "B", "C" e "E" apresentaram valores estatisticamente iguais em relação ao teor de proteínas, corroborando com os achados de Fontes (2006), que obteve uma média aproximada de 14,5% de teor de proteínas em mortadelas adicionadas de sangue.

As proteínas desempenham um papel fundamental no processamento de produtos cárneos, pois determinam a textura dos produtos finais. Ao se referir às proteínas, basicamente estamos falando da carne utilizada na produção e na emulsão, desses produtos. De modo que, os teores de proteína podem variar dependendo o tipo de carne utilizada na elaboração da mortadela (CÂMARA, 2020). Devido ao papel crucial da proteína na formação de gel, estabilidade da emulsão e textura das mortadelas, a indústria utiliza proteínas não cárneas, para agregar valor ao produto. Entre os principais ingredientes não proteicos permitidos na produção de mortadelas estão as proteínas de soja, gomas e açúcares. Além disso, em relação aos demais aditivos, são permitidos o uso de estabilizantes como pirofosfato de sódio e tripolisfosfato de sódio (BRASIL, 2000). A variação da amostra "D" pode ser devido à variação de colágeno presente na carne utilizada para a fabricação da mortadela ou devido ao uso de proporções incorretas entre quantidade de carne e proteínas não cárneas.

No que diz respeito ao teor de carboidratos, apenas a marca "A" apresentou um valor de 10,504%, o qual está acima do valor máximo permitido pela legislação. As demais marcas estão em conformidade com os critérios estabelecidos. As marcas "B" e "E" apresentaram semelhança estatística,

apresentando os menores valores de carboidratos observados, 5,967% e 5,524% respectivamente. As marcas “C” e “D” apresentaram diferença estatística entre si e entre as demais marcas analisadas, alcançando valores de 8,647% e 7,513% respectivamente.

O teor de carboidratos em produtos cárneos pode ser influenciado pela adição de ingredientes como amidos ou outros agentes espessantes. Sabe-se que a legislação brasileira permite a adição de outros ingredientes a formulação de mortadelas, como por exemplo de amidos (nativos e modificados) e a proteína de soja (BRASIL, 2000). Esses ingredientes muitas vezes, são adicionados com o objetivo de aumentar a estabilidade da emulsão, aumentar a capacidade de retenção água, melhorar o sabor e textura do produto acabado e reduzir os custos da formulação (MIRANDA; SCHMIELE, 2020). No entanto, vale ressaltar que é importante cumprir os limites estabelecidos pela legislação, a fim de garantir a qualidade e a segurança dos produtos.

No trabalho realizado por Guerra (2010), em composição centesimal de mortadela caprina, foram alcançados resultados aproximados para carboidratos, aos apresentados nesse estudo, chegando na média de 6,69%. Santos Junior *et al.* (2020), por sua vez, encontram valores superiores para umidade (54,6% e 56,4%) e proteínas (16% e 18,8%) e valores inferiores para lipídios (20,13% e 25,1%) e cinzas (2,5% e 3,1%) para mortadelas de carneiro suplementada com farelo de batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*), quando comparados com o presente estudo. O mesmo ocorreu quando se compara com o estudo de Martins *et al.* (2019), que encontraram valores superiores ao do presente estudo, para umidade (64,22 - 64,8%) e proteínas (16,16 - 16,89%) e valores inferiores para lipídios (12,13 - 13,54%), cinzas (3,47 - 3,8%) e carboidratos (1,3 - 2,19%) em mortadelas adicionadas de quitosana.

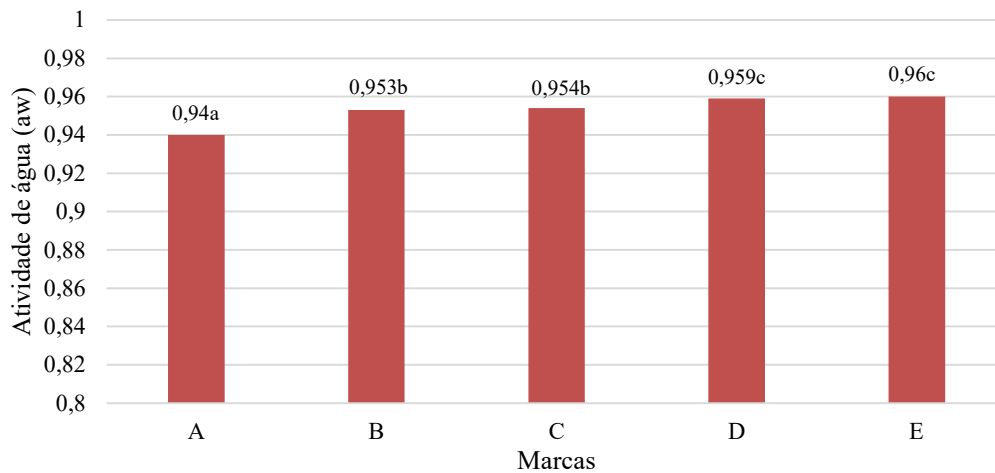
Além da composição centesimal, é importante considerar outros aspectos na avaliação da qualidade das mortadelas comerciais, como por exemplo aw e pH. A Figura 1 apresenta o gráfico dos resultados para aw das mortadelas tradicionais avaliadas.

A aw é um parâmetro importante para a observação de crescimento microbiológico, indica a quantidade de água disponível para promover o crescimento microbiano (EDITORA INSUMOS, 2010), além disso de acordo com Wilson e Demmig-Adams (2007) a quantidade presente nos alimentos, afeta a estabilidade oxidativa dos lipídios, que por sua vez está ligada a qualidade e vida útil do produto, ocasionando um sabor diferente aos consumidores. Deste modo, a aw indica o quanto o alimento pode estar susceptível à deterioração bacteriana e a ocorrência de reações bioquímicas e enzimáticas. Os processos tecnológicos que a mortadela é submetida impedem o acesso de microrganismos deterioradores, desde que seja realizado em conjunto com boas práticas de fabricação.

Em relação a aw, as marcas “D” e “E”, não são diferentes entre si, e obtiveram os maiores teores de aw em comparação com as demais marcas analisadas, com um valor de 0,959 e 0,960 respectivamente. As marcas “B” e “C” não obtiveram diferença estatísticas entre si, com valor de 0,953

e 0,954 respectivamente. Por outro lado, a marca “A” obteve o menor teor de aw (0,940), diferindo estatisticamente das demais avaliações avaliadas. As mortadelas avaliadas foram classificadas como um alimento de alta atividade de água, o que pode favorecer a proliferação de microrganismos. As diferenças encontradas em relação a aw, destaca a importância de se avaliar esse parâmetro como um indicador da estabilidade e da vida útil dos produtos cárneos processados.

Figura 1 - Gráfico dos valores médios de aw das amostras de mortadelas tradicionais avaliadas

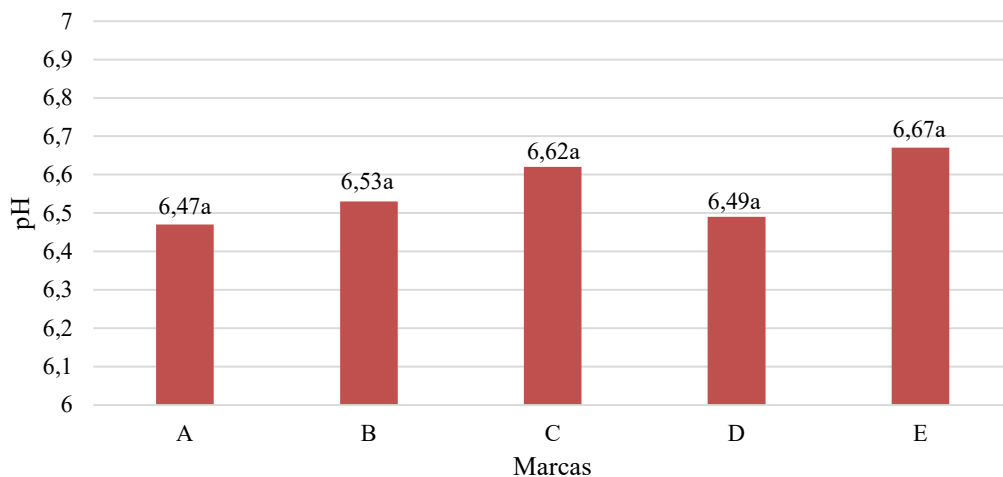


*Médias com letras iguais, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.
Fonte: Dos autores, 2023.

Viuda-Martos *et al.* (2010) relatou que as mortadelas tradicionais de carne suína apresentaram uma média de atividade de água (aw) de 0,89, valor inferior aos resultados obtidos neste estudo, que registraram uma média em torno de 0,95. Além disso, os estudos de Fiorda e Siqueira (2009) analisaram a atividade de água de mortadelas produzidas a partir de carne mecanicamente separada de suínos e carnes, e observaram aw de 0,957. Esses resultados são consistentes com as comparações realizadas entre as marcas de mortadelas tradicionais neste estudo.

No que diz respeito, a evolução do pH em produtos cárneos não exerce apenas influência sobre a velocidade de multiplicação dos microrganismos, mas também interfere na qualidade durante o armazenamento, tratamento térmico ou durante qualquer outro tipo de tratamento, ou seja, o pH também é responsável direto pela deterioração do produto, aliado a outros fatores (FIORDA; SIQUEIRA, 2009). O pH de um alimento é um fator limitante para o crescimento de microrganismos, sejam patogênicos ou deterioradores, assim como para bolores e leveduras. Além disso, o valor de pH de um alimento pode indicar seu estado de conservação e características finais do produto (cor, aroma, sabor, textura, etc.). Os resultados das análises em relação ao pH das mortadelas comerciais analisadas encontram-se na Figura 2.

Figura 2 - Gráfico dos valores médios de pH das amostras de mortadelas tradicionais avaliadas



*Médias com letras iguais, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.
Fonte: Dos autores, 2023.

Segundo Lourenço *et al.* (2012), valores de pH próximos do neutro afeta as proteínas miofibrilares, influenciando a formação da emulsão, contribuindo para uma textura melhor do produto emulsionado. Entretanto, os microrganismos, principalmente os patogênicos, crescem em valores de pH próximos à neutralidade, deste modo as mortadelas são produtos suscetíveis ao crescimento microbiano quando armazenadas ou submetidas a processos tecnológicos inadequados. Portanto, é crucial destacar a necessidade de adoção de tecnologias adequadas, como controle de temperatura e a implementação de barreiras durante o armazenamento (MARTINS *et al.*, 2019).

Outros estudos também encontraram valores de a_w e pH em produtos similares. Souza *et al.* (2022) observaram valores de a_w de 0,88 a 0,93 e pH de 6,09 a 7,12 para mortadelas feitas a partir de carne mecanicamente separadas de aparas da filetagem de tilápia do Nilo. Enquanto Zapata-Álvarez Mejía e Restrepo-Molina (2019), encontrou valores de a_w de 0,978 a 0,980 e pH de 5,86 a 5,95 para mortadelas formuladas com extrato de alecrim.

Os resultados obtidos, no presente estudo, ressaltaram a necessidade de monitorar de forma diligente a qualidade e conformidade desses produtos, com o objetivo de garantir a segurança dos alimentos e prevenir fraudes no segmento de alimentos processados. Torna-se essencial que as empresas do setor implementem medidas favoráveis para assegurar a conformidade de seus produtos, promovendo a confiança dos consumidores. Essas ações são fundamentais para garantir a integridade do mercado e o bem-estar dos indivíduos que consomem esses alimentos. Isso inclui a implementação de boas práticas de fabricação, a adoção de sistemas de rastreabilidade e a realização de auditorias regulares para garantir a conformidade com os padrões estabelecidos.

Por fim, os consumidores devem estar atentos às informações presentes nas embalagens dos produtos, verificando sua composição e data de validade, além de adquirir produtos de fornecedores confiáveis e reconhecidos pela qualidade. A conscientização e a educação sobre a importância da

escolha de alimentos seguros e saudáveis desempenham um papel fundamental na proteção da saúde e no combate a possíveis fraudes no setor alimentício.

Conclusão

Os resultados apresentados das análises proporcionaram esclarecimentos sobre as características físico-químicas de amostras de mortadelas encontradas no comércio local de Goiânia. Em conclusão, este estudo revelou que, em geral, esses produtos estão em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente no Brasil. No entanto, foram identificadas algumas variações significativas entre as amostras analisadas.

Embora a maioria das características físico-químicas tenha atendido aos padrões exigidos, observou-se que a amostra "D" apresentou um teor de proteínas abaixo do valor mínimo e a amostra "A" excedeu o limite de carboidratos permitido. Essas discrepâncias indicam a necessidade de um maior controle de qualidade e monitoramento desses produtos, a fim de garantir que estejam em conformidade com as normas e ofereçam aos consumidores alimentos seguros e de qualidade.

Referências

AMARAL, J. S. *et al.* Autenticação de produtos cárneos com a designação Halal: **Deteção e quantificação de derivados de suíno (*Sus scrofa*)**. 2015.

AOAC- Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis the of AOAC International**. 17th ed. Washington, USA, 2000.

AOAC. Association of official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. (20th Ed.) Arlington: AOAC, 2010

BARRETO, E. H. *et al.* Parâmetros de qualidade no processamento de mortadelas. **Revista ESPACIOS**. v. 38, n. 24, p. 798- 1015, 2017. Disponível em: < <https://www.revistaespacios.com/a17v38n24/a17v38n24p02.pdf> >. Acesso em: 22 out. 2023.

BOLZAN, M. E.; SILVA, J. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos e qualidade microbiológica de salsichas acondicionadas em diferentes embalagens**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 04 de 31 de março de 2000. Regulamentos técnicos de identidade e qualidade de carne mecanicamente separada, de mortadela, de linguiça, de salsicha. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 05 de abril de 2000, Seção 1, p. 6-10, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de**

Origem Animal - RIISPOA. Brasília: MAPA, 2017. p. 39-43. Aprovado pelo Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017.

CÂMARA, A. K. F. I. **Produtos cárneos emulsionados: quais os cuidados necessários no processamento?** 2020. Disponível em: <<https://www.foodconnection.com.br/tecnologia/produtos-carneos-emulsionados-quais-os-cuidados-necessarios-no-processamento>>.

CAMARGO, A. *et al.* Composição mineral da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos com idades distintas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 2008.

CLAUS, J. R. (1991). Fat reduction in comminuted meat systems. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, 44, 93- 99.

CONCEIÇÃO, F.V.R; GONÇALVES, E.C.B. Qualidade físico-química de mortadelas e carnes moídas e conhecimento dos consumidores na conservação destes produtos. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 283-290, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/HHgGzqDnSNdqt4WtcFNrHhz/?format=pdf>>. Acesso em: 22 out. 2023.

COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. M. Determinação de matéria seca em amostras de beterraba, capim elefante e farinha de peixe. **Revista Científica Semana Acadêmica, Fortaleza**, v. 1, n. 113, 2017. Disponível em: < <https://semanaacademica.org.br/artigo/determinacao-de-materia-seca-em-amostras-de-beterraba-capim-elefante-e-farinha-de-peixe> >. Acesso em: 22 out. 2023.

EDITORA INSUMOS. **Conservação de alimentos por aditivos químicos**. 2010. Disponível em: http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/125.pdf

ESPINOZA, T. *et al.* Tipos de fraudes en carnes y productos cárnicos: una revisión. **Scientia Agropecuaria**, v. 6, n. 3, p. 223-233, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.09>.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Atheneu, 1989, 584p.

FIORDA, F. A.; SIQUEIRA, M. I. D. Avaliação do pH e Atividade de água em Produtos Cárneos. **Revista EVS-Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, v. 36, n. 4, p. 817-826, 2009.

FONTES, P. R. **Valor protéico, biodisponibilidade de ferro e aspectos toxicológicos de mortadelas formuladas com sangue tratado com monóxido de carbono**. 2006. 193 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003.

GUERRA, I. C. D. **Efeito do teor de gordura na elaboração de mortadela utilizando carne de caprinos e de ovinos de descarte**. 2010. Dissertação de Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de Alimentos**. SP: IAL. 2008.

KOLICHESKI, M. B. Frauds in Foods. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 12, n. 1, 1994.

KRONE, E. E. **Comida, memória e patrimônio cultural: a construção da pomeraneidade no extremo sul do Brasil**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. 2014.

KRUMREICH, F. D. *et al.* Teor de cinzas em acessos de abóboras (cucurbita máxima Ll.) do Rio Grande do Sul. **Food Science and Technology**. 2013.

LOURENÇO, L. F. H. *et al.* Fat substitutes in processing of sausages using piramutaba waste. **Journal of Food Science and Technology**, v.01 p.01-09, 2012.

MARTINS, P. *et al.* Changes in the quality of sliced mortadella sausages prepared using chitosan. **Journal of Food Safety**, v. 39, n. 4, p. e12645, 2019.

MELO, F. B. A.; BISCONTINI, B. M. T.; ANDRADE, C. A. S Níveis de nitrito e nitrato em salsichas comercializadas na região metropolitana do Recife. **Food Science and Technology**, 24(3):390-392, 2004.

MIRANDA, A.V.S; SCHMIELE, M. Carboidratos não digeríveis como alternativa para melhorar a qualidade tecnológica e nutricional de produtos cárneos e potencial aplicação em hambúrguer de peixe. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e87691110490-e87691110490, 2020.

SANTOS JUNIOR, A. C. *et al.* Physicochemical composition, lipid oxidation, and microbiological quality of ram mortadella supplemented with *Smallanthus sonchifolius* meal. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 11, p. 5953-5961, 2020.

SOUZA PAGLARINI, C. *et al.* Functional emulsion gels with potential application in meat products. **Journal of Food Engineering**, v. 222, p. 29-37, 2018.

SOUZA, M. L. R *et al.* Mortadela de carne mecanicamente separada de aparas da filetagem de tilápia do Nilo Mortadella of mechanically separated meat from filleting Nile tilapia trimmings. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 15925-15945, 2022.

SWANN, C.; KELLY, M. Disruption in the meat industry: new technologies in nonmeat substitutes. **Business Economics**, v. 58, n. 1, p. 42-60, 2023. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1057/s11369-023-00302-w>>. Acesso em: 22 out. 2023.

VENTURA, S. F. *et al.* Nitrito residual em salsichas comercializadas no Brasil procedentes de indústrias fiscalizadas pelo Serviço de Inspeção Federal. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, 39(2): 111-114, 2017.

VIUDA-MARTOS, M. *et al.* Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. **Meat science**, v. 85, n. 3, p. 568-576, 2010.

YUNES. J. F.; **Avaliação dos efeitos da adição de óleos vegetais como substitutos de gordura animal em mortadela: um estudo realizado em Santa Maria**. 2010.106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

WILSON, E. A.; DEMMIG-ADAMS, B. Antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties of garlic and onions. **Nutrition & food science**, v. 37, n. 3, p. 178-183, 2007.

ZAPATA-ÁLVAREZ, A.; MEJÍA, C. E.; RESTREPO-MOLINA, Diego A. Efecto protector de un antimicrobiano natural frente a *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium* y *E. coli* en salchicha y mortadela. **Información tecnológica**, v. 30, n. 2, p. 235-244, 2019.

CAPÍTULO 14

Caracterização do mel de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e mel silvestre produzidos no estado de Minas Gerais

Roberta Ribeiro da Cruz Cangussu¹; Denise Santos Costa^{*2}; Fernanda Damasceno Aguilar²; Daniele Santana de Jesus²; Laoan Brito Oliveira Rodrigues¹; Leandro Soares Santos³

Resumo

O mel é um produto natural adocicado produzido pelas abelhas *Apis mellifera*. Conforme a origem botânica, origem geográfica, espécie de abelha e condições climáticas, os méis apresentam diferentes características físico-químicas, sensoriais e propriedades terapêuticas. O Brasil é um grande produtor apícola, onde se destaca o estado de Minas Gerais. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas e espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) de amostras de mel de aroeira e mel silvestre produzidas no estado de Minas Gerais. Para isso, 11 amostras de mel de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e nove amostras de mel silvestre contendo selo do Serviço de Inspeção Federal – SIF foram adquiridas e avaliadas conforme as características de pH, acidez, açúcar redutor, umidade, sólidos solúveis totais e espectroscopia NIR. Todas as amostras de mel avaliadas apresentaram características físico-químicas dentro dos parâmetros exigidos pela legislação brasileira. O mel de aroeira foi caracterizado por apresentar um menor teor de acidez, açúcar redutor e umidade e maior teor de pH e SST quando comparados com o mel silvestre. A Análise de Componentes Principais (ACP) de acordo com os parâmetros físico-químicos permitiu separar as amostras de mel conforme a sua origem botânica. A espectroscopia NIR foi utilizada com sucesso para avaliar as características espectrais das amostras de mel, bem como avaliar o comportamento das amostras conforme a ACP.

Palavras-chave: Espectroscopia NIR. Qualidade. Quimiometria.

Introdução

Mel é um produto natural produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou secreções oriundas de partes vivas das plantas ou ainda de excreções de insetos sugadores de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos da colmeia (BRASIL, 2000).

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

² Discente do curso de Engenharia de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

³ Docente; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

* E-mail: 201912453@uesb.edu.br

O mel é constituído na sua maior parte por hidrocarbonetos simples como glicose e frutose, água, minerais (cálcio, cobre, magnésio, fósforo, potássio, entre outros), ácidos orgânicos (ácido acético, ácido cítrico, entre outros) e vitaminas do complexo B, vitaminas C, D, e E, além de possuir um teor considerável de antioxidantes (flavonoides e fenólicos) (BARTH *et al.*, 2005).

A instrução normativa de nº 11 de 20 de outubro de 2000, classifica o mel de acordo com sua origem em: mel unifloral, quando o produto procede principalmente da origem de flores de uma mesma família, gênero ou espécie, mel multifloral obtido a partir de diferentes origens florais. O melato ou mel de melato é o mel obtido principalmente a partir de secreções das partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que se encontram sobre elas. A cor e aroma do mel podem variar de acordo com sua origem, o teor de açúcares redutores de mel floral e mel de melato devem apresentar valores mínimos de 65 g/100 g e 60 g/100 g, respectivamente, umidade no máximo 20 g/100 g e acidez de no máximo 50 mil equivalentes por quilograma (BRASIL, 2000).

O mel de aroeira é obtido a partir do pólen da planta *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) e é caracterizado por apresentar coloração âmbar escuro, alto teor de cinzas e baixa acidez. O mel de aroeira é produzido principalmente devido à falta de recursos florais agregada ao clima da região, que faz com que as abelhas procurem essa fonte de alimento para satisfazer suas necessidades. O mel de aroeira produzido no norte de Minas Gerais teve o seu registro de Indicação Geográfica (IG) como Denominação de Origem (DO) no ano de 2022. A área geográfica da DO é composta por 64 municípios do norte do estado de Minas Gerais, uma região de transição dos domínios do Cerrado e Caatinga, caracterizado por possuir deficiência hídrica e clima seco (BASTOS *et al.*, 2016; INPI, 2022).

Para avaliar a qualidade dos alimentos existem métodos espectrofotométricos que são considerados rápidos, de baixo custo de operação e não destrutivo, e possibilita a análise simultânea de vários analitos, sendo uma ótima alternativa para substituir métodos clássicos de análises químicas.

A espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) é uma técnica bem estabelecida e um elemento importante do controle de qualidade na indústria alimentícia. O NIR é uma técnica de análise que utiliza a faixa de comprimento de onda adjacente ao infravermelho médio e se estende até a região do visível. A região NIR do espectro eletromagnético pode ser definida como a faixa de comprimento de onda de 780 a 2500 nm. Associada a espectroscopia NIR, a análise multivariada objetiva extrair as informações mais importantes, reduzir a dimensionalidade e em muitos casos prever o comportamento do conjunto de dados (GARCIA *et al.*, 2017). Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas e a espectroscopia NIR de amostras de mel de aroeira e silvestre (multifloral) produzidas no estado de Minas Gerais.

Material e Métodos

Caracterização das amostras

Foram adquiridas entre os anos de 2021 e 2023, 20 amostras de mel de abelha *Apis mellifera* produzidas no estado de Minas Gerais. Todas as amostras apresentaram selo do Serviço de Inspeção Federal – SIF, sendo 11 amostras de mel de aroeira e 9 amostras de mel silvestre (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização das amostras de mel

Amostras	Florada	Fabricação	Local
1A	Aroeira	06/2021	Janaúba/MG
2A	Aroeira	01/2021	Bocaiúva/MG
3A	Aroeira	01/2021	Timóteo/MG
4A	Aroeira	05/2021	Timóteo/MG
5A	Aroeira	03/2022	Timóteo/MG
6A	Aroeira	04/2022	Bocaiúva/MG
7A	Aroeira	06/2022	Bocaiúva/MG
8A	Aroeira	10/2022	Bocaiúva/MG
9A	Aroeira	08/2021	Timóteo/MG
10A	Aroeira	06/2022	Timóteo/MG
11A	Aroeira	07/2022	Timóteo/MG
12S	Silvestre	04/2020	Bocaiúva/MG
13S	Silvestre	07/2021	Bocaiúva/MG
14S	Silvestre	07/2021	Timóteo/MG
15S	Silvestre	04/2022	Bocaiúva/MG
16S	Silvestre	12/2022	Bocaiúva/MG
17S	Silvestre	07/2022	Timóteo/MG
18S	Silvestre	06/2022	Bocaiúva/MG
19S	Silvestre	09/2022	Bocaiúva/MG
20S	Silvestre	07/2022	Timóteo/MG

Fonte: Dos autores, 2023.

Análise de umidade e sólidos solúveis totais (SST)

A determinação da umidade e SST foi baseada por método de refratometria, utilizando-se o

refratômetro Abbé (Quimis, Diadema, Brasil) acoplado ao banho termostático (Tecnal, Te-184, Piracicaba, Brasil). A amostra de mel foi colocada no prisma do refratômetro e o valor do índice de refração a 20 °C foi convertido em porcentagem de umidade utilizando-se a tabela *Chataway*. Para análise de SST, foi realizada a leitura direta da amostra no prisma do refratômetro e o resultado foi expresso em ° Brix (IAL, 2008).

Análise de açúcar redutor

Os açúcares redutores presentes no mel foram determinados pelo método DNS, conforme metodologia proposta pela Embrapa (2013). Os resultados foram determinados utilizando uma curva de calibração de solução padrão de glicose (0,2 a 2 mg glicose.ml⁻¹ de solução) e os resultados foram expressos em g/100g.

Análise de pH e acidez

Para a análise de pH, 10 g de mel foram dissolvidos em 75 mL de água destilada e a leitura foi realizada diretamente, utilizando o pHmetro digital (Quimis, Diadema, São Paulo). Para análise de acidez livre, a solução de mel foi titulada com uma solução de hidróxido de sódio 0,05 N até pH 8,5. Em seguida foi adicionado 10 mL de solução de hidróxido de sódio 0,05 N e titulado com solução de HCl 0,05 N até pH 8,3, para análise de acidez lactônica. A acidez total foi obtida a partir da soma da acidez livre e acidez lactônica. Os resultados foram expressos em meq/kg (IAL, 2008).

Análise de Espectroscopia no Infravermelho Próximo – NIR

A análise foi realizada utilizando o espectrômetro NIR (SpectraStar 2500XL, Unity Scientific, Brookfield, CT, EUA) equipado com uma lâmpada de halogênio de tungstênio como fonte de luz e um detector de arseneto de índio-gálio (InGaAs). Cerca de 3 gotas de cada amostra de mel foram colocadas no recipiente de amostras e escaneadas na faixa de 1100 a 2500 nm em intervalos de 1 nm. Cada ponto é a pontuação média de 64 varreduras com 1400 pontos. O *software* Unity InfoStar V3.11.3 foi usado para configuração, controle e aquisição de dados do espectrômetro. Os espectros obtidos do NIR foram pré-processados utilizando o *software* *Chemostat* a fim de eliminar possíveis ruídos e interferências e otimizar a análise dos dados.

Análise estatística multivariada

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi realizada como análise exploratória dos dados a fim de verificar a dispersão das amostras de mel de acordo com os parâmetros de qualidade físico-químicos e bandas espectrais obtidas no NIR, bem como identificar as possíveis correlações entre as variáveis. O número de componentes principais utilizado foi escolhido com o intuito de acumular um percentual de variância acima de 70 %.

A análise foi realizada com base na matriz de correlação para obtenção dos autovalores e autovetores, a partir dos quais foi possível estabelecer os escores dos componentes principais para cada amostra analisada. Para a realização da análise de ACP foi utilizado o programa estatístico *Statistical Analysis System (SAS)® University Edition*, selecionando o procedimento PROC PRINCOMP.

Resultados e Discussão

Caracterização físico-química das amostras

A Tabela 2 apresenta os resultados relacionados às características físico-químicas das amostras de mel de aroeira, enquanto a Tabela 3 apresenta as características físico-químicas das amostras do mel silvestre produzidas no estado de Minas Gerais.

Em relação ao teor de umidade, todas as amostras se encontraram dentro do permitido legalmente (máximo de 20 %) (BRASIL, 2000). As amostras de mel de aroeira apresentaram média de 16,02 % enquanto o mel silvestre apresentou um maior teor de umidade (18,50 %). A umidade é um importante parâmetro de qualidade no mel que está relacionada com a capacidade do produto de permanecer estável. O teor elevado de umidade pode desencadear a deterioração do produto devido ao processo de fermentação por microrganismos (ZAREI; FAZLARA; TULABIFARD, 2019).

O teor de SST não é um parâmetro exigido na legislação brasileira (BRASIL, 2000). O mel de aroeira apresentou média de 82,21 ° Brix, enquanto o mel silvestre apresentou média de 79,80 °Brix. O mel de aroeira é caracterizado por apresentar uma consistência mais viscosa e conseqüentemente apresenta um maior teor de SST e menor teor de umidade, quando comparado com o mel silvestre.

Tabela 2 - Características físico-químicas das amostras de mel de aroeira

Amostras	pH	Acidez Livre (meq/kg)	Acidez Lactônica (meq/kg)	Acidez Total (meq/kg)	Umidade (%)	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	Açúcar Redutor (g/100g)
1A	5,23	19,44	0,00	19,44	15,40	82,80	65,11
2A	4,18	28,92	1,86	30,78	15,33	82,80	69,40
3A	4,98	16,92	6,48	23,39	15,73	82,50	74,96
4A	5,02	19,27	6,97	26,24	15,60	82,53	72,09
5A	4,49	25,36	2,29	27,65	15,80	82,40	68,20
6A	4,46	25,36	1,83	27,20	16,40	81,85	67,18
7A	4,27	21,61	4,58	26,19	16,80	81,45	74,66
8A	4,62	19,73	4,12	23,85	15,80	82,45	69,01
9A	4,84	21,14	3,67	24,80	16,80	81,40	69,43
10A	4,36	33,77	5,03	38,81	15,90	82,35	73,06
11A	4,62	26,74	4,12	30,86	16,60	81,75	65,46
Média	4,64	23,48	3,72	27,20	16,02	82,21	69,87
Máximo	5,23	33,77	6,97	38,81	16,80	82,80	74,96
Mínimo	4,18	16,92	0,00	19,44	15,33	81,40	65,11

Fonte: Dos autores, 2023.

A determinação do pH não é um parâmetro geralmente exigido legalmente (BRASIL, 2000). Neste estudo, as amostras apresentaram caráter ácido, apresentando média de 4,64 para o mel de aroeira e 3,82 para amostras de mel silvestre. O pH do mel geralmente varia entre 3,5 e 5,5 conforme composição dos ácidos orgânicos, contribuindo para uma maior estabilidade do mel em relação a danos microbiológicos (PAULIUC; DRANCA; OROIAN, 2020).

Em relação ao teor de acidez livre, todas as amostras apresentaram-se dentro do requisito apresentado na legislação brasileira (máximo de 50 miliequivalentes por quilograma de mel) (BRASIL, 2000). O teor elevado de acidez nas amostras de mel pode indicar possível fermentação dos açúcares em ácidos orgânicos (PAULIUC; DRANCA; OROIAN, 2020).

O mel floral deve conter o mínimo de 65g/100g de açúcar redutor, conforme legislação brasileira (BRASIL, 2000). As amostras analisadas apresentaram o teor de açúcar redutor entre 65,11g/100g e 79,45 g/100g, estando assim, acima do valor mínimo estabelecido.

Tabela 3 - Características físico-químicas das amostras do mel silvestre

Amostras	pH	Acidez Livre (meq/kg)	Acidez Lactônica (meq/kg)	Acidez Total (meq/kg)	Umidade (%)	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	Açúcar Redutor (g/100g)
12S	4,10	44,02	11,92	55,94	19,20	79,10	76,95
13S	4,10	25,60	0,93	26,53	19,00	79,30	68,41
14S	4,41	19,27	10,46	29,73	19,40	79,00	75,49
15S	3,59	36,17	5,96	42,13	18,40	79,85	69,28
16S	4,08	23,49	3,21	26,69	16,60	81,70	74,01
17S	3,54	38,94	3,66	42,60	18,40	79,80	79,45
18S	3,74	34,76	6,87	41,63	18,80	79,55	67,83
19S	3,47	46,50	5,96	52,45	18,10	80,20	66,22
20S	3,38	46,03	5,96	51,99	18,60	79,70	69,88
Média	3,82	34,97	6,10	41,08	18,50	79,80	71,95
Máximo	4,41	46,50	11,92	55,94	19,40	81,70	79,45
Mínimo	3,38	19,27	0,93	26,53	16,60	79,00	66,22

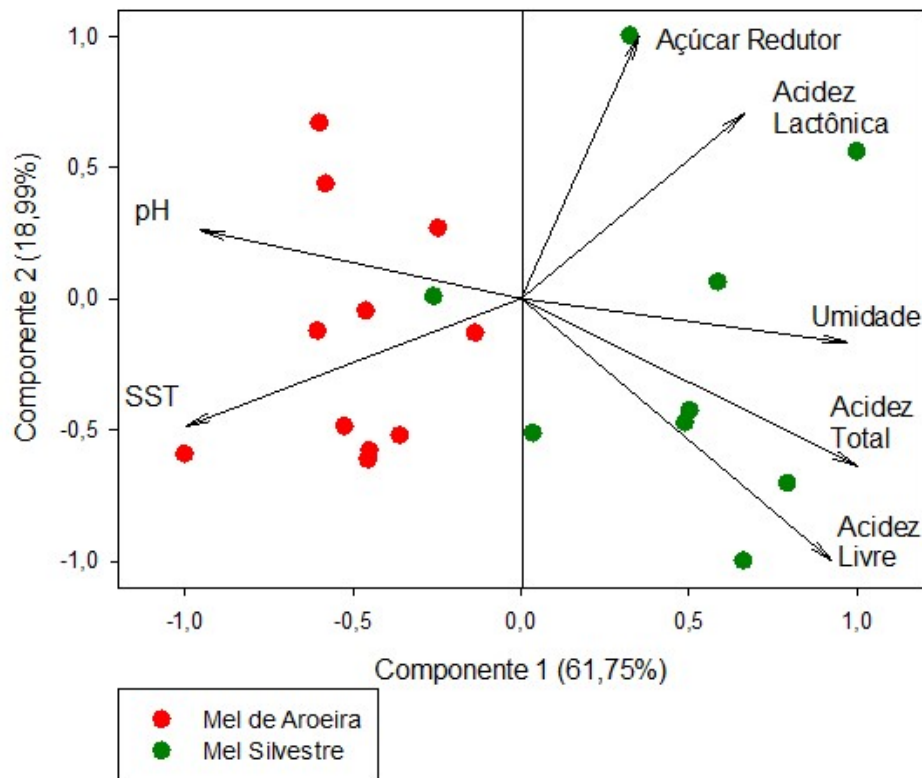
Fonte: Dos autores, 2023.

Análise de Componentes Principais conforme as características físico-químicas

A Figura 1 apresenta a ACP conforme os parâmetros físico-químicos das amostras de mel de aroeira e mel silvestre. Dois componentes principais foram utilizados para descrever a variabilidade dos dados. O primeiro componente principal (CP1) foi responsável por explicar 61,75 % da variância dos dados, enquanto o segundo componente principal (CP2) explicou 18,99 % da variância dos dados.

O CP1 foi o principal responsável pela separação das amostras de mel conforme a sua origem botânica. As amostras de mel de aroeira apresentaram correlação negativa com o CP1, localizado no lado esquerdo da imagem, sendo caracterizadas por apresentar um menor teor de acidez, umidade, açúcar redutor e maior teor de pH e SST. Enquanto as amostras de mel silvestre se concentraram no lado direito da imagem, sendo associadas a um maior teor de acidez, umidade, açúcar redutor e menor teor de SST e pH.

Figura 1 – Representação gráfica de ACP biplot conforme os parâmetros físico-químicos das 20 amostras de mel



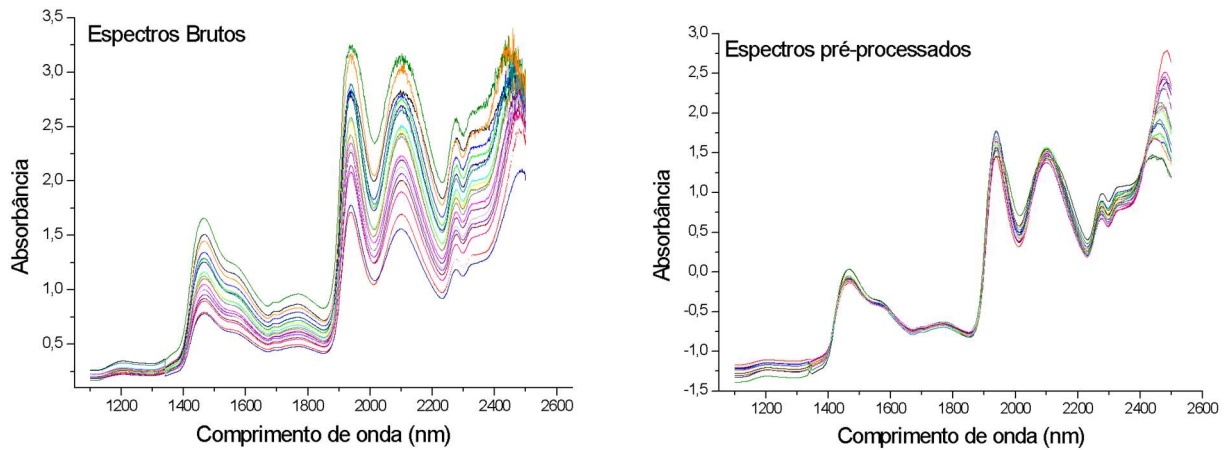
Fonte: Dos autores, 2023.

Espectroscopia NIR

A Figura 2 apresenta os dados espectrais brutos obtidos a partir da espectroscopia NIR e os dados espectrais com os pré-processamentos do algoritmo Savitzky-Golay (SG) e a variável normal padrão (SNV). A espectroscopia NIR apresenta vantagens analíticas, tais como a rapidez na obtenção dos espectros, não necessidade no preparo de amostras, bem como de reagentes químicos, além da possibilidade de realizar análises qualitativas e quantitativas (PIERNA *et al.*, 2018).

Foi possível identificar oito bandas espectrais, sendo elas: 1202, 1468, 1580, 1780, 1940, 2100, 2276, 2321 nm. A banda em torno de 1202, 2276 e 2321 nm estão associados às ligações C-H presentes nos carboidratos. As bandas em torno de 1468, 1580 e 1940 nm estão associadas ao grupo O-H. A banda em torno de 1780 está associada ao grupo CO presentes nos sacarídeos no mel. A banda em torno de 2100 está associada a banda de deformação de O-H e vibrações de estiramento C-O (HUANG *et al.*, 2020; LATORRE *et al.*, 2013; NUNES *et al.*, 2022).

Figura 2 - Espectros brutos e pré-processados das 20 amostras de mel obtidas com o NIR (2500-1100 nm)

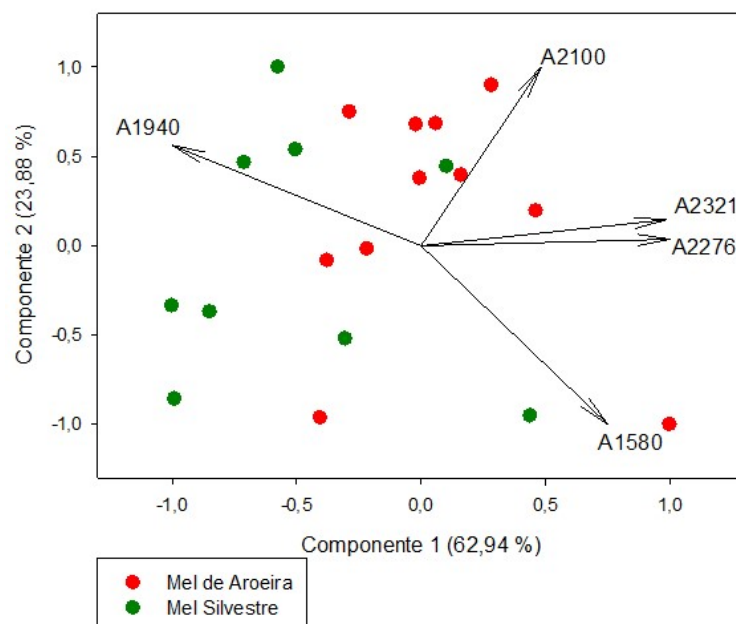


Fonte: Dos autores, 2023.

Análise de componentes principais conforme espectroscopia NIR

Para a ACP a partir dos dados espectrais do NIR foram selecionadas as bandas espectrais, 2321 e 2276 e 2100 e 1940 e 1580 nm (Figura 3). Dois componentes principais foram utilizados para explicar a variabilidade dos dados. O primeiro componente principal (CP1) foi responsável por explicar 62,94 % da variância dos dados, enquanto o segundo componente principal (CP2) explicou 23,88 % da variância dos dados.

Figura 3 - Representação gráfica de ACP biplot conforme as bandas espectrais do NIR das 20 amostras de mel



Fonte: Dos autores, 2023.

Não foi possível obter uma clara distinção entre as amostras de mel conforme a origem botânica ou origem geográfica utilizando os dados espectrais do NIR.

No geral, as amostras de mel silvestre apresentaram uma correlação negativa com o CP1, logo apresentaram uma maior correlação com a banda espectral em 1940 nm, que está associada ao grupo OH presente na água (RUST *et al.*, 2021). As amostras de mel silvestre também apresentaram uma correlação negativa com as variáveis das bandas espectrais em 2776 e 2321 nm que estão associadas às ligações C-H presentes nos carboidratos.

Conclusão

As amostras de mel silvestre e mel de aroeira produzidas no estado de Minas Gerais apresentaram os teores de acidez livre, umidade e açúcar redutor dentro dos parâmetros exigidos na legislação brasileira.

O mel de aroeira produzido no estado de Minas Gerais foi caracterizado por apresentar um menor teor de acidez, açúcar redutor e umidade e maior teor de pH e SST quando comparados com o mel silvestre. A ACP permitiu separar as amostras de mel de aroeira e mel silvestre conforme as suas características físico-químicas.

A espectroscopia NIR permitiu identificar os grupos funcionais presentes nas amostras de mel. A partir da ACP foi possível avaliar o comportamento das amostras de origens botânicas diferentes, conforme as bandas espectrais do NIR.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de estudos durante o curso de doutorado.

Referências

BRASIL. **Instrução Normativa nº 11, de 20 de Outubro de 2000**. Brasília, DF: [s. n.], 2000.

BARTH, M. O. *et al.* Determinação de parâmetro físico-químico e da origem botânica de méis indicado monoflorais do sudeste do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 229-233, 2005.

BASTOS, E. M. A. F. *et al.* Characterization of the honey from *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae - Aroeira) in the Dry Forest of northern of Minas Gerais/Brazil. **Advances in Agricultural Science**, v. 4, n. 4, p. 64-71, 2016.

GARCIA, S. T. *et al.* Análise multivariada de espectroscopia por infravermelho próximo (NIR) em fibras. *In: XXV CONGRESSO DA INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP*, 2017, Campinas. **Anais eletrônicos [...]** Campinas: UNICAMP, 2017. Disponível em: <https://www.prp.unicamp.br>. Acesso em: 10 jun. 2023.

EMBRAPA. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS**. Comunicado técnico 85, 1 ed. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, Brasília, 2013, 4p.

HUANG, F. *et al.* Detection of adulteration in Chinese honey using NIR and ATR-FTIR spectral data fusion. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 235, p. 1–8, 2020.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

INPI. **Instituto Nacional de Propriedade Intelectual**. Revista de Propriedade Industrial. nº 2665 de 01 de fevereiro de 2022. 2022.

LATORRE, C. H. *et al.* A fast chemometric procedure based on NIR data for authentication of honey with protected geographical indication. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3559–3565, 2013.

NUNES, A. *et al.* Characterization of Brazilian floral honey produced in the states of Santa Catarina and São Paulo through ultraviolet–visible (UV–vis), near-infrared (NIR), and nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. **Food Research International**, v. 162, p. 1-12, 2022.

PAULIUC, D.; DRANCA, F.; OROIAN, M. Antioxidant Activity, Total Phenolic Content, Individual Phenolics and Physicochemical Parameters Suitability for Romanian Honey Authentication. **Foods**, v. 9, n. 306, p. 1–22, 2020. DOI: 10.3390/foods9030306.

PIERNA, J. A. F. *et al.* Cap. 4 - Spectroscopic Technique: Fourier Transform (FT) Near-Infrared Spectroscopy (NIR) and Microscopy (NIRM). *In: Sun, Da-Wen (Org.). Modern Techniques for Food Authentication*. Academia Press, 2 ed. p. 103-138, 2018.

RUST, A. *et al.* Application of ANOVA-simultaneous component analysis to quantify and characterise effects of age, temperature, syrup adulteration and irradiation on near-infrared (NIR) spectral data of honey. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 253, p. 1-9, 2021.

ZAREI, M.; FAZLARA, A.; TULABIFARD, N. Effect of thermal treatment on physicochemical and antioxidant properties. **Heliyon**, v. 5, p. 1-6, 2019.

CAPÍTULO 15

Avaliação sensorial de pão de forma enriquecido com farinha da torta de buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

Roberto Angelo Ferreira Nascimento¹; Maria Amanda do Carmo Souza¹; Tatiane Pereira da Silva¹;
Karine Santos Soares¹; Claysse Aparecida Alves Machado²; Claudia Regina Vieira*³

Resumo

A gestão de resíduos agroindustriais são um dos principais desafios das indústrias alimentícias. Todos os anos são gerados enormes contingentes de resíduos nos mais variados segmentos da indústria. O principal desafio atualmente é dar um destino alternativo a estes resíduos. O buriti é um fruto oriundo da palmeira, que produz um óleo bastante utilizado na indústria cosmética. No processo de extração do óleo, é produzida uma torta, que tem um elevado teor de lipídios, proteínas e carboidratos, e pode ser usada na fabricação de diversos produtos, entre eles o pão de forma. Com a farinha da torta do buriti, doada pela Cooperativa Grande Sertão, foram feitas duas formulações para o pão de forma, enriquecido com 10% e 20% da farinha. Posteriormente, foi feita a análise sensorial com 46 participantes, onde foi empregado o teste triangular, o teste de aceitação e a intenção de consumo e compra. No teste triangular, 33 pessoas notaram diferença entre as amostras, constatando que a percepção sensorial foi detectada com diferentes quantidades da farinha adicionada. Em relação ao teste de aceitação, as duas formulações foram bem aceitas pelos provadores, com notas iguais ou superiores a 6 (gostei ligeiramente) em todos os quesitos. E o índice de aceitabilidade ficou próximo a 80% em ambas, sendo o aceitável acima de 70%. As duas formulações obtiveram nota média 5 (compraria frequentemente) e nota 4 (comeria frequentemente). Apenas 32% dos provadores sentiram o sabor de algum fruto do cerrado e 6,5% sentiram sabor do buriti. Considerando a ampla aceitação do produto, pode-se inferir que a utilização desse subproduto da indústria de óleo de buriti, agrega valor e contribui para a um destino sustentável para esse resíduo.

Palavras-chave: Coproduto agroindustrial. Frutos do Cerrado. Panificação.

¹ Discente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

² Discente do Curso de Mestrado em Alimentos e Saúde; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Docente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: crvieira@ica.ufmg.br

Introdução

Mundialmente, o pão é um alimento básico para a nutrição humana, que, por milhares de anos, vem sendo produzido e consumido de diferentes formas (SALGADO *et al.*, 2022; SANTOS, 2022). De acordo com Brasil (2005), pães são produtos obtidos pela cocção de uma massa resultante do processo de fermentação ou não, preparada com farinha de trigo e/ou outras farinhas que contenham proteínas formadoras de glúten e água; podendo conter outros ingredientes que não descaracterizem os produtos ou apresentar formatos, texturas, coberturas e recheios variados.

Predominantemente, os pães são produzidos a partir da farinha de trigo, água, fermento biológico e sal (PARENTI *et al.*, 2020). No entanto, o aumento da mecanização na indústria de panificação, associado à necessidade de fabricação de diversos tipos de pães (DAHIYA *et al.*, 2020), favorece o desenvolvimento de diversas formulações de massa com adição de ingredientes que conferem sabores especiais, melhoram as características da massa durante o processamento e, conseqüentemente, aprimoram a qualidade tecnológica, nutricional ou sensorial do produto final (LIMA, 2019; SANTOS, 2022).

Nos últimos anos, os consumidores estão mais conscientes sobre a influência das escolhas alimentares sobre a saúde (DÍAZ *et al.*, 2020) e, por isso, buscam produtos alimentares funcionais. Para atender a essa demanda, o mercado consumidor está ampliando suas opções e investindo no desenvolvimento de produtos com propriedades nutricionais e funcionais (KUIAVSKI *et al.*, 2020).

Em virtude da maior concentração de nutrientes, compostos bioativos e fibras contidos nos subprodutos do processamento de frutas e vegetais (cascas, sementes, folhas, etc.), a utilização destes vem ganhando grande destaque na indústria alimentícia e na comunidade científica, sendo alternativas para agregar valor econômico e nutricional em novos produtos alimentícios, associadas à promoção da sustentabilidade ambiental (SALGADO *et al.*, 2022).

O fruto do buriti (*Mauritia flexuosa L.*), encontrado em diferentes estados do Brasil, é rico em vitaminas B, C e E, possui alto teor de fibras alimentares, polifenóis, lipídios com ácidos graxos insaturados e ferro (PESSÔA, 2017). A extração agroextrativista do óleo de buriti gera aproximadamente 9500 toneladas/ano de resíduos, como cascas, endocarpo e farelo da polpa (RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019).

Embora mais de 60% do buriti seja constituído por casca e sementes, essas partes são comumente tratadas apenas como subprodutos (BARBOZA *et al.*, 2022), usualmente utilizados na alimentação animal (RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019). Os subprodutos da farinha de buriti são uma fonte potencial de fibras alimentares, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro, zinco, manganês e fitoquímicos, assim, seu uso deve ser incentivado para a elaboração de produtos, como fonte potencial

de fibras, minerais e compostos bioativos (BARBOZA *et al.*, 2022; RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019).

Na literatura, é possível encontrar trabalhos que sugerem a utilização da torta de buriti pela indústria de alimentos como aditivos ou como ingredientes funcionais dos alimentos (BARBOSA *et al.*, 2019a; BARBOSA *et al.*, 2019b; BRAGA SOUTO *et al.*, 2022; MARQUES; SOUZA; AGUIAR, 2020). Diante do cenário apresentado, verifica-se que o pão representa uma alternativa interessante de alimento, com potencial para se tornar veículo de incorporação de subprodutos do processamento de alimentos, dentre eles a torta de buriti. Portanto, o objetivo deste estudo foi desenvolver pães enriquecidos com farinha de torta de buriti e avaliar seus atributos sensoriais.

Material e Métodos

Este experimento foi realizado no laboratório de Tecnologia e Desenvolvimento de Produtos Alimentícios e no laboratório de Análise Sensorial do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA-UFMG), *Campus* Montes Claros, nos meses de abril e maio do presente ano.

A farinha da torta de buriti, coproduto da extração de óleo, foi cedida por doação pela Cooperativa Grande Sertão, de Montes Claros (MG). Os demais ingredientes foram adquiridos no comércio local.

Os pães de forma foram produzidos utilizando formulações com adição de farinha de torta de buriti nas proporções de 10 e 20%, como está disposto na Tabela 1.

Os pães (Figura 1) foram elaborados segundo metodologia descrita por Chagman e Huamán (2010) com modificações. Após a pesagem dos ingredientes, 60% da farinha de trigo, 55% de água e 3% de fermento biológico seco foram misturados em batedeira planetária e fermentados à 32 °C por 40 min. Em seguida, foram acrescentados os demais ingredientes à esponja e em seguida misturados novamente, a massa foi cilindrada, dividida, modelada e enformada. Por fim, realizou-se a etapa de fermentação à 32 °C por um período de 90 minutos, em seguida a massa foi para a etapa de forneamento, sendo utilizado forno elétrico à 180 °C por 30 minutos. Após o forneamento os pães foram resfriados à temperatura ambiente por 60 minutos e desenformados.

O número de provadores para análise sensorial foi baseado nas recomendações de Minin (2006), que sugere o uso de testes afetivos em laboratório como seleção preliminar de amostras para futuros testes e nas etapas de desenvolvimento de novos produtos, sendo realizados em cabines individuais, utilizando-se de 25 a 50 provadores. Sendo assim, participaram da análise sensorial 46 provadores não treinados, recrutados através de divulgação nas mídias sociais em grupos que continham pessoas ligadas

ao ICA-UFMG e através de cartazes afixados nos murais do Campus. Todos os participantes assinaram Termo de Consentimento, seguindo o conselho do comitê de ética da UFMG sob o número CAAE: 97454718.1.0000.5149.

Tabela 1 - Formulações para pão de forma

Ingredientes	10%FB	20%FB
Farinha de trigo	100%	100%
Farinha de torta de buriti	10%	20%
Açúcar cristal	14%	14%
Margarina 70% lipídeos	4%	4%
Fermento biológico seco	3%	3%
Sal	1,5%	1,5%
Reforçador de farinha	1%	1%
Água	+/- 60 mL	+/- 60 mL

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: 10%FB: formulação com 10% de adição de farinha de torta de buriti; 20%FB: formulação com adição de 20% de farinha de torta de buriti.

Figura 1 – Imagem ilustrativa dos pães de forma elaborados com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha da torta de buriti (*Mauritia flexuosa* L.)



Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Imagem à esquerda pão de forma enriquecido com 10% de FB e à direita imagem do pão de forma enriquecido com 20% de FB.

Os testes foram realizados em cabines individuais, todas as amostras foram servidas em pratos descartáveis, identificados com três números, acompanhado com um copo de água para reduzir a influência de uma amostra sobre outra. Os provadores receberam uma ficha de avaliação, para preencher os dados como: gênero, faixa etária, escolaridade, se possuía o hábito de comer pão de forma (IAL, 2008).

Foi empregado o teste triangular (método 155/IV), o qual detecta pequenas diferenças entre amostras. Foram apresentadas simultaneamente três amostras codificadas, sendo duas iguais e uma diferente. Coube ao julgador identificar a amostra diferente. A interpretação do resultado se baseou no número total de julgamentos versus o número de julgamentos corretos. Para que fosse detectada diferença significativa entre as amostras no nível de probabilidade de 5%, o número de julgamentos corretos deveria ser maior que 27 julgadores, de acordo com valores tabelados (IAL, 2008).

Utilizou-se também o teste de aceitação (método 165/IV) que foi composto por escala hedônica de nove pontos, variando de “1 -desgostei extremamente” a “9 - gostei extremamente”. Os atributos avaliados foram aparência, sabor, cor, aroma, textura, doçura e avaliação global. Os provadores também foram solicitados a avaliarem o produto quanto à intenção de consumo (método 167/IV), por meio da escala de sete pontos, variando de 1 - nunca comeria a 7 - certamente comeria e intenção de compra (método 167/IV), por meio de escala de cinco pontos, variando de 1 - nunca compraria a 5 - certamente compraria. Todos os testes foram conduzidos conforme as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Para o cálculo do Índice de Aceitabilidade (I.A), foi utilizada a expressão: $IA (\%) = A \times 100/B$, onde A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987).

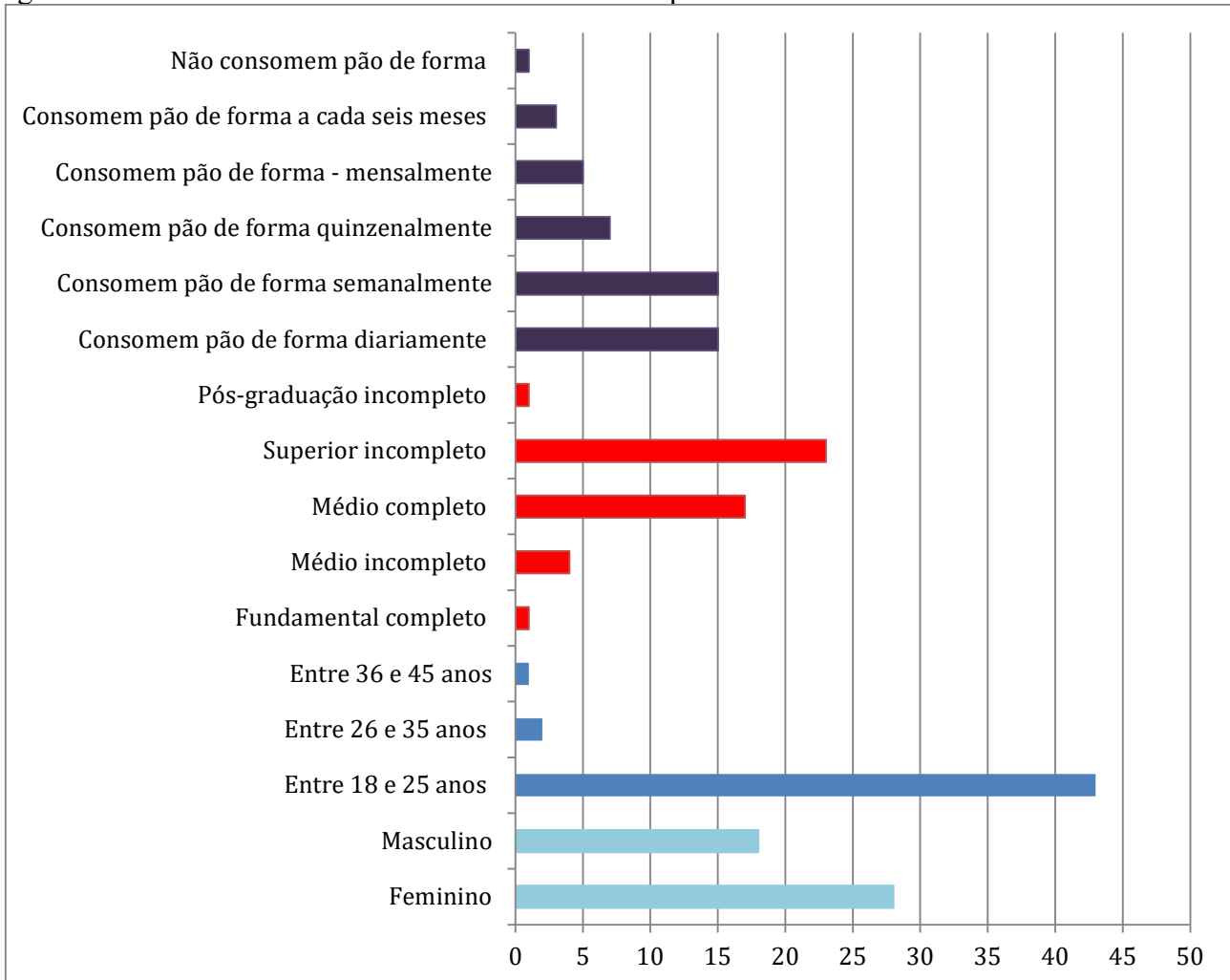
Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente com o software R[®] (R, 2023), sendo submetidos à análise de variância – ANOVA, e ao teste Tukey a 5% de probabilidade, quando significativos.

Resultados e Discussão

Este estudo contou com a participação de 46 provadores, não treinados. Estes se identificaram como sendo 60,87% do gênero feminino e 39,13% do masculino, 93,47% deles na faixa etária entre 18 a 25 anos. A grande frequência da faixa etária pode ser explicada pelo fato da pesquisa ter sido realizada dentro da Universidade, onde a maioria se constituiu por discentes de cursos de Graduação, fato este que pode ser observado na Figura 2, onde a maioria informou como escolaridade, Graduação incompleta.

Quanto aos hábitos de consumo relacionados ao pão de forma, os provadores afirmaram consumir o produto. Ao serem questionados sobre a frequência do consumo, para a maioria, a ingestão é diária ou semanal (Figura 2).

Figura 2 - Perfil do consumidor na análise sensorial do pão de forma com farinha da torta de buriti



Fonte: Dos autores, 2023.

Teste Triangular

Os resultados do teste triangular, revelaram que dos 46 provadores, 33 deles detectaram a diferença entre as amostras, indicando que a adição de 10% e 20% da farinha da torta de buriti causaram uma percepção no sabor do produto, sendo identificado pelos provadores. Apenas, 32% dos provadores alegaram sentir o sabor de fruto do cerrado e apenas 6,5% destes o identificaram como sendo buriti.

Teste de aceitação

Os dados do teste de aceitação estão dispostos na Tabela 2, é possível observar que ambas as formulações 10% FB e 20% FB obtiveram bons resultados e, portanto, foram bem aceitas pelos provadores em todos os atributos sensoriais.

O primeiro atributo sensorial avaliado pelos consumidores foi a cor, sendo ela o atributo de maior impacto na avaliação, geralmente é com base na cor da crosta do pão, que os consumidores avaliam a qualidade de todo o produto, uma vez que a cor é associada ao sabor, textura e nível de satisfação do pão (NASCIMENTO; PRATO, 2016, TORBICA *et al.*, 2019). Em um alimento, por exemplo, o pão, o sabor é percebido por uma combinação complexa de sensações (SPENCE, 2010) e a textura pode ser o principal fator para rejeição (HARTMANN *et al.*, 2015).

A adição de farinha de buriti (10% e 20%) não afetou a aceitação dos pães em relação a todos os atributos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Com exceção da doçura, todos os atributos obtiveram notas entre 7 (gostei moderadamente) e 8 (gostei muito).

A aparência de um produto é uma das principais características observadas pelo consumidor (FARINELLI *et al.*, 2014). Sendo assim, o resultado encontrado no presente estudo para este atributo foi considerado satisfatório.

Tabela 2 - Resultados do teste de aceitação do pão de forma com farinha da torta de buriti

Formulação	10%FB ¹	20%FB ²	Valor-p ³
Aparência	7,30 ^a	7,59 ^a	0,284962
Textura	7,30 ^a	7,09 ^a	0,539123
Cor	7,37 ^a	7,33 ^a	0,867986
Aroma	7,70 ^a	7,52 ^a	0,549216
Sabor	7,52 ^a	7,28 ^a	0,457724
Doçura	6,70 ^a	6,48 ^a	0,525853
Impressão Global	7,65 ^a	7,52 ^a	0,644108
IA (%)	85,02 ^a	83,57 ^a	0,640014

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: ¹10%FB: formulação com 10% de farinha da torta de buriti; ²20%FB: formulação com 20% de farinha da torta de buriti. IA: Índice de aceitação para impressão global; ³ Valor-p para Análise de Variância – ANOVA.

Nota: Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Para o atributo “aroma”, ambos os pães também obtiveram boa aceitação. O aroma é um dos principais impulsionadores da aceitação de um produto por parte dos avaliadores (FAVARÃO, 2017). Segundo Bezerra *et al.* (2022), o aproveitamento de resíduos/subprodutos em pães deve ser realizado

com cautela, uma vez que a adição de ingredientes em excesso descaracteriza o aroma do pão, que deve ser suave e característico para ser bem avaliado. A adição de 10 e 20% da farinha da torta de buriti não impactou consideravelmente no aroma dos produtos.

As médias encontradas para doçura das amostras 10%FB e 20%FB, são equivalentes a escala hedônica entre “gostei ligeiramente” (6) e “gostei moderadamente” (7). Possivelmente, a doçura recebeu avaliação inferior aos demais parâmetros, pois foi influenciada pelo sabor levemente ácido (azedo) da torta de buriti ou pela cor amarelada que esta conferiu aos produtos, já que, a coloração alimentar pode impactar na percepção da doçura a curto prazo (SPENCE, 2015).

Resultados similares foram encontrados por Teixeira *et al.* (2018) em avaliação de pão adicionado de farinha de casca de berinjela (7, 14, 21 e 28%) entre crianças, e por Salgado *et al.* (2022) ao avaliarem a influência da adição 0% (F1 padrão), 0,84% (F2) e 1,96% (F3) de farinha da casca da guavira (FCG) em substituição à farinha de trigo, em pão sobre as características físico-químicas e sensoriais. Ambos autores reportaram boa aceitação sensorial dos produtos, entretanto obtiveram menores notas na formulação com maior teor de farinha adicionado. Esses autores associam essa menor preferência à presença de elevados teores de compostos fenólicos nas cascas utilizadas, já que essas substâncias conferem sabor residual amargo aos produtos, prejudicando a aceitabilidade. Esta sensação não foi percebida pelos consumidores do presente estudo, uma vez que não houve diferença significativa entre os resultados encontrados.

Avaliação global do produto é o atributo que possibilita ao julgador expressar de forma unânime sua percepção do produto como um todo. Não foi observada diferença significativa entre as amostras a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Os resultados deste estudo foram diferentes dos encontrados por Kuiuavski (2020), que ao estudar as características sensoriais de pães com diferentes concentrações (20%, 40%, 60%) de farinha de malte, observou que a formulação com adição de 20% do bagaço de malte se diferenciou com uma pequena significância das outras formulações, obtendo na aceitação global um pequeno aumento comparando com as outras porcentagens. Contudo se diferenciou dos resultados dos demais atributos, já que foi percebido um aumento significativo da aceitação da amostra com 20% do bagaço de malte em relação as demais amostras analisadas.

Resultados diferentes também foram reportados por Alves, Constant e Teles (2021) ao avaliarem as características físico-químicas e sensoriais de pães de forma com adição de 0% (FP0), 5% (FP5), 10% (FP10) e 15% (FP15) de farinha de palma forrageira, em substituição à farinha de trigo branca. Esses autores relataram que em todos os atributos a FP15 apresentou menores escores principalmente no atributo sabor, ou seja, na substituição de 15% a farinha de palma deixou um sabor muito distinto dos pães consumidos pelos julgadores.

Segundo Dutcosky (2011) para que um produto seja aceito quanto às suas características sensoriais, é necessário que seu índice de aceitabilidade seja superior a 70%. Observa-se no presente estudo, que as duas formulações (10%FB e 20%FB) obtiveram índice de aceitabilidade superior a 70%.

Intenção de Consumo e Compra

Os resultados obtidos apontam, que as formulações 10%FB e 20%FB não diferiram significativamente entre si, apresentando notas médias para a intenção de consumo de 5,07 e 5,04, respectivamente, indicando que os provadores consumiriam este produto frequentemente.

Em relação à intenção de compra, os resultados médios para ambas as amostras foi de 4,04, indicando que os provadores comprariam frequentemente o produto se disponível no mercado.

Os resultados indicam que houve boa aceitação do produto pelos consumidores, e que, se o mesmo fosse colocado à venda, possivelmente teria um consumo satisfatório.

Outros estudos observaram que formulações de pães contendo maior teor de adição ou substituição da farinha de resíduos por farinha de trigo apresentaram menor intenção de compra (SANTOS *et al.*, 2018; KUIAVSKI, 2020; TEIXEIRA *et al.*, 2018; SALGADO *et al.*, 2022). O fato dos pães elaborados com a adição da farinha de torta de buriti ter apresentado resultados satisfatórios, sugere que a sua comercialização e consumo é possível e promissora pelos consumidores.

Entretanto, sugerem-se novos estudos com uma maior população e com consumidores de outras regiões que não tenham o hábito de consumir os frutos do Cerrado para verificar se a aceitação dos produtos será satisfatória.

Conclusão

Os resultados deste estudo trazem informações úteis para a compreensão das possibilidades de aplicação de subprodutos (torta) gerados após a extração do óleo de buriti, na produção de pães de forma, bem como direciona para desenvolvimento de novos produtos no mercado global de pães.

As duas amostras não apresentaram diferença significativa entre os atributos estudados, apresentando resultados médios elevados em relação a escala hedônica de nove pontos (entre 7 e 8), exceto para doçura (entre 6 e 7) e também em relação ao índice de aceitação, com resultados superiores a 70% (valor considerado satisfatório para aceitação de um produto). Os resultados são promissores, pois mostraram atitudes positivas dos consumidores em relação à utilização da torta de buriti, e sua disposição em ampliar a variedade de produtos que utilizam na alimentação. Consequentemente, esse

estudo aponta para possibilidade do aproveitamento do resíduo da fabricação de óleo buriti de forma sustentável, beneficiando agroextrativistas, consumidores e as indústrias de panificação.

Trabalhos adicionais com consumidores devem incluir um número maior de participantes e abordar sobre comportamentos do consumidor frente a mais fatores intrínsecos e extrínsecos ao produto. Esse entendimento ajudará pesquisadores, empresas e ou produtores de pães a desenvolver e aperfeiçoar produtos, ou até embalagens, que satisfaçam as expectativas dos consumidores e aumentem o consumo de pães contendo subprodutos agroindustriais.

Nesse contexto, conclui-se que é viável a elaboração de pães enriquecidos com farinha de torta de buriti, pois apresentaram boa aceitabilidade nos atributos sensoriais.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Cooperativa Grande Sertão pela doação do material experimental, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro e a todos consumidores que participaram dessa pesquisa.

Referências

ALVES, S., CONSTANT, P., TELES, A. Avaliação físico-química e sensorial de pão de forma elaborado com farinha de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e14101119433, 2021.

BARBOZA, N. L. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.): An Amazonian fruit with potential health benefits. **Food Research International**, v. 159, p. 111654, 2022.

BARBOSA, R. P. *et al.* Utilização de farinha da torta de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) na elaboração de barra de frutas. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UFMG, 2. 2019, Montes Claros. **Anais eletrônicos [...]** Montes Claros: UFMG, 2017. Disponível em: <www.simeali.com.br>. Acesso em: 19 jun. 2023.

BATTOCHIO, J. R. *et al.* Perfil sensorial de pão de forma integral. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 428-432, 2006.

BEZERRA, L. C. N. M. *et al.* Produção e caracterização de pão de forma obtido por processo rápido. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. e297111133569, 2022.

BORGES, J. T. S. *et al.* **Caracterização Físico-Química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça.** Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 83-96, 2011.

BRADY, K. HO, C.; ROSEN, R. T.; SANG, S.; KARWE, M. V. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1209-1216, 2007.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Tecnologia da Panificação**. 1.ed. Ed. Manolé. 2009. 417p.

BRAGA-SOUTO, R. N. *et al.* Improvement of sensorial and technological characteristics of chocolate cakes with buriti fruit by-product. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 5, p. e16557, 2022.

BRASIL. RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 set. 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em 20 jun. 2023.

CHAGMAN, G. P.; HUAMÁN, J. Z. Sustitución parcial de harina de trigo *Triticum aestivum* L. por harina de kiwicha *Amaranthus caudatus* L., usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. **Revista de la Sociedad Química del Perú**, v. 76, n. 4, p. 377-388, 2010.

DAHIYA, S. *et al.* A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. **Process Biochemistry**, v. 99, p. 290-306, 2020.

DÍAZ, L. D. *et al.* The frontier between nutrition and pharma: The international regulatory framework of functional foods, food supplements and nutraceuticals. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, p. 1738-1746, 2020.

DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. **Análise sensorial de alimentos**. 2011. p. 426-426.

FARINELLI, B. C. F. *et al.* Elaboração, análise sensorial e características físico-químicas do biscoito doce de casca de banana. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 18, n. 2, p. 77-82, 2014.

FAVARÃO, V. Z. **Teste de perfil descritivo quantitativo de aroma e sabor—estudo de caso no café**. 2017. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/>. Acesso em: 31 mai. 2023.

KUIAVSKI, M. P. *et al.* Elaboração de pães com adição de farinha do bagaço de malte. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 53208-53221, 2020.

LIMA, A. L. S. *et al.* Avaliação dos efeitos da radiação gama nos teores de carotenóides, ácido ascórbico e açúcares do fruto buriti do brejo (*Mauritia fleuxuosa* L.). **Acta Amazônica**, v. 39, p. 649- 654, 2009.

LIMA, D. V. **Desenvolvimento e avaliação sensorial de pão de forma adicionado de farinha de resíduo de farinha de graviola**. 2019 42 f. Monografia (Curso de Bacharelado em Nutrição) - Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2019.

MARQUES, M. N.; SOUZA, F. C. A.; AGUIAR, J. P. L. Efeito da adição da farinha de buriti sobre o perfil dos ácidos graxos em pré mistura para pão sem glúten. *In*: CONGRESSO ONLINE BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE CEREAIS E PANIFICAÇÃO. **Anais eletrônicos [...]** Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/cbcp2020/276614-efeito-da-adicao-da-farinha->

de-buriti-/. Acesso em: 30 jun. 2023.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: Estudos com consumidores**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 225p.

NASCIMENTO, M. G., PRATO, T. S.; Influência da cor e do odor na discriminação do sabor de um produto. *In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS*, 2016, Gramado. **Anais eletrônicos [...]** Gramado: FAURGS, 2016. Disponível em:<<https://docplayer.com.br/58427505-Influencia-da-cor-e-do-odor-na-discriminacao-do-sabor-de-um-produto.html>>. Acesso em: 30 jun 2023.

PARENTI, O.; GUERRINI, L.; ZANONI, B. Techniques and technologies for the breadmaking process with unrefined wheat flours. **Trends in Food Science & Technology**, v. 99, p. 152-166, 2020.

PESSÔA, P. A. P. **Avaliação das propriedades do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) e sua aplicação em creme vegetal**. 2017. 126f. Tese de doutorado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2017.

R CORE TEAM (2023). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 15 jul. 2023.

RAMOS, N. C.; PIEMOLINI-BARRETO, L. T.; SANDRI, I. G. Elaboração de Pré-Mistura para Bolo sem Glúten. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 1, p. 33–38, 2012.

RESENDE, L. M., FRANCA, A. S., OLIVEIRA, L.S. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. **Food Chemistry**, v. 270, p. 53-60, 2019.

SALGADO, C. S. *et al.* Adição de farinha de casca de guavira em pão: características físico-químicas e sensoriais, **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, n. e2021170, p. 1-11, 2022.

SANTOS, A. C. **Efeito da adição de lipases comerciais nas propriedades tecnológicas do pão de forma**. 2022. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2022.

SANTOS, C. M. *et al.* Preparação, caracterização e análise sensorial de pão integral enriquecido com farinha de subprodutos do mamão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.21, e2017120, p. 1-9, 2018.

SPENCE, Charles *et al.* Does food color influence taste and flavor perception in humans?. **Chemosensory perception**, v. 3, p. 68-84, 2010.

TEIXEIRA, F. *et al.* Farinha da casca de berinjela em pão: análise físico-química e sensorial entre crianças. **Ciência e Saúde**, v. 11, n. 2, p. 128-134, 2018.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise Sensorial de Alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180 p.

TORBICA, A. *et al.* Sensory and physico-chemical properties of wholegrain wheat bread prepared with selected food by-products. **LWT**, v. 114, p. 1-8, 2019.

VILLARROEL, M. *et al.* Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando harina desgrasada de avellana chilena (*Gevuina avellana*, Mol) y harina de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 59, n. 2, p. 184-190, 2009.

VILHALVA, D. A. A, *et al.* Aproveitamento da farinha de casca de mandioca na elaboração de pão de forma. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p. 514-21, 2011.

CAPÍTULO 16

Uso de imagem digital para determinação quantitativa de azul de metileno em solução aquosa

Robson Almeida Silva¹; Rosane Pereira de Souza², João Víttor Mares Ramos²; João Pedro Rocha Oliveira²; Fabiany Cruz Gonzaga³; Cristiane Patrícia de Oliveira*⁴

Resumo

A avaliação composta por meio de análise de imagens digitais tem sido objeto de estudo como uma abordagem para a experiência quantitativa de análises em diversas áreas. Neste trabalho, objetivou-se comparar análise espectrofotométrica do azul de metileno a uma avaliação do mesmo por obtenção de imagens digitais. Para isto, diferentes concentrações do indicador foram fotografadas por *smartphone* e avaliadas quanto aos parâmetros de cor RGB pelo aplicativo Color Grab, sendo o parâmetro de cor B utilizado para construção de uma curva padrão. Fez-se também curva padrão por espectrofotometria para as diferentes concentrações utilizaram-se as curvas, para a determinação da concentração do indicador em soluções com concentrações desconhecidas. Por imagens digitais foram captadas diferentes saturações e mostraram diferentes tonalidades de azul para o indicador nas diferentes concentrações analisadas. Os valores obtidos para o parâmetro de cor B variaram. A curva padrão obtida por espectrofotometria apresentou R^2 de 0,9939 e a curva obtida por análise de imagens R^2 de 0,9978 indicando ajustes precisos para obtenção das concentrações do indicador e comportamento linear da resposta analítica. Quanto aos parâmetros de precisão, o desvio padrão e os coeficientes de variação foram 0,0219 e 0,58 e 0,06 e 16,99 para o método espectrofotométrico e por *smartphone*, respectivamente. Com limites de detecção e quantificação em 0,011 e 0,034 para espectrofotometria e 0,039 e 1,18 para o uso do *smartphone* como detector. Portanto, o método proposto mostrou-se eficiente para identificação deste analito, mas requer melhorias para alcançar melhores limites de detecção e quantificação e ampliação da aplicabilidade para condições que requer maior sensibilidade dos métodos.

Palavras-chave: Análise colorimétrica. Sistema Red, Green, blue. *Smartphone*.

¹Graduando Bacharelado em Química com atribuições tecnológicas; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

²Graduando(a) em Engenharia de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

³Professora Adjunto - DCEN; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

⁴Professora Titular - DTRA; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

*E-mail: cristianepatricia@uesb.edu.br

Introdução

Dentre as técnicas para análise de alimentos estão o uso de métodos gravimétricos, volumétricos, potenciométricos e espectrofotométricos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). A realização destas análises em laboratório, em geral, requer equipamentos caros e sofisticados, precisam de mão-de-obra qualificada. Costumam apresentar procedimentos demorados, trabalhosos, e demandam grandes quantidades de reagentes. Em vista disso, técnicas baseadas em análise de imagens digitais por *smartphone* vêm sendo avaliadas para serem utilizadas na análise de alguns compostos como opção em relação a outras técnicas (FAN *et al.*, 2021). Os procedimentos por imagem digital são de baixo custo e mais acessíveis ao público, pois podem ser realizados de forma mais simples e rápida, com a ajuda de tecnologia acessível a todos, como os *smartphone*. Além disso, possibilitam a realização das análises *in situ* e facilitam a aquisição dos dados.

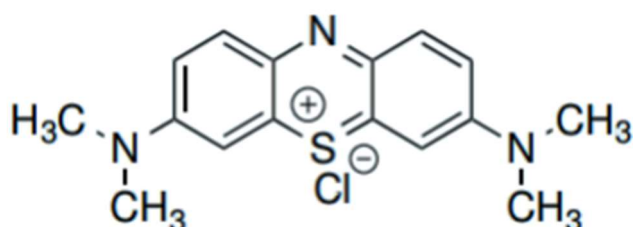
Associar as metodologias existentes para análise de alimentos a sistemas detectores baseados em *smartphone* é essencial para o desenvolvimento de técnicas analíticas mais rápidas e acessíveis. Kalinowska, Wojnowski e Tobiszewski (2021) abordaram sobre o uso de métodos baseados em imagens obtidas por *smartphone* associados a procedimentos analíticos mais elaborados na avaliação e monitoramento da qualidade dos alimentos. Observaram ampla aplicabilidade destas técnicas criando possibilidades inteiramente novas para a introdução de ferramentas facilmente acessíveis, eficientes e de baixo custo para avaliação das características dos produtos alimentícios e assim, promover a garantia de qualidade dos alimentos de acordo com os parâmetros necessários.

O uso de imagens digitais obtidas por *smartphone* associado a análises espectrofotométricas apresentou resultados satisfatórios nas análises de água, plantas e ervas, alimentos, suplementos alimentares, medicamentos e amostras biológicas (AGUIRRE; LONG; CUNNINGHAM, 2019). Além disso, em diversas pesquisas foi aplicado o *smartphone* como detector de compostos presentes em diferentes matrizes alimentares, tais como, maçã, tomate, morango e café, dentre outros. As validações dos métodos nessas pesquisas foram realizadas majoritariamente por espectrofotometria UV-Vis, as quais apresentaram resultados similares, demonstrando o uso potencial do *smartphone* para análises espectrofotométricas *in loco*, de baixo custo e confiáveis (DAS *et al.*, 2016; BARRETO, 2019; BAZANI, 2019).

O azul de metileno, composto de fórmula $C_{16}H_{18}ClN_3S$ (anidro), massa molecular 319,85 e de número CAS 61-73-4 (Figura 1) é um composto de aplicações na área da química, biologia, farmacologia e medicina. A cor deste, verde quando em pó e azul em solução e comportamento químico, com solução azul em ambiente oxidantes e incolor em contato com agentes redutores, o faz ser aplicado em análises de RNA e DNA (FLORES *et al.*, 1992), bem como em determinações de surfactantes

aniônicos como o Lauril Sulfato de Amônio (MÜZEL, 2021). Essas características tornam o azul de metileno composto com características de cor adequadas para ser estudado por análises colorimétricas e posterior desenvolvimento das técnicas com uso desse corante como base para as respostas analíticas.

Figura 1 - Representação da fórmula estrutural do azul de metileno



Fonte: Costa e Melo, 2018.

Tendo em vista estas considerações, no presente trabalho objetivou-se comparar dados obtidos por análise espectrofotométrica aos referentes a análise feita por imagens digitais obtidas por *smartphone* para o composto azul de metileno e comparar quanto aos parâmetros de validação - linearidade, precisão e limite de detecção e quantificação. Desta forma, busca contribuir para o desenvolvimento de metodologias empregando imagens digitais obtidas a partir de um *smartphone*.

Material e Métodos

Preparo dos padrões

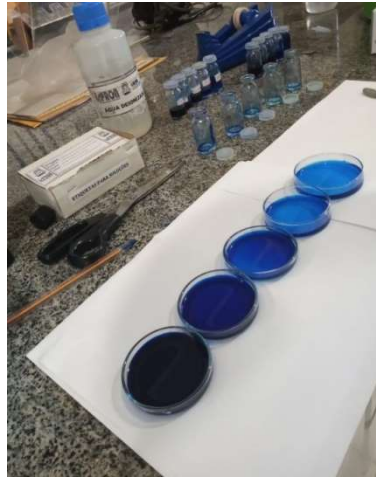
Foi preparada uma solução de azul de metileno padrão na concentração de 1%, posteriormente esta solução foi diluída para as concentrações de 0,0063%; 0,0125%; 0,025%; 0,05% e 0,1% (v/v). Foram preparadas três repetições para cada concentração.

Obtenção da curva de calibração por Espectrofotometria UV- visível

Para obtenção da curva de calibração por Espectrofotometria UV- visível (Absorvância x Concentração %), segundo Skoog e West e Holler, (2005) foi utilizado espectrofotômetro UV/VIS Shimadzu 1800 Manual. Primeiramente fez-se varredura no espectro visível (400 a 800 nm) para solução de azul de metileno para determina o comprimento de onda de absorção máxima para realização

das leituras. A absorção máxima foi 790 nm. Em seguida, realização das leituras; feitas em duplicata; efetivada para cada concentração (Figura 2). A análise foi realizada para as três repetições.

Figura 2 - Imagem das soluções preparadas e dispostas para leitura com uso do *smartphone*

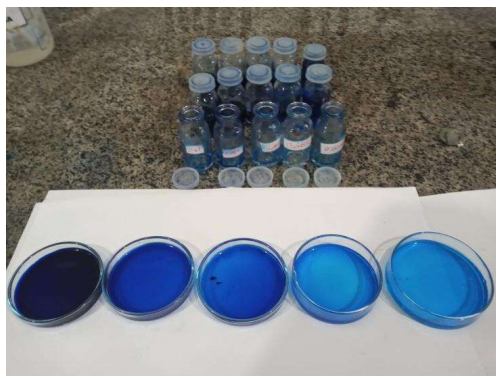


Fonte: Dos autores, 2023.

Obtenção das imagens

As imagens foram obtidas por *smartphone* modelo Motorola E6 plus, com processador de 2 GHz 8 core, Android 9 pie com câmera traseira de 4163x3122 pixels de resolução. As soluções do Azul de Metileno (Figura 3) foram transferidas para placas de petri, colocadas em superfície com fundo branco contendo folhas de ofício A4 dentro de uma caixa de isopor. O registro das imagens se procedeu com o uso do *smartphone* de forma estática na posição horizontal com o foco nas amostras sem a utilização da luz traseira (flash) para fins de melhor visualização das diluições nas placas de petri. Todas as imagens foram obtidas nas mesmas condições, sem variação de iluminação, distância, ângulo.

Figura 3 - Amostras de concentração desconhecida dispostas para análise por *smartphone*



Fonte: Dos autores, 2023.

Processamento das imagens

As imagens obtidas foram analisadas pelo aplicativo Color Grab[®], disponível gratuitamente nas plataformas digitais. O aplicativo possui a ferramenta de identificação de cores definitivas e de escalas de intensidade. Ao apontar a câmera do Color Grab[®] no objeto com a cor desejada, o aplicativo apresenta em segundos uma escala de intensidade, classificação das cores e parâmetros como hue, saturation e value (HSV) e RGB. A padrão de cor escolhido para análise dos dados foi a R, G e B, na qual as tonalidades bases são vermelho, verde e azul, respectivamente, do inglês red (R), green (G) e Blue (B). Foram obtidos cinco pontos para cada concentração. Sendo os dados apresentados a média dos cinco pontos obtidos para cada uma das três repetições.

Os dados obtidos foram utilizados para construção da curva de calibração valores médios de intensidade (canal B) x concentração (%).

Análise de soluções problemas

Para de comparar as metodologias soluções de concentrações desconhecidas de azul de metileno foram avaliadas espectrofotometricamente e por análise de cor e em seguida tiveram suas concentrações calculadas utilizando as equações obtidas para os padrões.

Resultados e Discussão

Na Figura 4 é apresentada variação de cores para as diferentes concentrações de azul de metileno obtidas pelo aplicativo Color Grab[®]. Os valores das coordenadas RGB obtidas por este aplicativo são apresentados na Tabela 1. Para cada concentração do azul de metileno é possível observar visualmente saturação diferente mostrando tonalidades de azul mais claro a azul mais escuro, a depender da concentração da solução. Os valores médios de intensidade dos parâmetros de cor RGB variaram, sendo estes crescentes para o canal B, que é o indicativo de cor azul.

O uso do padrão de cor RGB como resposta analítica está fundamentado nos valores de RGB variarem variam proporcionalmente com a cor na reação colorimétrica. Este efeito pode, muitas vezes, estar associado à variação da concentração da substância de interesse e, é baseado neste princípio que as análises utilizando imagens digitais são empregadas em química quantitativa (CORTEZ, 2018). Os resultados obtidos demonstram a relação quantitativa entre os componentes de cor e as diferentes concentrações do azul de metileno.

Figura 4 - Tonalidades de azul obtidas pelo aplicativo Color Grab® para diferentes concentrações do azul de metileno (v/v)



Fonte: Dos autores, 2023.

Tabela 1 - Valores dos parâmetros R, G e B obtidos para as diferentes concentrações do azul de metileno pelo aplicativo Color Grab®

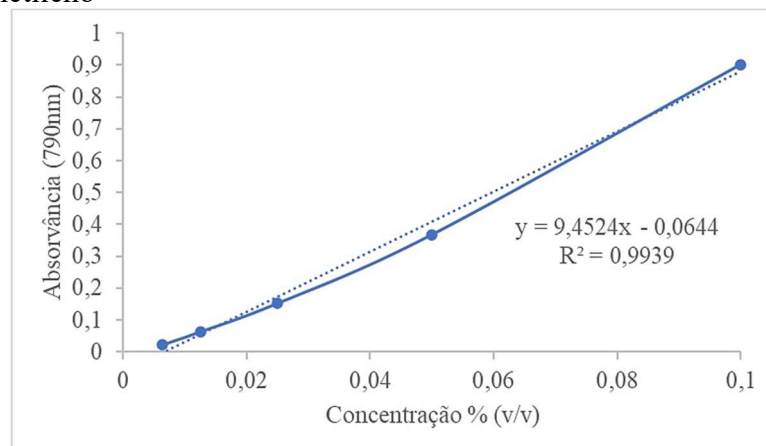
C (%)	R	G	B
0,1000	23,33	13,00	39,00
0,0500	18,00	44,67	125,67
0,0250	15,33	66,00	161,00
0,0125	13,33	76,33	181,67
0,0063	12,00	83,00	197,67

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: C: concentração; R: Red; G: Green; B: Blue.

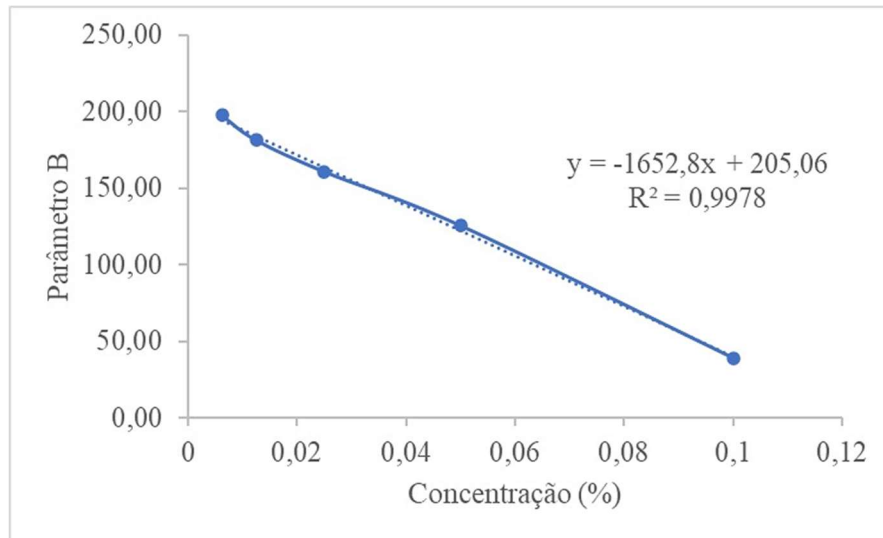
As Figuras 5 e 6 apresentam as curvas padrão obtidas com os parâmetros espectrofotométricos e de cor (parâmetro B) para as diferentes concentrações do azul de metileno. Os resultados obtidos apresentaram quanto ao parâmetro de linearidade R^2 dados acima de 0,99 (ANVISA, 2017). Esse indica correlação diretamente proporcional para ambos os métodos de análise empregados indicando pouca dispersão entre os valores e incerteza reduzida comparável entre os mesmos.

Figura 5 - Curva padrão por espectrofotometria UV-visível espectrofotômetro UV/VIS Shimadzu 1800 Manual para o azul de metileno



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 6 - Curva padrão por análise colorimétrica para o azul de metileno a partir do *smartphone* modelo Motorola E6 plus com processador de 2 GHz 8 core, Android 9 pie com câmera traseira de 4163x3122 pixels de resolução



Fonte: Dos autores, 2023.

A Figura 7 apresenta as imagens obtidas pelo *smartphone* para as soluções com diferentes concentrações bem como as tonalidades definidas pelo aplicativo Color Grab® para conversão dos valores médios de intensidade RGB. Observa-se variação de tonalidade azul para as diferentes soluções indicando diferença de concentração entre estas. Os resultados obtidos para as concentrações desconhecidas do azul de metileno utilizando as curvas padrões obtidas por análise espectrofotométrica e por análise de imagem estão apresentados na Tabela 2.

Observa-se na Tabela 2, que as amostras com concentrações maiores de Azul de Metileno (S1, S2 e S3) apresentaram valores mais coincidentes de concentração, enquanto para as amostras com concentração mais baixas (S4, S5 e S6) esses valores foram mais divergentes, sendo encontrados valores negativos para as amostras de baixa concentração.

Figura 7 - Padrão de cores obtido pelo aplicativo Color Grab® para soluções de concentrações desconhecidas do azul de metileno



Fonte: Dos autores, 2023.

Tabela 2 - Concentração de azul de metileno para as soluções de concentração desconhecida obtidas por métodos espectrofotométrico e utilizando *smartphone*

Solução Problema	Absorvâncias	Concentração por Espectrofotometria (% v/v)	Parâmetro B	Concentração por análise de cor (%v/v)
S1	0,726	0,0837	39,0	0,100472
S2	0,534	0,0632	87,7	0,071007
S3	0,403	0,0494	140,3	0,039182
S4	0,251	0,0333	190,3	0,00893
S5	0,104	0,0178	237,3	-0,01951
S6	0,0003	0,0068	270,7	-0,03971

Fonte: Dos autores, 2023.

As análises espectrofotométricas são fundamentadas por interação dos compostos com a energia fornecida a estes, seguindo a Lei de Beer; sendo ideal leituras de absorvância entre 0,1 a 1,0 para que essa lei seja obedecida Skoog e West e Holler et al. (2005). Desta forma observa-se que com exceção da amostra S6 os valores obtidos estão adequados para análise das concentrações desconhecidas do Azul de Metileno. As análises por imagens digitais ainda estão sob estudo e podem ser influenciadas por vários fatores tais como tipo de dispositivo usado para obtenção da imagem, ajustes na câmera do dispositivo, iluminação interna do sistema de captura de imagens, tipo de aplicativo utilizado para análise dos dados. Estes fatos podem explicar a divergência dos resultados e podem ser elucidados por estudo da precisão, limites de detecção e quantificação dos métodos.

Quanto ao parâmetro de precisão foram analisadas nove concentrações encontradas em baixa, média e alta concentração obtidas com triplicata Skoog e West e Holler *et al.* (2005). A partir destas foi obtido o desvio padrão e o coeficiente de variação para os dois métodos de análise empregados Tabela 3.

O desvio padrão e o coeficiente de variação indicam quanto um conjunto de dados é uniforme. Entre os métodos utilizados a análise por espectrofotometria mostrou-se mais precisa representada por número de desvio padrão e coeficiente de variação mais próximos de 0.

Tabela 3 - Parâmetro de análise de precisão para a análise de Azul de Metileno por espectrofotômetro e imagens digitais obtidas por *smartphone*

Método	Desvios Padrão (S2)	Coefficiente de Variação (CV)
Análise por espectrofotometria	0,0022	0,58
Análise por imagem digital de <i>smartphone</i>	0,0600	16,99

Fonte: Dos autores, 2023.

Para determinação dos limites de quantificação (LQ) e detecção (LD), foram utilizadas as fórmulas matemáticas demonstradas na Figura 8, e para os métodos empregados utilizou-se os parâmetros da curva analítica com o cálculo do desvio a partir do desvio padrão residual da linha de regressão (ANVISA,2017). Os dados são mostrados na Tabela 4.

Figura 8 - Fórmulas matemáticas para determinação dos limites de Quantificação (LQ) e Limite de Detecção (LD)

$$LQ = \frac{10 \cdot \sigma}{IC} \quad LD = \frac{3,3 \cdot \sigma}{IC}$$

Fonte: Dos autores, 2023.

Tabela 4 - Limites de quantificação (LQ) e detecção (LD) para os métodos empregados para a análise de Azul de Metileno

Método	LD	LQ
Análise por espectrofotometria	0,011	0,034
Análise por imagem digital de <i>smartphone</i>	0,039	1,18

Fonte: Dos autores, 2023.

Os dados de LD e LQ são figuras de mérito importante para avaliar a aplicabilidade e desempenho do método. Barros, 2013 usou esses parâmetros para comparar o uso de análise por imagem digital de *smartphone* com metodologia de referência para as espécies corantes amarelo tartrazina, amarelo crespúsculo e ferroína, aplicados no preparo de medicamentos e bebidas. O uso de imagens digitais neste mostraram LQ e LD semelhantes quanto a esses parâmetros com a metodologia de referência, situação que não foi observado no caso proposto neste trabalho. Havendo uma redução de aplicabilidade em função de maiores limites para o método de análise por imagem digital.

Os dados indicam que sobre as condições de operação dos métodos de detecção e quantificação o método por imagem digital apresentou menores valores para esses parâmetros indicando redução da sensibilidade do método comparado com a análise do Azul de Metileno por espectrofotometria.

Conclusão

O método por estudo de imagens proposto mostrou-se adequado para avaliar e quantificar Azul de Metileno em soluções com concentrações desconhecidas, porém com menor sensibilidade do que o método por espectrofotometria, geralmente utilizado em determinações com este indicador. Ajustes nas condições de obtenção e nas técnicas de avaliação das imagens podem propiciar melhores resultados para os limites de detecção e quantificação aumentando a sensibilidade e exatidão do método. Este é um método simples e versátil, e mostra que imagens digitais podem ser aplicadas em determinações de concentração do azul de metileno e com potencial para aplicação em outros analitos coloridos em solução aquosa.

Referências

- AGUIRRE. *et al.* Point-of-use detection of ascorbic acid using a spectrometric smartphone-based system. **Food Chemistry**, v. 272, p. 141-147, 2019.
- AGUIRRE. *et al.* Spectrometric smartphone-based system for ibuprofen quantification in commercial dosage tablets. **Journal of pharmaceutical sciences**, n. 108, v. 8, p. 2593-2598, 2019.
- ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Diretoria Colegiada. **Resolução RDC nº 166**, de 24 de julho de 2017.
- BARRETO, M. S. **Método analítico inovador para determinação de compostos fenólicos e atividade antioxidante do café**. Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, MG. p. 56. 2019.
- BAZANI, E. J. O. **Determinação do teor de fenólicos e da atividade antioxidante de tomate e de morango utilizando método alternativo**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2019.
- BARROS, Juan Antônio Vázquez de Almeida. **Uso de imagens digitais para a determinação da concentração e do comprimento de onda de analitos de interesse ambiental**. Dissertação de Mestrado, Alfenas, 2013. Disponível em: < <https://bdtd.unifal-mg.edu.br:8443/handle/tede/366> >. Acesso em: 22 out. 2023.
- COSTA, D. M. A; MELO, J. J. S. Estudo da capacidade de remoção de azul de metileno pela biomassa da casca do limão taiti (*Citrus latifolia*). **Holos Environment**, v. 2, n. 18, p. 271-282. 2018.
- CORTEZ, Á. V. **Determinação de cloreto em água por imagens digitais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas, Itacoarátira. p. 53. 2018.

DAS, A. *et al.* Espectrômetro de *smarthphone* ultra-portátil sem fio para testes rápidos e não destrutivos de maturação de frutas. **Scientific Reports**, n. 32, v. 8, p. 504, 2016.

ESPINO, M. *et al.* Paper microzone plates integrating Natural Deep Eutectic Solvents: Total phenolic compounds and antioxidant capacity as performed by nature. **Microchemical Journal**, n. 158, v. 10, p. 296. 2020.

FAN, Y. *et al.* Digital image colorimetry on smartphone for chemical analysis. A review. **Measurement**, v.171, p.108829, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108829>.

FLORES, N. *et al.* Recovery of DNA from agarose gels stained with methylene blue. **Biotechniques**, n. 13, p. 203-205, 1992.

HUSSAIN, I. *et al.* Smartphone-based optical spectroscopic platforms for biomedical applications: a review. **Biomedical Optics Express**, v. 4, n. 12, p. 1974-1998, 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos Físico-químicos para Análises de Alimentos. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4ª ed. (1ª Edição digital), p. 1020, 2008.

LI, L. *et al.* Potential of smartphone-coupled micro NIR spectroscopy for quality control of green tea. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 247, p. 119096, 2021.

KALINOWSKA, K. *et al.* Smartphones as tools for equitable food quality assessment. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 271-279, 2021.

KARTAKOULLIS, A. *et al.* Feasibility study of smartphone-based Near Infrared Spectroscopy (NIRS) for salted minced meat composition diagnostics at different temperatures, **Food Chemistry**, p. 314-321, 2019.

KOOHKAN, R. *et al.* Fabrication of a Smartphone-Based Spectrophotometer and Its Application in Monitoring Concentrations of Organic Dyes. **American Chemical Society Omega**, v. 5, n. 48, p. 31450-31455, 2020.

MÜZEL, F. L. R. **Desenvolvimento de metodologia ambientalmente amigável para análise de surfactantes aniônicos em produtos de higiene pessoal**. 2021, p. 109. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista. Araraquara, 2021.

SKOOG. *et al.* **Fundamentos de Química Analítica**. 1 ed. Cengage learning, 2005.

ZAMORA-GARCIA, I. *et al.* Mobile digital colorimetry for the determination of ammonia in aquaculture applications. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 181, n. 181, p. 105960, 2021.

CAPÍTULO 17

Características físicas, químicas e nutricionais do coquinho-azedo: estudo comparativo entre frutos com diferentes cores de epicarpo

Shirlene Gonçalves Siqueira^{1*}, Lucas André Xavier da Silva², Juliana Froés Pirôpo de Oliveira²
Gabriel Sthefano Lourenço Pereira³, Poliane Batista Santos⁴, Juliana Pinto de Lima⁵

Resumo

No Cerrado brasileiro, encontra-se variedades frutíferas que possuem alto potencial para serem exploradas, dentre elas cita-se o coquinho-azedo (*Butia capitata*). Este fruto, coletado no mês de outubro a janeiro, detém da parte carnosa (epicarpo + mesocarpo) e o pirênio, sendo que suas partes são bastante nutritivas. Apresenta formato oval ou arredondado, superfície lisa e brilhante, de coloração que vai do amarelo ao roxo. Sendo assim o objetivo deste trabalho foi avaliar as características físicas, químicas e nutricionais do coquinho-azedo realizando um estudo comparativo entres frutos com diferentes cores de epicarpo. Os frutos foram coletados na zona rural do município de Mirabela-MG. Após a colheita, os frutos foram selecionados, descartando o que apresentavam danos deixando apenas os frutos íntegros de cor amarelo, laranja e rosa para análise inicial de peso, altura, largura e parâmetros colorimétricos. O material restante foi armazenado para obtenção de análise posteriores de pH, sólidos solúveis e vitamina C. Para os dados de colorimetria, no parâmetro L*os coquinhos-azedos amarelo e laranja apresentaram-se mais claros, no parâmetro a* o coquinho-azedo rosa apresentou-se mais avermelhado que os demais e em relação ao parâmetro b*, o coquinho-azedo amarelo apresenta maior média ($50,89 \pm 6,29$).O coquinho-azedo amarelo apresenta maior peso e largura que os demais, sendo a largura semelhante em todos os frutos. Os valores de pH e sólidos solúveis totais não apresentam diferença significativa nas amostras do coquinho-azedo amarelo, laranja e rosa. Entretanto, na amostra do coquinho-azedo rosa há uma maior concentração de teores de vitamina C ($56,06 \pm 2,62$ mg/100mL). Conclui-se que o coquinho-azedo com diferentes cores de epicarpo apresentam características interessantes para consumo *in natura* e para elaboração de novos produtos.

Palavras-chave: *Butia capitata*. Cerrado. Qualidade.

¹ Estudante de graduação em Engenharia de Alimentos; UFMG.

² Mestrandos em Alimentos e Saúde; UFMG.

³ Doutorando em Engenharia de Alimentos; UNICAMP.

⁴ Mestre em Alimentos e Saúde; UFMG

⁵ Doutora em Ciências de Alimentos, docente; UFMG. *E-mail: shirlene.goncalves@hotmail.com

Introdução

O bioma Cerrado abrange uma extensão de aproximadamente 1.983.017 Km², correspondendo a 23,3% do território brasileiro, situando-se nas regiões Norte, Centro-Oeste, Sudeste, Nordeste e Sul do Brasil. Caracterizado por um clima quente subúmido, com temperaturas variando entre 22°C e 27°C (IBGE, 2019), o Cerrado destaca-se como a savana tropical mais diversificada do mundo, devido à abundância de espécies frutíferas nativas e uma grande variedade de frutas comestíveis (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

Segundo Martins (2012), as frutas encontradas no Cerrado possuem um valor nutritivo elevado, uma vez que são fontes significativas de nutrientes como vitaminas, fibras, minerais e antioxidantes. Esses alimentos nutritivos são de extrema importância na dieta alimentar, uma vez que seu consumo contribui de forma significativa para a promoção da saúde humana.

O Cerrado é amplamente explorado por agroextrativistas como fonte de renda e subsistência familiar. Cada fruto nativo desse bioma apresenta características únicas, variando em termos de formato, tamanho, sabor e cor, conferindo-lhes uma singularidade inigualável e um potencial a ser explorado (VIEIRA; SCARIOT, 2006).

A palmeira nativa conhecida como coquinho azedo (*Butia capitata*), presente no Cerrado (Figura 1), possui uma altura média de 4 metros e é reconhecida por diferentes denominações regionais, como coquinho, coco-cabeçudo ou butiá (MARTINS; SANTELLI; FILGUERA, 2010).

Figura 1- Coquinho-azedo em cacho.



Fonte: Dos autores, 2023.

A partir do mês de junho, os frutos verdes do coquinho azedo começam a aparecer, enquanto os frutos maduros podem ser encontrados de outubro a janeiro. O fruto é composto por epicarpo, mesocarpo e endocarpo, possuindo uma forma oval ou arredondada, uma superfície lisa e brilhante, e sua coloração varia do amarelo ao roxo, sendo a primeira a ser predominantemente estudada (MOURA *et al.*, 2010). Os frutos apresentam peso médio de 7,5 gramas, podendo variar de 3,5 a 12 gramas, com um comprimento de aproximadamente 26 mm e diâmetro de 11 milímetros. A polpa, que representa cerca de 80% do peso do fruto, é altamente nutritiva e rica em vitaminas A e C, potássio e óleo. As amêndoas do coquinho, que também são comestíveis, são ricas em óleos, proteínas e minerais (LIMA; SILVA; SCARIT, 2010; MARCATO; PIRANI, 2006).

O coquinho azedo é um produto de grande importância econômico-social. Devido à sua boa aceitação, sabor delicioso e alto valor nutritivo, o fruto pode ser consumido de várias formas. Há quem prefira consumi-lo *in natura* ou também usando o fruto para o preparo de licor, cachaça de butiá, suco, geleia, bombom, sorvete, mousse e arroz de butiá (BÜTTOW *et al.*, 2009). As amêndoas também são utilizadas na fabricação de doces e óleos. Segundo Pereira *et al.* (2017), uma alternativa para promover o consumo e o aproveitamento de frutos regionais é a produção de farinha de coquinho azedo. Esse processo é de baixo custo, e o produto final pode ser incorporado em receitas como bolos, biscoitos, macarrões, pães e bebidas, além de enriquecer nutricionalmente a alimentação animal e outros produtos.

Moura *et al.* (2010) afirmam que atualmente na região Norte do estado de Minas Gerais a demanda pela polpa de coquinho-azedo é muito alta, faltando matéria prima para atender o mercado. Por outro lado, essa fruteira, encontra-se ameaçada pelo extrativismo intenso de seus frutos e pela agropecuária, principalmente porque ocorre naturalmente em locais preferidos pelos agricultores para a implantação de culturas e pastagens.

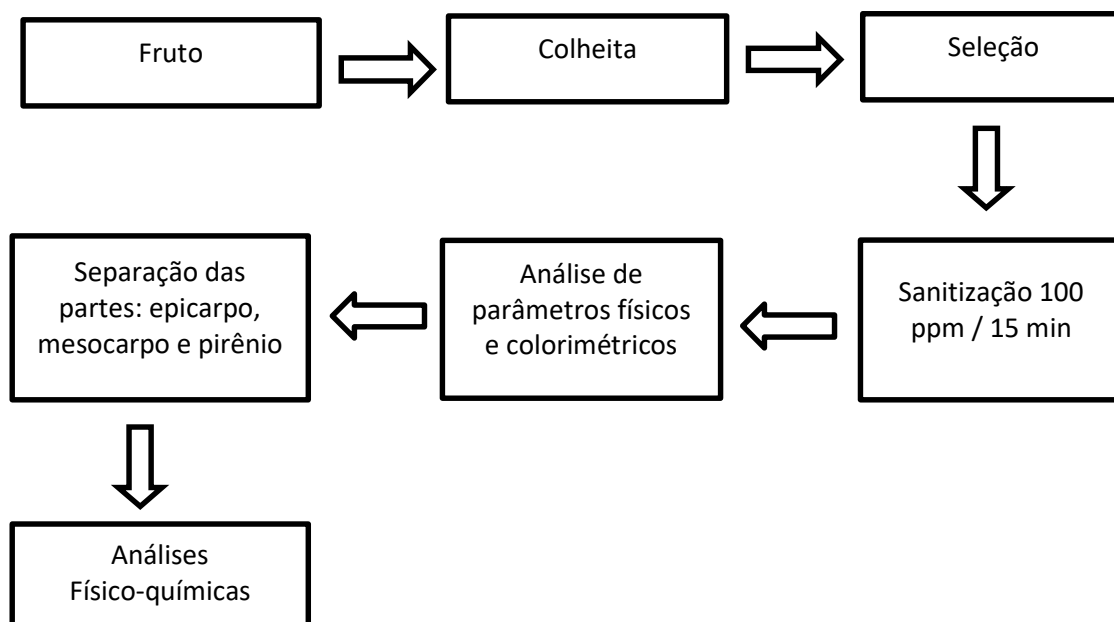
Dado a importância que o fruto possui objetivou-se neste trabalho a avaliação das características físicas, químicas e nutricionais do coquinho-azedo realizando um estudo comparativo entre frutos com diferentes cores de epicarpo, afim de que o estudo contribua com a literatura agregando conhecimentos sobre as composições existentes nas diversas cores do coquinho, estimulando o seu consumo, favorecendo no desenvolvimento de novos produtos de forma sustentável, meios tecnológicos para a conservação das características nutritivas compostas no frutos e ao mesmo tempo incentivar na conservação da espécie.

Material e Métodos

Os cachos de frutos do coquinho-azedo foram coletados na zona rural do município de Mirabela, em Minas Gerais, durante a colheita do mês de dezembro de 2021. Para garantir a representatividade da

amostra, foram colhidos dois cachos de cada coloração (amarelo, laranja e rosa), totalizando aproximadamente 150 frutos em cada cacho. Todas as operações de obtenção e preparo dos frutos para análises estão descritas na Figura 2.

Figura 2- Etapas do beneficiamento do coquinho-azedo



Fonte: Dos autores, 2023.

Após a colheita, os cachos foram transportados para o Laboratório de Pós-colheita e Processamento de Vegetais, situado no Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros. Os frutos passaram por um processo de seleção visual, em que foram descartados aqueles que apresentavam injúrias ou danos aparentes. Dessa forma, apenas os frutos íntegros nas cores amarelo, laranja e rosa foram selecionados para o estudo (Figura 3). É importante ressaltar que os frutos de diferentes colorações são provenientes de diferentes tipos de plantas, cada uma produzindo frutos com colorações características. No entanto, os frutos de todas as cores encontravam-se em estágios de maturação equivalentes. Para garantir a homogeneidade das amostras, os frutos de cachos de mesma cor foram misturados antes das análises serem realizadas, a fim de obter resultados representativos e consistentes.

Figura 3- Coquinho-azedo com diferentes cores de epicarpo: rosa, laranja e amarelo



Fonte: Dos autores, 2023.

Em seguida, os frutos passaram pela etapa de sanitização com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm durante 15 minutos e drenados naturalmente. Logo após foram feitas as análises de parâmetros físicos: peso, altura, largura e parâmetros colorimétricos.

Os dados de medidas de largura e altura foram aferidos com auxílio de paquímetro digital de aço (Western, Brasil), cujos resultados foram expressos em milímetro (mm). O peso do fruto inteiro foi realizado por pesagem em balança semi-analítica digital (Shimadzu, Brasil), cujo resultado foi expresso em gramas (g) (Figura 4). Na determinação de cor utilizou-se o colorímetro portátil Konica Minolta modelo CR-400 com escala do sistema de cor CIELab, sendo avaliados os parâmetros L*, luminosidade, em escala de 0 (preto) a 100 (branco), a* (escala de tonalidades de verde a vermelho) e b* (escala de tonalidades de azul a amarelo). As leituras foram feitas na superfície do coquinho-azedo, sendo 4 leituras por fruto (Figura 4).

Figura 4- Análise biométrica do coquinho-azedo



Fonte: Dos autores, 2023.

Em seguida os frutos foram despulpados manualmente com auxílio de facas inoxidáveis e preparado um homogenato das polpas do fruto. No homogenato de polpa e água as análises físico-químicas foram realizadas de acordo AOAC (2012).

O pH foi determinado por leitura direta em pHmetro (HANNA, pH 21), calibrado com tampões de pH 4 e 7. Para fins de determinação de sólidos solúveis totais dos frutos foi realizada com o auxílio do refratômetro digital portátil (Miwaukee) e os resultados expressos em °Brix.

Os teores de ácido ascórbico foram determinados usando o método de Tillmans, baseando-se na redução de 2,6-diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico. Os resultados foram expressos em mg/100mL de ácido ascórbico.

Em relação à análise estatística, o experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e os resultados expressos por média \pm desvio padrão. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e as médias foram analisadas por teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância com o auxílio do programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2008).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão descritos os resultados das análises de calorimetria, biometria, análises físico-químicas e teor de vitamina C das amostras de coquinho-azedo com diferentes cores de epicarpo: amarelo, laranja e rosa.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos e nutricionais das variadas cores do coquinho-azedo

Parâmetros de cor	Amarelo	Laranja	Rosa
L*	66,02 \pm 5,14 a	64,76 \pm 3,37 a	53,44 \pm 7,25 b
a*	9,54 \pm 2,75 b	13,29 \pm 4,10 b	18,07 \pm 6,42 a
b*	50,89 \pm 6,29 a	36,35 \pm 2,94 b	31,89 \pm 5,62 b
Peso(g)	8,83 \pm 1,29 a	6,99 \pm 1,29 b	7,80 \pm 1,54 b
Altura (mm)	24,79 \pm 1,67 a	23,85 \pm 1,37 a	24,77 \pm 1,07 a
Largura (mm)	24,02 \pm 1,69 a	21,05 \pm 1,94 b	21,95 \pm 1,62 b
pH	3,33 \pm 0,07 a	3,31 \pm 0,08 a	3,30 \pm 0,05 a
Sólidos solúveis (Brix)	8,83 \pm 0,58 a	8,50 \pm 0,50 a	8,83 \pm 0,58 a
Vitamina C (mg/100mL)	42,42 \pm 2,62 b	39,39 \pm 2,62 b	56,06 \pm 2,62 a

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Valores expressos por média \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

A cor é um importante atributo de qualidade nas indústrias de alimentos e bioprocessos, pois influência na escolha e preferência do consumidor. A cor dos alimentos é governada pelas mudanças químicas, bioquímicas, microbianas e físicas que ocorrem durante o crescimento, maturação, manuseio pós-colheita e processamento. O parâmetro L* está relacionado à luminosidade nas amostras, um aspecto visual da qualidade que do lado de fora da fruta inteira tende a ser um atributo desejável. O parâmetro a* mede a coloração verde/vermelha das frutas e o parâmetro b* mede a coloração azul/amarelada das frutas, coordenadas essas que são influenciadas pela presença de carotenoides em sua composição (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013).

De acordo aos dados verificados na Tabela 1, observa-se que no parâmetro L* o coquinho rosa é superior ($53,44 \pm 7,25$), seguido do coquinho amarelo ($66,02 \pm 5,14$) e do coquinho laranja ($64,76 \pm 3,37$) que não se diferiram estatisticamente. Esses resultados indicam que os frutos rosa são menos brilhantes em comparação com os frutos amarelos e laranjas, o que pode estar relacionado ao grau de maturação dos frutos. Em relação ao parâmetro a*, o coquinho rosa apresentou maior média ($18,07 \pm 6,42$) do que os frutos amarelos e laranjas, indicando uma tonalidade mais avermelhada. Já para o parâmetro b*, o coquinho-azedo amarelo apresenta maior média ($50,89 \pm 6,29$) em relação aos frutos laranja e rosa, indicando uma tonalidade mais amarelada. Essas diferenças nas coordenadas de cor estão relacionadas ao acúmulo de pigmentos como carotenoides, que ocorre durante o processo de maturação dos frutos (KHOO *et al.*, 2011).

De acordo a Moura *et al.* (2010) os estudos de biometria permitem desenvolver informações importantes para a distinção de espécies do mesmo gênero e também informações básicas para qualquer atividade cujo objetivo seja a preservação e uso sustentável desta frutífera. O peso dos frutos é uma característica importante para o mercado, uma vez que, em geral, os frutos de maior peso são também os de maior tamanho, sendo assim mais atrativos ao consumidor (COHEN *et al.*, 2010). No presente estudo nota-se que o coquinho amarelo apresenta maior massa de $8,83 \pm 1,29$ (g). Este valor está semelhante ao citado na literatura (8,02) para coquinho azedo do Norte de Minas (MOURA *et al.*, 2010). Entretanto, de acordo a Schwartz *et al.* (2010) o peso do *B. capitata* em Santa Vitória do Pomar varia de 10,30 a 12,43 g, valores superiores ao deste trabalho.

As alturas dos frutos das cores variadas da presente pesquisa não se diferiram estatisticamente. Silveira *et al.* (2021) encontrou para altura dos frutos do coquinho amarelo e laranja variações entre 20,04 mm e 29,65 mm na cidade Santa Vitória do Pomar, intervalo este que abrange os resultados deste trabalho. Segundo Sganzerkla (2010) para a espécie *B. eriosphata*, o comprimento do fruto é de $21,54 \pm 1,27$ no fruto inteiro, sendo essa espécie considerada pouco menor que a *B. capitata*, enquanto que Ferrão (2012), afirma que para a espécie *B. odorata* as alturas dos frutos estão entre 15,65 e 31,25 mm nas regiões de Santa Maria e Santa Rosa, respectivamente, uma vez que a comparação de altura do *B.*

capitata com a espécie *B.odorata* em Santa Maria se encontra maior do que na região de Santa Rosa.

Em relação a largura, observa-se que o coquinho-azedo amarelo detém de maior largura quando comparado as demais variedades de cores ($24,79 \pm 1,67$ mm). Este valor é semelhante ao citado na literatura por Ventura (2012) quando o mesmo afirma que a média de largura em seu estudo é de $24,7 \pm 0,452$ de acordo ao estado de maturação. No entanto, outra pesquisa realizada por Frugeri (2016) relata valores levemente inferiores ao citado pelo presente estudo, nas cidades de Arinos, Mirabela e Serranópolis, com valores de $22,7 \pm 0,2$; $21,6 \pm 0,2$; $21,6 \pm 0,2$ respectivamente para o coquinho-azedo amarelo.

Nos valores de pH nota-se que não há diferença significativa entre as três cores de coquinho-azedo. Os valores obtidos neste estudo estão próximos ao citado por Nascimento *et al.* (2020) de $3,41 \pm 0,01$, com amostras de frutos nativos no norte de Minas Gerais, por Martineli *et al.* (2022) no coquinho amarelo maduro em 3,25 e também semelhante por Dal Magro *et al.* (2006) para outra espécie, conhecida como *Butia eriospatha* com pH de 2,93 e 3,06 em amostras do Paraná e de Santa Catarina. Para a polpa dos demais frutos do cerrado como o Buriti, Cajá, Murici e Tamarindo *in natura*, nota-se que os valores de pH também são semelhantes em 3,76, 3,56, 3,70 e 3,28 nesta ordem (SANTOS *et al.*, 2020).

Altos teores de sólidos solúveis totais são desejáveis tanto para frutos destinados ao consumo *in natura* quanto para a indústria, já que o custo do processamento é menor. Dessa forma, quanto mais alto o valor de SS, menor será a quantidade de frutos necessários para a concentração do suco (NUNES *et al.*, 2010). Em relação aos sólidos solúveis encontrados nas amostras, percebe-se que não houve diferença significativa entre as variadas cores. Nunes *et al.* (2010) obtiveram maior média, variadas em torno de 12 a 17 °Brix (sem diferenciação de cores) e de acordo aos genótipos de *B. capitata* que foram coletadas na região de pelotas. Entretanto, Nascimento *et al.* (2020), apresentou em seu estudo valor inferior de e 5,75 °Brix presente na polpa do coquinho-azedo, contudo, existe alguns fatores que podem influenciam nos resultados como localização da região, clima, época de colheita já que a concentração de ° Brix varia conforme a maturação do fruto, além disso leva-se em consideração o solo de cultivo da planta. No mesmo estudo o autor relata valores de sólidos solúveis para outros frutos nativo do Cerrado como o araticum, buriti, cagaita e cajá. A partir dos resultados, nota-se que o buriti e a cagaita apresentaram valores de sólidos solúveis de $2,17 \pm 0,29$ e $5,40 \pm 0,36$ respectivamente, sendo considerados inferiores ao comparado com o coquinho-azedo para as três cores, porém a quantidade de °Brix encontrada no Cajá e no Araticum $15,17 \pm 0,14$ e $17,37 \pm 0,58$ é relativamente mais elevado ao informado pelo presente estudo.

A vitamina C é um componente nutricional de extrema importância, sendo um micronutriente que desempenha um papel fundamental no fortalecimento do sistema imunológico por meio de diversas

vias, além de atuar como um antioxidante, prevenindo a formação de radicais livres (COSTA *et al.*, 2020). Segundo Ramful *et al.* (2011), a quantificação da vitamina C em extratos de polpa é classificada em baixa (<30 mg/100mL), média (30–50 mg/100mL) e alta (>50 mg/100mL). Essas classificações são relevantes no contexto da seleção de frutas, uma vez que concentrações mais elevadas de ácido ascórbico são consideradas um atributo desejável em termos de composição nutricional.

Conforme apresentado na Tabela 1, observa-se uma relação entre a coloração dos coquinhos-azedo e o teor de ácido ascórbico presente em sua composição. Verifica-se que o coquinho de coloração rosa apresenta uma quantidade significativamente maior de vitamina C, com um valor médio de $56,06 \pm 2,62$ mg/100mL. Essa constatação coloca o fruto de epicarpo rosa como uma fonte de alta concentração desse nutriente. Em contraste, os coquinhos-azedo amarelo e laranja demonstraram teores médios de vitamina C mais moderados. Estudos anteriores, como o de Faria *et al.* (2008) e Barbosa *et al.* (2021) sobre o *Butia capitata* amarelo relatam valores médios semelhantes de ácido ascórbico, em torno de $53,00 \pm 18,00$ mg/100mL e $53,57 \pm 4,55$ mg/100mL, respectivamente. No entanto, neste estudo, observou-se um valor inferior de $42,42 \pm 2,62$ mg/100mL para o coquinho-azedo amarelo. Essas variações nos resultados podem ser influenciadas por diversos fatores, incluindo o local e o ano de produção, bem como o grau de maturação dos frutos (COUTO; CANIATTI-BRAZACA, 2010).

Além disso, destaca-se que os coquinhos-azedo nas cores rosa, amarelo e laranja apresentam teores mais elevados de vitamina C em comparação com outros frutos típicos do cerrado, como cagaita, o pequi, o jatobá e araticum, que registraram teores médios de $34,11 \pm 1,48$ mg/100mL, $14,33 \pm 0,32$ mg/100mL, $8,91 \pm 1,86$ mg/100mL e $5,23 \pm 7,19$ mg/100mL, respectivamente. No entanto, é importante ressaltar que os teores de ácido ascórbico nos coquinhos-azedo não ultrapassaram os valores encontrados na mangaba ($165,82 \pm 24,46$ mg/100mL), conforme citado por Cardoso (2011), nem no cajuzinho-do-cerrado in natura ($84,32 \pm 11,82$ mg/100mL), conforme mencionado por Silva (2020). Essas diferenças podem ser atribuídas às particularidades de cada fruto, incluindo suas características nutricionais e variações no ambiente de cultivo.

Conclusão

Com base nos dados apresentados e nas informações discutidas, pode-se concluir que o coquinho-azedo apresenta diferentes características físicas, químicas e nutricionais dependendo da cor do epicarpo. O coquinho-azedo de epicarpo rosa apresentou valores superiores de parâmetros de cor, enquanto o coquinho-azedo de epicarpo amarelo apresentou maior peso e largura. Não foram observadas diferenças significativas nos valores de pH e sólidos solúveis totais entre as diferentes cores. No entanto, o coquinho-azedo de epicarpo rosa mostrou-se superior em termos de teor de vitamina C

em comparação com as outras cores.

Os resultados sugerem que diferentes variedades de coquinho-azedo podem ser mais adequadas para diferentes aplicações de processamento. Por exemplo, o coquinho-azedo de epicarpo rosa pode ser mais adequado para produtos que se beneficiam de sua cor mais intensa e alto teor de vitamina C, enquanto o coquinho-azedo de epicarpo amarelo pode ser preferido em produtos que requerem maior peso e largura. No entanto, é importante considerar que outros fatores, como sabor e aroma, também podem influenciar a escolha da variedade de coquinho-azedo para processamento.

Agradecimentos

A Universidade Federal de Minas Gerais juntamente com o Instituto de Ciências Agrárias por disponibilizar e dar suporte para a realização do curso e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Pró-Reitoria de Pesquisa (PRPQ) pelo financiamento e apoio da bolsa de Iniciação Científica.

Referências

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19 ed. Washington: AOAC, 2012. 121- 130p.

BARBOSA, M. C. A *et al.* Composition proximate, bioactive compounds and antioxidant capacity of *Butia capitata*. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 763-764, 2021.

BÜTTOW, M. V. *et al.* Conhecimento tradicional associado ao uso de butiás (*Butia* spp., Arecaceae) no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n.4, p. 1069-1075, 2009.

CARDOSO, L. M. **Araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do cerrado de Minas Gerais: Ocorrência e conteúdo de carotenoides e vitaminas**. 2011. 78f. Dissertação (Ciência da Nutrição) – Campus Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

COHEN, K. O. *et al.* **Avaliação das características físico-químicas dos frutos de Araticum procedentes de Cabeceiras**, Go. 1. Ed. Planaltina: Embrapa cerrados, 2010. 16p.

COSTA, E. S. *et al.* A relação da Vitamina C com o fortalecimento do sistema imunológico. *In: SEMANA DE MOBILIZAÇÃO CIENTÍFICA- ENVELHECIMENTO EM TEMPOS DE PANDEMIA*, 23., 2020, Salvador. **SEMOC** Salvador: UCS, 2020. Disponível em: <http://ri.ucsal.br:8080/jspui/handle/prefix/2766>. Acesso em: 2 jun.2023.

COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 15-19, 2010.

DAL MAGRO, N. G. *et al.* Comparação físico-química de frutos congelados de *Butia eriosphata* (Mart.) Becc. do Paraná e Santa Catarina-Brasil. **Revista Varia Scientia**, v. 6, n. 11, p. 33-42, 2006

FARIA, J. P. *et al.* Caracterização da polpa do coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n.3, p. 827-829, 2008.

FERRÃO, T. S. **Compostos voláteis de parâmetros de qualidade de diferentes genótipos de frutos de *Butia Odorata***. 2012. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia dos Alimentos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

FERREIRA, D.F. SISVAR: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.38, n.2, p. 109-112, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Acesso em: 08 mai.2023.

FRUGERI, G. C. **Caracterização de diásporos e conservação ex situ de populações de *Butia capitata* [Mart. (Becc.) Arecaceae]**. 2016. 59f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**, 45. v. Rio de Janeiro: IBGE, 2019, 168p.

KHOO H.E. *et al.* Carotenoids and Their Isomers: Color Pigments in Fruits and Vegetables. **Molecules**, v. 6, n. 2, p. 1710-1738, 2011.

LIMA, V. V. F.; SILVA P. A. D., SCARIT A. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do coquinho azedo**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Instituto Sociedade, População e Natureza, 2010, 60p.

MARCATO, A. C.; PIRANI, J. R. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Palmae (Arecaceae). **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 24, n.1, p. 1-8, 2006.

MARTINELLI, M. *et al.* Quality of *Butia capitata* fruits harvested at different maturity stages. **Agronomía Colombiana**, v. 40, n. 1, p. 69-76, 2022.

MARTINS, C. F. **Iogurtes produzidos com cajuí e coquinho azedo**. 2012. 37f. Dissertação (Mestrado Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

MARTINS, R. C.; SANTELLI, P. E.; FILGUERA, T. S. Coquinho-azedo. In: VIEIRA, R. F. *et al.* **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília, p. 163-173, 2010.

MOURA, R. C. *et al.* Biometria de frutos e sementes de *Butia capitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), em vegetação natural no Norte de Minas Gerais, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 415-419, 2010.

NASCIMENTO, A. L. A. A. *et al.* Chemical characterization and antioxidant potential of native fruits of the Cerrado of northern Minas Gerais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.

NUNES, A. M. *et al.* Caracteres morfológicos e físico-químicos de butiazeiros (*Butia capitata*) na região de Pelotas, Brasil. **Interciência**, v. 35, n. 7, p. 500-505, 2010.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Medição e análise de cor em alimentos frescos e processados: uma revisão. **Tecnologia de alimentos e bioprocessos**, v. 6, p. 36-60, 2013.

PEREIRA, G. S. L. *et al.* Elaboração e composição centesimal de farinha de coquinho-azedo (*Butia capitata*). *Ln: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UFMG, II.*, Montes Claros. **Simpósio de Engenharia de Alimentos** Montes Claros: UFMG, 2017. Disponível em: https://www.simeali.com/_files/ugd/c971a0_c43e8e4635454ea6a323e6e77c19e82a.pdf. Acesso em: 2 jun. 2023.

RAMFUL, D. *et al.* Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2088-2099, 2011.

SANTOS, A. L. *et al.* Propriedades físico-químicas em polpas de frutos do cerrado in natura e liofilizada. **Desafios-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, n. 1, p. 52-58, 2020.

SCHWARTZ, E. *et al.* Avaliação de populações de *Butia capitata* de Santa Vitória do Palmar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n.3, p. 736-745, 2010.

SGANZERKLA, M. **Caracterização físico-química e capacidade antioxidante do butiá**. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

SILVA, N. C. S. **Avaliação Físico-química do Cajuzinho-do-cerrado após o processo de desidratação osmótica seguido de secagem**. 2020. 32f. Trabalho de curso Superior (Tecnologia em Alimentos) – Campus Morrinhos, Instituto Federal Goiano, Morrinhos, 2020.

SILVEIRA, T. *et al.* Caracterização morfológica de butiazeiros (*Butia odorata*) na área de Santa Vitória do Palmar. *In: SEMANA INTEGRADA UFPEL*, 7., 2021, Pelotas. **Anais ENPÓS Pelotas: UFPL**, 2021.

VENTURA, S. J. **Compostos voláteis em frutos de coquinho-azedo (*Butia Capitata*) determinados por headspace e CG-Em**. 2012.59f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2012.

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A. Effects of logging, liana tangles and pasture on seed fate of dry forest species in Central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 230, n. 1, p. 197-205, 2006.

CAPÍTULO 18

Cajuzinho-do-cerrado: caracterização física, química e nutricional

Shirlene Gonçalves Siqueira^{1*}, Poliane Batista Santos², Mariuze Loyanny Pereira Oliveira², Gabriel Sthefano Lourenço Pereira³, Lucas André Xavier da Silva⁴, Juliana Pinto de Lima⁵

Resumo

Entre os diversos frutos nativos do Cerrado brasileiro que possuem potencial para serem explorados destaca-se o cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* St. Hill), que fisicamente se assemelha ao caju (*Anacardium occidentale*) mais conhecido pela população. Este fruto possui uma parte carnosa, que é o pseudofruto ou pedúnculo carnoso de coloração variada e a castanha com formato reniforme de cor acinzentada. Apesar de apresentar características sensoriais atrativas e potencialidade comercial, seu uso ainda é limitado devido à carência de dados disponíveis na literatura. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar características físicas, químicas e nutricionais das frações (pseudofruto e castanha) do cajuzinho-do-cerrado. O fruto com duas cores de pedúnculo, amarelo e vermelho, foi coletado na cidade Bonito de Minas, MG. Após a coleta, os frutos foram selecionados, sanitizados e separados, o pseudofruto e a castanha. Os frutos foram analisados quanto à coloração, acidez, composição centesimal, valor calórico e teor de vitamina C. Observou-se que nos parâmetros de cor a luminosidade é superior no caju amarelo, a* no caju vermelho e b* no caju amarelo, com valores $65,50 \pm 2,71$, $23,93 \pm 5,61$ e $56,59 \pm 3,15$ respectivamente. O caju vermelho possui umidade maior $82,86 \pm 1,02$, a castanha apresenta maiores valores de proteínas ($20,20 \pm 0,42$), lipídeos ($10,95 \pm 0,79$), cinzas ($2,02 \pm 0,18$), carboidratos totais ($58,45 \pm 2,93$) e valor calórico ($413,13 \pm 7,57$). Ambos os caju, amarelo e vermelho, contêm maior teor de acidez $1,40 \pm 0,40$ e $1,21 \pm 0,18$, respectivamente. Notou-se também que o fruto possui alto valor de ácido ascórbico (média de $99,87$ mg/100g), tanto no pedúnculo quanto a castanha. Conclui-se que o cajuzinho-do-cerrado apresenta características interessantes tanto para o consumo *in natura*, quanto para o desenvolvimento de novos produtos.

Palavras-chave: *Anacardium humile*. Castanha. Cerrado. Pseudofruto.

¹ Estudante de graduação, Engenharia de Alimentos; UFMG.

² Mestre em Alimentos e Saúde; UFMG.

³ Doutorando em Engenharia de Alimentos; UNICAMP.

⁴ Mestrando em Alimentos e Saúde; UFMG.

⁵ Doutora em Ciências de Alimentos, docente; UFMG.

*E-mail: shirlene.goncalves@hotmail.com

Introdução

De acordo com dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2022), o Brasil ocupa o terceiro lugar como maior produtor mundial de frutas, registrando um total de 58 milhões de toneladas no ano mencionado. A União Europeia foi o principal destino de exportação de frutas brasileiras, incluindo nozes e castanhas, com uma participação de 52,33% (MAPA, 2023).

Segundo informações fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2019), o Bioma Cerrado abrange uma extensa área de aproximadamente 1.983.017 km², representando 23,3% do território brasileiro. Esse bioma está presente nas regiões Norte, Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul do país, caracterizando-se por um clima predominantemente quente e subúmido, com temperaturas que variam entre 22 °C e 27 °C.

Embora a vegetação do Cerrado possa parecer "pobre" à primeira vista, essa região encontra-se riquesas de recursos com alto potencial para exploração sustentável. Conforme mencionado por Monteiro (2018), devido à sazonalidade do Cerrado, há sempre frutos disponíveis para colheita e comercialização, tanto *in natura* quanto processados, por parte de produtores que buscam uma renda adicional. Essa atividade contribui para o desenvolvimento econômico do país. Além disso, os frutos do Cerrado têm a capacidade de atender às demandas nutricionais da população, que cada vez mais busca por alimentos nutritivos e acessíveis.

Os frutos encontrados no Cerrado brasileiro são verdadeiramente excepcionais devido às suas características únicas em termos de formato, tamanho, cor e sabor. A diversidade desses frutos é surpreendente, apresentando uma variedade impressionante de formas e tamanhos. Além disso, as cores vibrantes e os sabores intensos cativam os sentidos e despertam o interesse dos consumidores (VIEIRA; SCARIOT, 2006). Investir em estudos para compreender as vantagens desses frutos é de extrema importância, pois a pesquisa científica pode revelar informações valiosas sobre as propriedades nutricionais, composição química, benefícios à saúde e potencial culinário dessas frutas do Cerrado. Ao conhecer melhor essas características, é possível destacar seus atributos positivos e atrair a atenção do público, incentivando assim o consumo e promovendo um maior reconhecimento e valorização desses frutos no setor agrícola (MARTINS, 2012).

Dentre os diversos frutos nativos do Cerrado que possuem potencial para serem explorados destaca-se o cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* St. Hill), pertencente à família botânica *Anacardiaceae*, também conhecido por cajuzinho-do-campo, caju-do-cerrado, cajuí, cajuhy, caju-mirim, caju rasteiro, cajuzinho, caju-anão e caju-do-campo (Figuras 1 e 2). O porte da planta do cajuzinho é de 0,60 a 0,80 m de altura, com época de coletas de setembro a outubro, germinação de 15 a 25 dias e período de floração da espécie no início da seca (SILVA *et al.*, 1992). Seu fruto é constituído

por uma parte carnososa, denominado como pseudofruto ou pedúnculo e também outra parte conhecida como fruto verdadeiro, castanha de cor acinzentada com formato reniforme (LUZ, 2011).

A planta do *A. humile* é utilizada na medicina popular por suas propriedades anti-inflamatória, anticancerígena, antidiarreica, antidiabética, antiemético, diurético e antioxidante (JÚNIOR, 2021). Na culinária o fruto é usado para produtos processados, tais como doces, compotas, suco, pratos salgados, licores, geleia, além do mais foram identificados cajuzinho cristalizado, kombucha, estrogonofe, risoto, moqueca, ceviche, galinhada, castanha do cajuzinho no arroz, na gastronomia usa-se para finalizar e enfeitar pratos (MONTEIRO, 2018). Estudo realizado por Gonçalves *et al.* (2009) constatou-se também a viabilidade de seu uso como matéria-prima para a produção de aguardente por possuir características particulares em relação à capacidade antioxidante, o que gera agregação de valor ao produto, tornando-o uma alternativa plausível para a agroindústria.

Figura 1- Imagem da planta *A. humile*



Fonte: Silva-Luz *et al.*, 2023.

Figura 2- Fotografia da castanha e do pseudofruto cajuzinho-do-cerrado



Fonte: Dos autores, 2023.

Apesar do cajuzinho-do-cerrado apresentar características sensoriais atrativas e potencialidade comercial, seu uso ainda é limitado à região de sua produção, devido ao pouco conhecimento da existência deste fruto pela população, além disso, é levado em consideração a carência de dados disponíveis pela literatura que possibilite o seu reconhecimento. Segundo Monteiro (2018), essa não conscientização sobre a necessidade de valorização do cajuzinho, seja por parte dos extrativistas ou por parte dos consumidores, faz com que não se contribua de maneira significativa para sua valorização na sociedade, já que para muitos deles, o fruto é visto somente como uma fonte de renda extra e não como um alimento rico em nutrientes que possa complementar a alimentação.

Sendo assim, o principal objetivo deste trabalho foi avaliar as características físicas, químicas e nutricionais das frações, pseudofruto e fruto verdadeiro, do cajuzinho-do-cerrado.

Material e Métodos

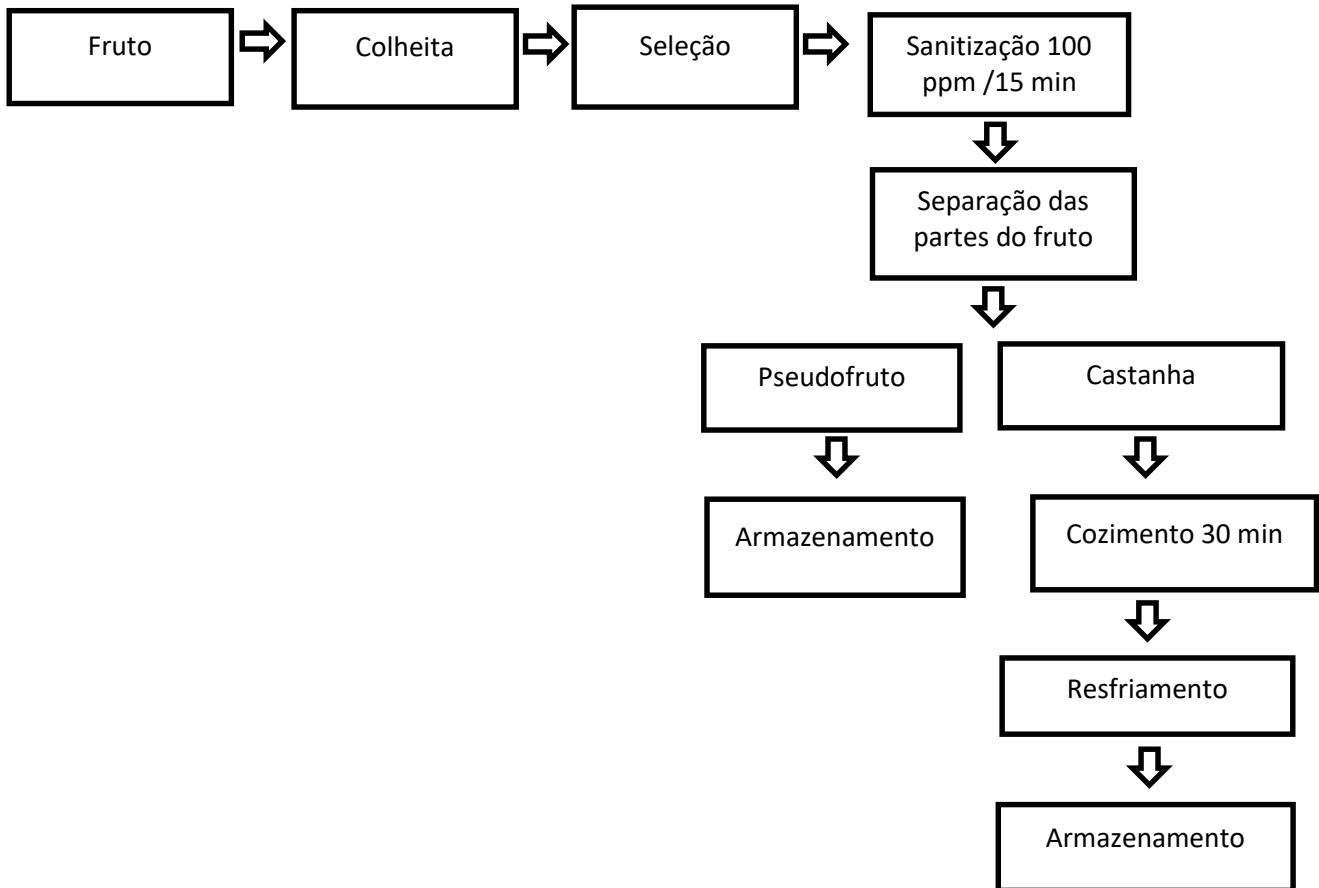
A obtenção e processamento do cajuzinho-do-cerrado foi realizado conforme as etapas descritas no fluxograma abaixo (Figura 3). Os frutos foram obtidos na cidade Bonito de Minas, Minas Gerais, durante a colheita do ano de 2019. Posteriormente os frutos foram transportados para o Laboratório de Produtos Vegetais, localizado no Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerias, Campus Montes Claros, onde foi realizada a seleção visual dos frutos, de acordo ao seu grau de maturação e qualidade. Aqueles que possuíssem aspectos danificados, mofados ou esverdeados, eram descartados, ficando assim somente os frutos íntegros de cor amarelo e vermelho para o estudo. Em seguida os frutos passaram pela etapa de sanitização com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm durante 15 min e secos em temperatura ambiente. Logo após foram separadas as partes do cajuzinho-do-cerrado, fruto verdadeiro (castanha) e pseudofruto. As partes então foram acondicionados em sacos plásticos de polietileno e armazenados a temperatura de -18°C até serem submetidos as análises experimentais.

Para a extração das castanhas, os frutos verdadeiros foram submetidos ao cozimento por 30 min, seguido de resfriamento. Posteriormente foram descascados manualmente e as castanhas retiradas (Figura 4) foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C , por aproximadamente 3 h. As castanhas secas foram despeliculadas por meio de atrito manual, acondicionadas em recipientes de vidro revestidos de papel alumínio e armazenadas à temperatura ambiente.

As análises físico-químicas foram realizadas de acordo AOAC (2016). Na determinação do teor de umidade os valores foram encontrados pela diferença de peso antes e após a secagem em estufa a 105°C . O teor de proteína bruta foi obtido pelo método Kjeldahl, fator de conversão ($N \times 6,25$). Na determinação de lipídeos houve a extração em aparelho Soxhlet, usando éter etílico como solvente, a

temperatura de 80°C e extração contínua por 4 h. O teor de cinzas deu-se por incineração em mufla a temperatura de 550° durante 6 h.

Figura 3- Processamento do pseudofruto e da castanha de cajuzinho-do-cerrado



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 4 - Castanha do cajuzinho-do-cerrado removido da casca



Fonte: Dos autores, 2023.

Para os valores de carboidratos e valores energéticos foram considerados as Equações 1 e 2 mencionadas abaixo.

$$\text{Carboidratos totais} = 100 - (g \text{ de gordura} + g \text{ de proteína} + g \text{ de cinzas}) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{Energia (Kcal / 100g)} = 4 \times (g \text{ proteínas} + g \text{ carboidratos}) + 9 \times (g \text{ de lipídeos}) \quad (\text{Eq. 2})$$

A acidez titulável foi determinada através do método de volumetria com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, tendo como indicador solução de fenolftaleína e os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico. Os teores de ácido ascórbico foram determinados usando o método de Tillmans, baseando-se na redução de 2,6-diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico. Os resultados foram expressos em mg/100g de ácido ascórbico.

Na determinação de cor utilizou-se o colorímetro portátil Konica Minolta modelo CR-400 com escala do sistema de cor CIELab, sendo avaliados os parâmetros L*, luminosidade, em escala de 0 (preto) a 100 (branco), a* (escala de tonalidades de verde a vermelho) e b* (escala de tonalidades de azul a amarelo).

Na análise estatística o experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e os resultados expressos por média \pm desvio padrão. As médias foram analisadas por análise de variância (ANOVA) seguido pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância com o auxílio do software R versão 4.1.1 (R CORE TEAM, 2020).

Resultados e Discussão

A cor é um importante atributo de qualidade nas indústrias de alimentos e bioprocessos, pois influencia na escolha e preferência do consumidor. A cor dos alimentos é governada pelas mudanças químicas, bioquímicas, microbianas e físicas que ocorrem durante o crescimento, maturação, manuseio pós-colheita e processamento. O parâmetro L* está relacionado ao brilho nas amostras, um aspecto visual da qualidade que do lado de fora da fruta inteira tende a ser um atributo desejável. O parâmetro a* mede a coloração verde/vermelha das frutas e o parâmetro b* mede a coloração azul/amarelada das frutas, coordenadas essas influenciadas pela presença de carotenoides (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013).

Os dados obtidos nas análises de parâmetro de cor, determinação da composição centesimal, acidez e teor de vitamina C do cajuzinho *A. humile* estão descritos na Tabela 1.

Conforme os dados verificados na Tabela 1, observou-se que o parâmetro L* no caju amarelo foi superior ($65,50 \pm 2,71$), seguido pelo caju vermelho ($52,60 \pm 5,20$) e pela castanha ($55,72 \pm 8,84$) que não se diferiram estatisticamente. Já em relação ao parâmetro a*, o caju denominado visualmente como vermelho apresenta a maior média ($23,93 \pm 5,61$) como esperado. Em relação ao parâmetro b*, o caju amarelo apresentou maior média ($56,59 \pm 3,15$), também como era esperado.

Tabela 1 – Parâmetros de core composição centesimal do cajuzinho-do-cerrado

Parâmetros de cor	Caju amarelo	Caju vermelho	Castanha de caju
L*	65,50 ± 2,71 a	52,60 ± 5,20 b	55,72 ± 8,84 b
a*	-0,03 ± 0,42 c	23,93 ± 5,61 a	5,23 ± 2,54 b
b*	56,59 ± 3,15 a	31,86 ± 6,19 b	15,49 ± 3,96 c
Umidade (g/100 g)	80,12 ± 0,85 b	82,86 ± 1,02 a	8,38 ± 2,27 c
Proteínas (g/100 g)	2,24 ± 0,34 c	3,38 ± 0,33 b	20,20 ± 0,42 a
Lipídeos (g/100 g)	0,23 ± 0,02 b	0,26 ± 0,02 b	10,95 ± 0,79 a
Cinzas (g/100g)	0,41 ± 0,08 b	0,46 ± 0,09 b	2,02 ± 0,18 a
Carboidratos (g/100 g)	17,00 ± 1,18 b	13,04 ± 0,89 c	58,45 ± 2,93 a
Valor calórico (kcal)	79,05 ± 3,29 b	68,00 ± 4,40 c	413,13 ± 7,57 a
Acidez (mg de ácido cítrico g/100)	1,40 ± 0,40 a	1,21 ± 0,18 a	0,36 ± 0,06 b
Vitamina C (mg/100 mL)	104,58 ± 13,08 a	96,37 ± 12,45 a	98,71 ± 4,24 a

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Valores expressos por média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

O caju vermelho possui umidade alta ($82,86 \pm 1,02$) comparado ao caju amarelo e a castanha. Segundo Rocha *et al.* (2013), os frutos do Cerrado possuem em média 82,60% de umidade. No estudo de Carrele *et al.* (2021) sobre cajuzinho-do-cerrado mato-grossense, a umidade encontrada foi de 84,79%, tais valores são considerados semelhantes ao do presente trabalho. É importante salientar que valores altos de umidade representam um dos motivos do fruto apresentar facilidade em ser um produto perecível.

As frações do pseudofruto do cajuzinho apresentam baixos teores de proteínas e lipídeos, uma vez que, esses valores estão presentes em maiores quantidades na castanha que totalizou $20,20 \pm 0,42$ g/ 100g. Segundo Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2016) o teor de proteína bruta encontrada na castanha do *Anacardium occidentale* foi de 21,3% valor próximo ao deste trabalho. Por sua vez, Freitas (2009) afirmou que na castanha do Caju tradicional havia 18,81 g de proteínas em 100 g e Griffin e Dean (2017) mencionaram o valor de 17,5% de proteína para a castanha de caju, valores ligeiramente inferiores ao cajuzinho-do-cerrado deste trabalho.

Estudos realizados por Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2016) apresentaram teores totais de lipídeos de 48,27 g/ 100g no caju (*A. occidentale*). Por sua vez Griffin e Dean (2017), informaram que nas amostras do *A. occidentale* o valor foi de 46,4% nas castanhas torradas e secas. Tais resultados são muito superiores, quando comparados com o cajuzinho-do-cerrado que atingiu teor de $10,95 \pm 0,79$ em 100 g.

Nas mesmas pesquisas citadas anteriormente, Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2016) e Griffin e Dean (2017), observaram valores de carboidratos de 20,9 g/ 100 g, e 31,0 % respectivamente no Caju (*A. occidentale*), valores estes inferiores ao da pesquisa do cajuzinho-do-cerrado ($58,45 \pm 2,93$). Já em relação ao pseudofruto, o teor de carboidratos encontrados no pseudofruto amarelo foi $17,00 \pm 1,18$ e $13,04 \pm 0,89$ para o vermelho, resultados similares aos da análise feita por Rocha *et al.* (2013) de $15,7 \pm 4,9$ em 100 g de porção.

O teor de cinzas é de grande importância nos alimentos, já que indica a quantidade de minerais presentes no mesmo (SILVA, 2020). Este teor foi encontrado em maior quantidade na castanha ($2,02 \pm 0,18$) g / 100 g. Nas partes das variedades do pseudofruto os valores de cinzas são de $0,41 \pm 0,08$ e $0,46 \pm 0,09$ em 100 g de porção. Tais valores são inferiores ao reportado por Silva (2020) que destacou teores de 3,81% cinzas no cajuzinho-do-cerrado.

Valores de proteínas, carboidratos e lipídios justificam a castanha possuir maior valor calórico de $413,13 \pm 7,57$ kcal, já que estes teores estão mais presentes nas castanhas do que pseudofruto. Adicionalmente a quantidade de valor calórico do pseudofruto das cores amarelo e vermelho de $79,05 \pm 3,29$ e $78,00 \pm 4,40$ kcal são ligeiramente superiores a pesquisa feita por Rocha *et al.* (2013) que relatou valores de $69,9 \pm 9,8$ kcal para o cajuí.

Segundo Souza *et al.* (2012) a acidez nos frutos é um dos critérios que afeta a sua classificação mediante ao sabor. Frutas com teores de ácido cítrico variando de 0,08% a 1,95% podem ser classificadas como sabor suave, assim, consumi-las em forma de frutas frescas, seja positivamente aceita pelo consumidor. Ambas as variedades dos cajuzinhos amarelo e vermelho contêm acidez de $1,40 \pm 0,40$ e $1,21 \pm 0,18$, mg de ácido cítrico em 100 g, respectivamente, ou seja, valores dentro do padrão de aceitabilidade. Silva (2020) informou valores inferiores no cajuzinho *in natura* ($0,07 \pm 0,04$ mL/g).

As diferenças existentes nos resultados dos frutos estudados e nos mencionados na literatura podem ser decorridas do solo ou nutrição da planta, uma vez que segundo Natale *et al.* (2012), especialmente no caso da fruticultura, esses quesitos são fundamentais, já que influenciam em aspectos ligados à qualidade dos frutos, como cor, sabor, tamanho, aroma, aparência, etc.

O ácido ascórbico é necessário para a adequada formação e manutenção do material intercelular, especialmente o colágeno. Em uma pessoa com deficiência de ácido ascórbico, as células endoteliais dos capilares não têm força normal. Da mesma forma, a dentina dos dentes e o tecido ósseo dos ossos não se formam bem. Além disso, essa propriedade de fixação celular explica a má cicatrização e o lento processo de cicatrização de feridas observado em pessoas com deficiência de ácido ascórbico. Sendo assim se julga necessário o consumo e absorção desta vitamina (LATHAM, 2002).

De acordo Ramful *et al.* (2011) a vitamina C em extratos de polpa é dada pelas seguintes classificações: baixo (<30 mg/ 100g), médio (30–50 mg/ 100 g) e alto (>50 mg/ 100 g). No presente

estudo, notou-se que o *A. humile* apresentou valores em média de 99,87 mg/ 100g no pedúnculo e na castanha, sendo assim, considerado como fruto que possui alto teor de ácido ascórbico. Silva (2020), encontrou 84,32 mg/ 100 g na composição do cajuzinho-do-cerrado *in natura*, valor um pouco abaixo deste estudo.

Ao averiguar outros frutos popularmente conhecidos por possuir vitamina C, notou-se que, por exemplo, no limão tahiti o valor é de 38,2 mg de ácido ascórbico em 100 mL (TACO, 2011). Estudos realizados por Coelho *et al.* (2019) sobre a laranja Pêra afirmou que a quantidade de vitamina C na laranja foi de 53,39 no cultivo orgânico e 53,73 mg ácido ascórbico no cultivo convencional. Sendo assim, o cajuzinho-do-cerrado se destaca por possuir teor de vitamina C elevado, superior ao de frutos considerados boas fontes dessa vitamina.

Conclusão

Em relação aos parâmetros de cor a luminosidade é superior no caju amarelo, a* no caju vermelho e b* no caju amarelo. O caju vermelho apresenta a maior umidade, a castanha apresenta maiores valores de proteínas, lipídeos, cinzas, carboidratos totais e valor calórico. Ambos os cajus, amarelo e vermelho, contêm maior teor de acidez. Notou-se também que o fruto possui alto valor de ácido ascórbico (média de 99,87 mg/100g), tanto no pedúnculo quanto a castanha.

Conclui-se que o cajuzinho-do-cerrado apresenta características interessantes tanto para o consumo *in natura*, quanto para o desenvolvimento de novos produtos. Com isso, se faz necessário o reconhecimento da importância que o Cerrado brasileiro tem no país, chamando a atenção para sua valorização. Esperamos que este trabalho contribua para a divulgação científica do cajuzinho-do-cerrado, fazendo com que este fruto tenha maior visibilidade pela população que não sabia da sua existência ou não o reconhecia por sua potencialidade e seja valorizado por possuir propriedades nutricionais que até então eram desconhecidas, além disso, contribuindo para que o fruto possa ter a possibilidade de ser explorado de forma sustentável para na elaboração de novos produtos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Pró-Reitoria de Pesquisa (PRPq) da UFMG, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Agradecemos também aos agroextrativistas do município de Bonito de Minas pelo aprendizado, coleta e disponibilização dos

frutos para este trabalho.

Referências

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 20 ed. Gaithersburg: AOAC, 2016. 3172p.

CARELLE, J. S. *et al.* Composição nutricional de frutos do Cerrado mato grossense: cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.-Hil.), curriola (*Pouteriaramiflora* (Mart.) Radlk.) e inharé (*Brosimum gaudichaudii* Trécul). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 80, p. 1- 8, 2021.

COELHO, B. E. S. *et al.* Atributos físico-químicos de frutos de laranja 'Pêra' produzidos sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 128-137, 2019.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Brasília, 2022. **Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 07 mai. 2023.

FREITAS, J. B. **Qualidade nutricional e valor protéico da amêndoa de baru em relação ao amendoim, castanha-de-caju e castanha-do-pará**. 2009. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

GONÇALVES, M. A. B. *et al.* Aguardente de cajuzinho-docerrado: produção e análises físicas e químicas. **Revista Processos Químicos**, v.3, n.6, p. 31-35, 2009.

GRIFFIN, L. E.; Dean, L. L. Nutrient composition of raw, dry-roasted, and skin-on cashew Nuts. **Journal of Food Research**, v. 6, n. 6, p. 13-28, 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. –Rio de Janeiro: IBGE, 2019 168p. (Relatórios metodológicos, INSS 0101-2843; v. 45).

JÚNIOR, J. P. L. ***Anacardium humile* como uma nova fonte de moléculas antioxidantes, antiglicantes e inibidoras de α -amilase com potencial para o controle do estresse oxidativo e do diabetes mellitus**. 2021. 95f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Estrutural Aplicadas) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

LATHAM, M. C. **Nutrición humana en el mundo endesarrollo**, 1. Ed. Roma:Fao, 2002, 508p.

LUZ, C. L. S. ***Anacardiaceae* R. Br. na flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. 2011. 94f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MARTINS, C. F. **Iogurtes produzidos com cajuí e coquinho azedo**. 2012.37f. Dissertação (Mestrado Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

MAPA. MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO. **Estatística de comércio exterior do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/> Acesso em: 10 de abr. 2023.

MONTEIRO, A. O. **Valorização do cajuzinho-do-cerrado: memória involuntária e memória gustativa**. 2018, 120 f. Dissertação. (Mestrado em Agronegócio) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

NATALE, W. *et al.* Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 1294-1306, 2012.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Tecnologia de alimentos e bioprocessos**, v. 6, n. 1, p. 36-60, 2013.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 16 mai. 2023.

RAMFUL, D. *et al.* Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. **Food research international**, v. 44, n. 7, p. 2088-2099, 2011.

RICO, R.; BULLÓ, M.; SALAS-SALVADÓ, J. Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale L.*) kernels from different origin. **Food Science & Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 329-338, 2016.

ROCHA, M. S. *et al.* Caracterização físico-química e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n.4, p. 933-941, 2013.

SILVA, J. A. *et al.* Coleta de sementes, produção de mudas e plantio de espécies frutíferas nativas dos Cerrados: informações exploratórias. **Centro de pesquisa agropecuária dos Cerrados**, n. 44, p. 1-21, 1992.

SILVA, N. C. C. *et al.* **Avaliação Físico-Química do cajuzinho-do-cerrado após o processo de desidratação osmótica seguido de secagem**. 2020. 35f. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Tecnologia em Alimentos) – Campus Morrinhos, Instituto Federal Goiano, Morrinhos, 2020.

SILVA-LUZ, C. L. *et al.* *Anacardiaceae* in Flora e Funga do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB44>. Acesso em: 07 mai. 2023.

SOUZA, V. R. *et al.* Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS / NEPA- UNICAMP. 4. ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011. 164 p.

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A. Effects of logging, liana tangles and pasture on seed fate of dry forest species in Central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 230, n. 1-3, p. 197-205, 2006.

PARTE 3

ENGENHARIA:

Desenvolvimento, modelagem, simulação, controle e automação de processos e operações



Foto: Victor Maurício, 2019.

CAPÍTULO 1

Parâmetros de secagem do coproduto da agroindústria de coquinho azedo (*Butia capitata*)

Claysse Aparecida Alves Machado¹; Maria Amanda do Carmo Souza²; Tatiane Pereira da Silva²;
Debora Maria Barbosa Souza²; Milton Nobel Cano Chauca³; Claudia Regina Vieira*³

Resumo

O Cerrado brasileiro é rico em frutos com características e sabores marcantes, que vêm sendo explorados para aplicação em produtos alimentares. O coquinho azedo é um fruto proveniente da palmeira *Butia capitata*, ocorrendo tipicamente nessa região e que apresenta alto teor de fenólicos totais, demonstrando grande potencial em compostos bioativos. No processamento, os resíduos decorrentes do despulpamento podem ser reaproveitados e também aplicados, uma vez que são ricos em minerais e vitaminas. A secagem como método de conservação proporciona aos alimentos menor deterioração microbiológica, influenciando na sua durabilidade e mostrando-se uma interessante técnica para a aplicação no resíduo de coquinho azedo. Foram utilizados os resíduos provenientes do processamento do fruto, fornecidos pela cooperativa Grande Sertão, localizada na cidade de Montes Claros. Inicialmente, foi determinado o teor de umidade na amostra *in natura* por secagem em estufa à 105 °C até peso constante, sendo obtido um valor de 67,65 %. Os resíduos foram submetidos à técnica de secagem em leito fixo nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C durante 150 minutos, a fim de se avaliar a curva de secagem desse material. A análise de umidade foi realizada com o resíduo *in natura*. O melhor tempo de secagem para as temperaturas de 45 °C e 55 °C foram de 121,30 e 111,59 minutos, respectivamente. A curva de 65 °C apresentou o melhor modelo exponencial para a secagem, com um coeficiente de determinação de 0,8311 e tempo de secagem de 48,17 minutos, sendo dentre as três, a mais otimizada para o processo. A análise permitiu chegar a melhor curva da amostra e binômio tempo/temperatura, e será posteriormente submetida a análises de composição nutricional para avaliação da influência do calor em suas propriedades nutritivas, bem como processada para produção de farinha e aplicação tecnológica em produtos de panificação.

Palavras-chave: Cerrado. Cinética. Conservação. Reaproveitamento. Resíduo.

¹ Discente do Curso de Mestrado em Alimentos e Saúde; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

² Discente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Docente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: crvieira@ica.ufmg.br

Introdução

O coquinho azedo é um fruto proveniente da palmeira *Butia capitata*, que ocorre tipicamente no Cerrado brasileiro. Os frutos são formados em cachos, são arredondados e apresentam coloração amarelada quando maduros. De acordo com Nascimento *et al.* (2020) o coquinho apresenta alto teor de fenólicos totais, demonstrando grande potencial em compostos bioativos.

Os frutos do Cerrado possuem grande riqueza nutricional e vem, progressivamente, sendo estudados e caracterizados para aplicação na produção de gêneros alimentícios, colaborando com a produção de produtos saudáveis e a valorização da região produtora. Segundo a Embrapa (2010a), devido ao seu sabor e alto valor nutritivo, o coquinho azedo tem uma ampla aceitação no mercado e, durante a safra, sua comercialização é uma importante fonte de renda para os agroextrativistas no comércio, como o da região Norte de Minas Gerais.

Visando aprofundar ainda mais essa temática, a utilização também dos coprodutos provenientes do processamento desse fruto se faz importante, uma vez que colabora com a diminuição das perdas e reaproveitamento de partes que possuem minerais e nutrientes de considerável valor nutricional para a indústria alimentícia.

Pereira *et al.* (2021), em estudo que realizaram a composição de carotenoides em farinha de coquinho azedo, relatam que o teor de α -caroteno e β -caroteno da farinha de coquinho-azedo é altamente superior a todos os vegetais. Da soma das frações de carotenóides detectadas, o da farinha de coquinho-azedo tem um teor maior que a das hortaliças em comparação e, conseqüentemente, um maior teor de equivalente vitamina A. De acordo com Sousa *et al.* (2022), as tecnologias de secagem auxiliam na preservação de compostos bioativos e nutrientes por mais tempo, melhorando a segurança alimentar e reduzindo as perdas pós-colheita.

Segundo a Embrapa (2010b), o conteúdo de água de um alimento é o principal fator causador da deterioração por microrganismos e alterações por reações químicas e enzimáticas. Assim, a diminuição desse conteúdo é um modo de conservação do alimento. A fim de se utilizar os resíduos do processamento do coquinho azedo, a secagem se mostra uma técnica de preservação interessante, pois permite que este material possa ser utilizado e armazenado por maiores períodos de tempo, inclusive na entressafra do fruto.

A secagem consiste na aplicação de calor por determinado período de tempo, visando reduzir a quantidade de água presente no material, diminuindo reações que degradam o alimento, em especial as microbiológicas. Portanto, segundo Galaz *et al.* (2017), a secagem prolonga a vida útil da matéria-prima e minimiza o custo de manuseio e distribuição. De acordo com a Embrapa (2010b), o alimento

desidratado se mostra nutritivo, pois o valor alimentício do produto concentra-se por causa da perda de água.

Dentre os diversos métodos de secagem, conforme Silva *et al.* (2021), nos secadores de leite fixo, o produto fica estático durante a secagem e o ar aquecido é forçado a passar pela massa do produto. Pode ser utilizada em camada fina, possui baixo custo de implantação, configuração simples, e não requer um maior gasto de energia para movimentar todas as partes do leite, além de minimizar os danos mecânicos ao material, se mostrando um bom método para secagem de alimentos.

Justi (2012) cita que a aplicação de modelos matemáticos auxilia na representação da perda de umidade do produto, que ocorre durante o processo de secagem. Desse modo, o ajuste das curvas de secagem auxilia na determinação do binômio tempo/temperatura de secagem de uma amostra fornecendo dados e auxiliando na visualização da dinâmica do processo.

Uma alternativa para incentivar e facilitar o consumo e aplicação de frutas regionais é o preparo da farinha, conforme Pereira *et al.* (2021). A farinha se mostra como um produto versátil, sendo possível ser aplicada em substituição parcial à farinha de trigo em diversos produtos de panificação, como bolos, pães, massas, biscoitos, dentre outros, que são de fácil comercialização e apresentam alta disponibilidade no mercado.

Deste modo, o trabalho realizado teve por objetivo avaliar a cinética de secagem em leite fixo dos frutos da *Butia capitata* utilizando diferentes temperaturas, aliando-se à análise da curva de secagem pelo comportamento da amostra durante o binômio tempo-temperatura, de modo a determinar as melhores condições de secagem para a realização do processo e posterior produção de farinha para aplicação em produtos de panificação.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Tecnologia de Produtos Vegetais e Análise Sensorial do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, *Campus* Montes Claros, no período de maio e junho de 2023.

Material Experimental

Como matéria prima, foi utilizado o resíduo advindo da produção de polpa do coquinho azedo, fornecido pela Cooperativa Grande Sertão, localizada no mesmo Município. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos sob congelamento (- 6 °C) até o início do experimento, a fim de preservar suas características nutricionais e microbiológicas.

As amostras foram retiradas do congelamento com antecedência de 24 horas para a realização das análises, conservadas sob refrigeração (2 a 4 °C). No dia das análises, as amostras foram mantidas a temperatura ambiente por duas horas, antes das pesagens.

Determinação de umidade

O teor de água inicial do resíduo foi determinado pela perda de massa da amostra *in natura*, por aquecimento em estufa com circulação de ar à 105 °C até peso constante (IAL, 2008).

Parâmetros de secagem do resíduo de coquinho azedo

A secagem foi baseada na metodologia descrita por Cano-Chauca *et al.* (2004), com modificações, em um desidratador de alimentos (Marca Pardal Tec.) (Figura 1). Inicialmente, 50g do resíduo foram espalhados de forma uniforme sobre as cinco bandejas do desidratador, forradas com tecido de algodão (Figuras 2 e 3). O desidratador foi previamente aquecido por 60 minutos e as bandejas com a amostra foram dispostas verticalmente em seu interior (Figura 4). A secagem ocorreu por 150 minutos e, durante o experimento, foram realizadas pesagens periódicas em balança semi-analítica (Marca Marte – Modelo BL3200H), de 15 em 15 minutos, até o tempo final (Figura 5).

O experimento foi realizado em três repetições em dias diferentes para cada uma das três temperaturas de secagem, sendo elas 45°C, 55°C e 65°C.

As curvas de cinética de secagem foram ajustadas seguindo o modelo exponencial que relaciona a umidade adimensional (teor de umidade/teor de umidade inicial) e o tempo de secagem (CANO-CHAUCA *et al.*, 2004).

O modelo exponencial (Equação 1) foi ajustado para os dados experimentais mediante análise de regressão não-linear.

$$\frac{U}{U_0} = \exp(-kt) \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

U= teor de umidade no tempo t (% base úmida).

U₀= teor de umidade inicial (% base úmida).

k= constante de secagem

t= tempo de secagem (minutos)

Figura 1 - Desidratador de alimentos - Marca Pardal Tec



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 2- Bandeja preparada com tecido de algodão para receber a amostra da secagem



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 3 - Amostras dispostas de forma uniforme nas bandejas, sobre o tecido de algodão



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 4 - Bandejas dispostas na secadora de alimentos



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 5 - Amostra de resíduo de coquinho azedo após 150 minutos de secagem



Fonte: Dos autores, 2023.

Análise de dados

Os dados das pesagens foram tabulados para análise das curvas de secagem do resíduo, por meio da geração de gráficos no Microsoft Office Excel[®] (2023).

Resultados e Discussão

Nas Figuras 5, 6 e 7 é possível observar os gráficos da variação do teor de umidade adimensional (U/U_0) do resíduo de coquinho azedo em função do tempo de secagem, em minutos.

O resíduo de coquinho azedo apresentou umidade inicial de 67,65 %. Conforme a RDC N° 711, de 1° de Julho de 2022 (BRASIL, 2022), os amidos, os farelos e as farinhas devem cumprir o limite máximo de umidade de 15 %, no caso de amidos de cereais, farelos e farinhas, estando as amostras analisadas abaixo dessa porcentagem ao final do processo.

As curvas de secagem mostram que o processo de perda de água é mais acentuado no intervalo inicial de 0 a cerca de 60 minutos, devido à presença de parte significativa de umidade livre na superfície da amostra. Segundo a Embrapa (2010b), a amostra inicialmente se adapta às condições de secagem e sua temperatura atinge um valor constante, sendo igual à temperatura de bulbo úmido do ar, enquanto a água livre estiver sendo evaporada.

No intervalo acima citado, a superfície exposta do alimento está saturada, existindo um filme contínuo de água sobre o sólido, facilitando a secagem. A partir desse período, ainda de acordo com a Embrapa (2010b), na fase decrescente há cada vez menos líquido na superfície do sólido para evaporar e a umidade do alimento diminui até alcançar a umidade de equilíbrio para as condições de temperatura e umidade relativa do ar. Quando a umidade de equilíbrio é atingida, cessa-se o processo de secagem. Isso foi observado neste experimento em 150 minutos.

Observa-se que para atingir menores valores de umidade, para as três temperaturas, foi necessário um tempo máximo total de processo de 150 minutos, com estabilização em torno de 90 minutos para a secagem mais branda (45°C), 60 minutos para a temperatura intermediária (55°C) e 75 minutos para a temperatura mais elevada (65 °C), sendo esta última, a que levou a amostra à menores teores de umidade.

Aplicando o modelo exponencial (Equação 1) para os dados experimentais mediante análise de regressão não-linear, foram obtidos os resultados apresentados nas Equações 2, 3 e 4.

Para secagem 45 °C:

$$\frac{U}{U_0} = 1,0745e^{-0,013t} \quad R^2 = 0,9752 \quad (\text{Eq. 2})$$

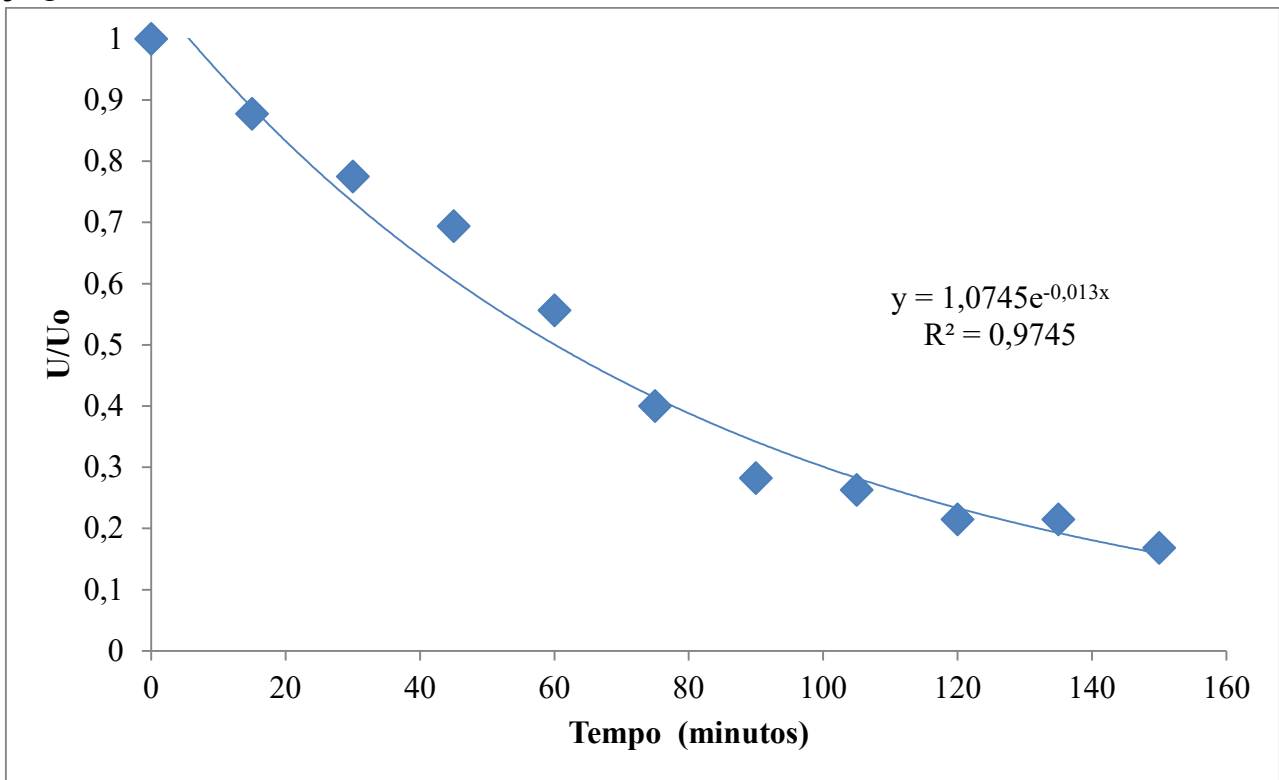
Para secagem 55 °C:

$$\frac{U}{U_0} = 0,8476e^{-0,012t} \quad R^2 = 0,8353 \quad (\text{Eq. 3})$$

Para secagem 65 °C:

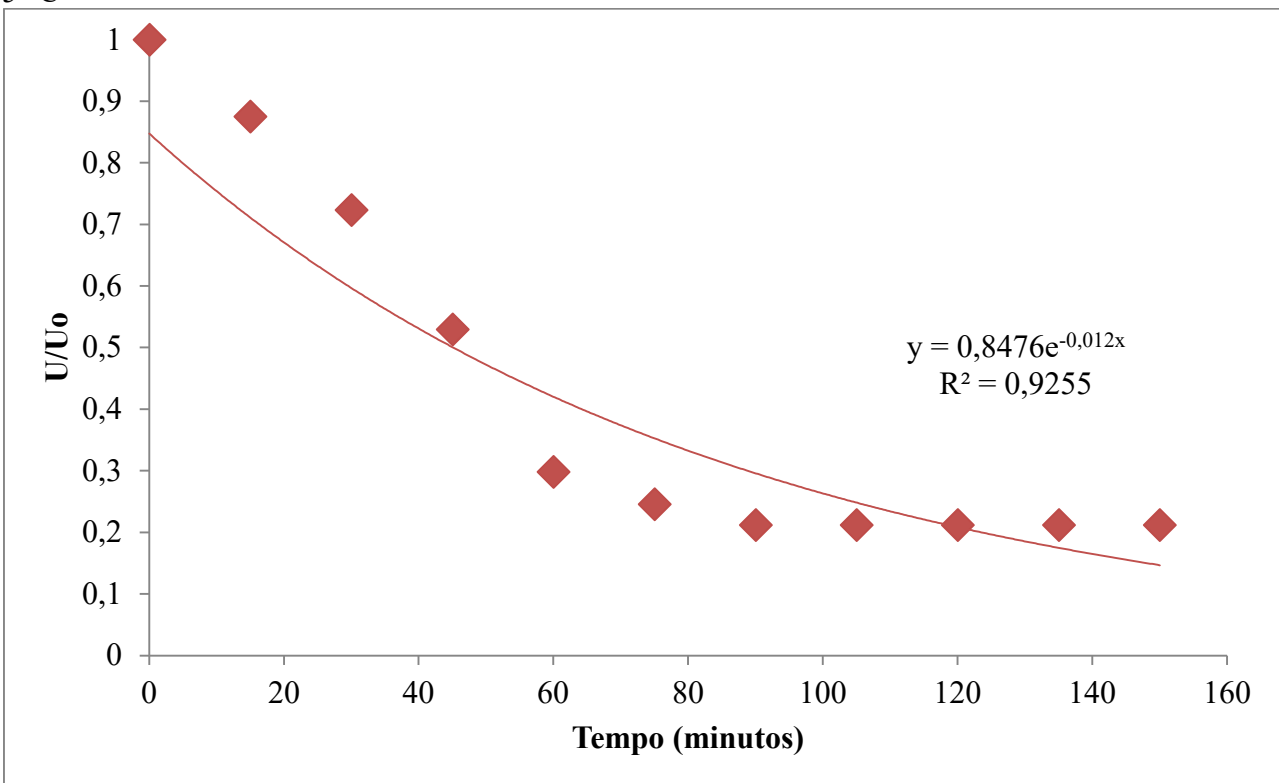
$$\frac{U}{U_0} = 0,9419e^{-0,03t} \quad R^2 = 0,8311 \quad (\text{Eq. 4})$$

Figura 5 - Variação do teor de umidade adimensional durante secagem do resíduo de coquinho azedo a 45 °C



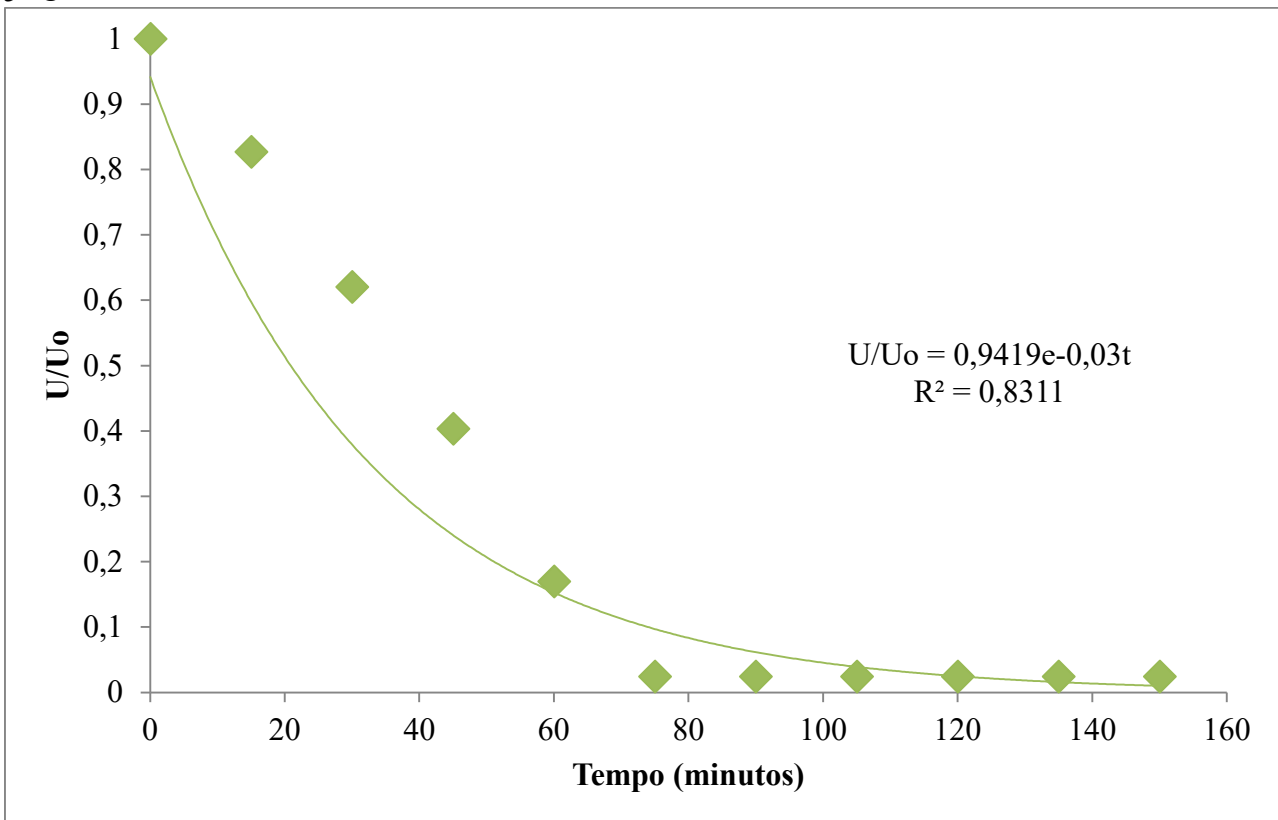
Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 6 - Variação do teor de umidade adimensional durante secagem do resíduo de coquinho azedo a 55 °C



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 7 – Variação do teor de umidade adimensional durante secagem do resíduo de coquinho azedo a 65 °C



Fonte: Dos autores, 2023.

Através dos modelos exponenciais obtidos, os resultados obtidos mostraram que foram necessários tempos de 121,30; 111,59 e 48,17 minutos para reduzir o teor de umidade da amostra até 15 % para as temperaturas de 45, 55 e 65 °C, respectivamente. O comportamento da curva de secagem a 65 °C mostrou-se o mais satisfatório do ponto de vista industrial, uma vez que os índices de umidade requeridos são obtidos em menos da metade do tempo necessário para as demais temperaturas. Em comparação à secagem à 55 °C, a diferença foi de 63,42 minutos e, à secagem de 65 °C, 73,13 minutos. Infere-se que o incremento de 10 °C na temperatura de secagem possibilitou uma redução do tempo de secagem em 131,65 % e que o incremento de 20 °C possibilitou uma redução do tempo de secagem em 151,82 %.

Os resultados obtidos corroboram com o estudo feito com a secagem de cevadilha vacariana por Oliveira *et al.*, (2016) em que os autores citam que o aumento no valor da temperatura do ar promove uma diminuição na umidade relativa do ar de secagem e ocasiona um aumento na diferença de concentração de umidade existente entre o ar de secagem e o material sólido, aumentando assim a força motriz do processo de transferência de massa e uma diminuição no tempo de secagem. Fato semelhante foi observado por Honório (2022) em seu estudo de secagem da Gueroba do cerrado nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C em que o menor tempo de secagem foi obtido com a maior temperatura aplicada.

Rabêlo *et al.* (2008), realizaram a determinação da curva de secagem mediante determinação de umidade inicial e final da amêndoa, em estufa de secagem com circulação forçada de ar quente, sob condições de temperatura controlada a 60 e 70 °C. Resultados semelhantes foram observados pelos autores, uma vez que nos primeiros 20 minutos de secagem, ocorreu decréscimo acentuado na umidade do produto. Após 40 minutos, a umidade das amêndoas foi reduzida para 10,2 e 8,2%, quando submetidas às temperaturas de 60 e 70 °C, respectivamente. A partir deste tempo, para ambas as temperaturas, observou-se a tendência de estabilização da umidade. Os autores sugeriram o binômio tempo/temperatura de secagem das amêndoas de 70 °C por 60 minutos, pois conferiu ao produto atividade de água em torno de 0,60 em menor tempo secagem.

Couto (2015), através do uso de secador convectivo de bandejas, determinou a curva de secagem do pequi e do araticum em três temperaturas diferentes, de 50, 60 e 70 °C, dispostas paralelamente a um fluxo de ar constante. A temperatura mais aceita foi de 70 °C para ambos os frutos. Foi verificado que a viabilidade econômica do processo de desidratação a 70 °C, determinando-se o consumo de energia elétrica do desidratador, e propôs uma estratégia de produção desses frutos desidratados aplicado ao caso do pequeno produtor. Sendo assim, propõe-se um estudo posterior para verificar a viabilidade econômica da secagem do coquinho azedo para confirmar o binômio tempo-temperatura de 65°C por 48,17 minutos, como sendo o adequado a esse processo.

Em relação aos coeficientes de determinação (R^2), o modelo na secagem à 45 °C foi o que melhor se ajustou a à amostra, com 97,52 % da variância. Ainda assim, os demais modelos se adequaram bem à amostra, com variância acima de 80 % em ambos os casos.

Conclusão

A análise da curva de secagem do resíduo do coquinho azedo permitiu avaliar o melhor binômio temperatura/tempo para a secagem do resíduo de coquinho azedo, de modo a se produzir uma farinha a ser aplicada em produtos de panificação com menor custo e maior rapidez de produção. Estudos posteriores avaliarão a influência da secagem na composição de vitaminas e minerais presentes no resíduo, de modo a avaliar também se a curva escolhida é viável em relação à preservação das características nutricionais do mesmo. Além disso, um estudo sobre a viabilidade econômica do processo de secagem, bem como o rendimento da produção do coproduto em farinha se faz necessário a fim de agregar renda para os pequenos produtores e beneficiadores desse fruto.

Agradecimentos

À Cooperativa Grande Sertão pela disponibilização da matéria-prima utilizada nessa pesquisa e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

Referências

BRASIL. RDC Nº 711, de 01 de julho de 2022. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_711_2022_.pdf/f9212b72-7d2d-451f-b21b-7a7fb9b94a81. Acesso em: 15 jun. 2023.

CANO-CHAUCA, M. N. *et al.* Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim Ceppa**, v. 22, n. 1, p. 121-132, 2004.

COUTO, M. L. B. G. **Estudo do processo de secagem de frutos do cerrado em secador de bandejas com circulação forçada de ar**. 2015. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Tecnológica) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.

EMBRAPA. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do coquinho azedo**. 1 ed. Digital. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010a. 60 p.

EMBRAPA. **Princípios da secagem de alimentos**. 1 ed. Digital. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010b. 49 p.

GALAZ, P. *et al.* Effect of drum drying temperature on drying kinetic and polyphenol contents in pomegranate peel. **Jornal of Food Engineering**. v. 208, p. 19-27, 2017.

HONÓRIO, J. S. **Qualidade da farinha produzida da gueroba do cerrado em diferentes condições de secagem**. 2022. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2022.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.

JUSTI, P. N. **Valorização de frutos do cerrado: Desenvolvimento de tempero em pó de pequi**. 2012. 45 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012.

MICROSOFT®. **Microsoft Office Excel®**. Microsoft Corporation, 2023. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/excel>. Acesso em: 03 jun. 2023.

NASCIMENTO, A. L. A. A. *et al.* Chemical characterization and antioxidant potential of native fruits of the Cerrado of northern Minas Gerais. **Brazilian Journal Of Food Technology**, v. 23, p. e2019296, 2020.

OLIVEIRA, L. C. *et al.* Análise da secagem de cevadilha vacariana (*bromus auleticus* t.) em leito fixo com escoamento de ar paralelo. In **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS**

PARTICULADOS - ENEMP, XXXVII., 2015, São Paulo. **Anais[...]**. São Paulo: Blucher, 2015. p. 1554-1563.

PEREIRA, G. S. L. *et al.* Proximate, mineral and carotenoid composition of coquinho-azedo flour. **International Journal Of Development Research**, p. 49967-49971, 2021.

RABÊLO, A. M. S. *et al.* Extração, secagem e torrefação da amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 868-871, 2008.

SILVA, A. B. S. *et al.* Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 10, p. 85-105, 2021.

SOUSA, A. P. M. *et al.* Parâmetros de qualidade física e química do eixo central, mesocarpo e semente de jaca submetidos a diferentes processos de secagem. **Research, Society And Development**, v. 11, n. 4, p. e34311427328, 2022.

CAPÍTULO 2

Análise de simetrias em equações diferenciais da cinética enzimática em engenharia de alimentos

Ester Mabel de Oliveira Vieira*¹; Marilyn da Rocha Campos²; Israel Almeida Lopes³; Ronaldo Thibes¹

Resumo

Simetrias de forma geral podem ser encontradas nos mais variados aspectos da natureza e em particular no ferramental matemático para a sua descrição. Do ponto de vista matemático, simetrias são descritas por teoria de grupos. As simetrias contínuas estão associadas a quantidades conservadas e fornecem métodos de solução de equações diferenciais via teoria de Lie. Nesse trabalho, estamos interessados em simetrias de equações diferenciais utilizadas em fenômenos associados às ciências de alimentos. Especificamente, efetuamos a análise de simetrias em equações diferenciais não-lineares associadas a processos de cinemática enzimática utilizados em engenharia de alimentos. As simetrias aqui obtidas são descritas por meio de grupos finitos (simetrias discretas) e grupos de Lie (simetrias contínuas). Mostramos explicitamente como as operações de grupo deixam tanto as equações diferenciais assim também como suas soluções invariantes. Investigamos a condição de invariância de Lie contextualizada numa reação química típica da cinética enzimática juntamente com uma equação diferencial ordinária (edo) não-linear característica. Nessa edo específica, identificamos e caracterizamos um grupo finito isomorfo às operações de simetria discreta e obtemos as transformações infinitesimais que a deixam invariante, mostrando que constituem um grupo de Lie. Após a obtenção da solução geral, efetuamos a análise gráfica de soluções particulares relacionando as grandezas da cinemática enzimática envolvidas e suas simetrias.

Palavras-chave: Cinética química. Edos. Equações diferenciais não-lineares. Simetrias contínuas. Simetrias discretas

Introdução

Conceitos da matemática moderna com suas definições, propriedades e comportamento precisos podem ser constantemente vistos nas mais variadas áreas da engenharia de alimentos, tais como,

¹ Graduanda em Engenharia de Alimentos, bolsista; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

² Graduada em Matemática; Universidade Estadual Sudoeste da Bahia.

³ Graduando em Física, bolsista; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

¹ Graduado em Física; Universidade Estadual Sudoeste da Bahia.

* E-mail: ester.mabel123@gmail.com

química de alimentos, microbiologia de alimentos, processamento de alimentos e outras. Aliados a preceitos oriundos de engenharia, física, química e biologia, tais conceitos matemáticos abstratos encontram inúmeras aplicações no estudo acadêmico-científico da engenharia de alimentos. Dentre estes podemos destacar, de forma geral, as equações diferenciais ordinárias (edos) que podem ser utilizadas na modelagem de fenômenos envolvendo variáveis contínuas dependentes de um parâmetro de controle, conhecido como variável independente. Em particular, edos são frequentemente aplicadas em modelos de cinética química associados às mudanças e alterações nas propriedades de alimentos ao longo do tempo, tais na como química de alimentos, microbiologia de alimentos e processamento de alimentos. As equações diferenciais por sua vez possuem uma longa história própria, tendo surgido desde os primórdios do cálculo diferencial e integral com importantes e bem-sucedidas aplicações na ciência como um todo, possuindo como objetivo inicial a descrição de funções e variáveis reais contínuas interrelacionadas com suas taxas de variação.

Em engenharia de alimentos, contextualizada em problemas de modelagem, é comum nos deparamos com equações diferenciais de razoável complexidade, as quais muitas vezes não apresentam soluções exatas. Nesse último caso, somos levados a abordagens numéricas, realizadas a partir de computadores via algoritmos de discretização ou a análises qualitativas do comportamento das soluções. A prévia análise de simetrias se mostra útil em ambas as abordagens. Em seu dia a dia profissional, diante de pressões e demandas de mercado, nem sempre o engenheiro de alimentos se dá conta da consistência e harmonia presente nas equações diferenciais em si, tanto na correspondência com as grandezas modeladas envolvidas, descrevendo situações exatas ou aproximadas, quanto envolvendo inclusive aspectos estéticos do ferramental abstrato matemático e da natureza ao seguir leis fundamentais tais como de conservação de massa e energia.

Nesse trabalho, estudamos transformações de simetria por trás de uma equação diferencial ordinária não-linear associada à cinética enzimática em processos alimentícios, buscando resgatar significados e relações matemáticas entre as grandezas envolvidas. A ideia de simetria como invariância frente a uma dada transformação, tanto na natureza quanto na matemática, se apresenta sob distintos aspectos. É importante lembrar o caso emblemático na física fundamental que associa simetrias contínuas às leis de conservação da natureza, descrito pelo famoso teorema de Noether (NOETHER, 1918; LEMOS, 2018).

Dentre os quais exploraremos no presente trabalho transformações de simetrias discretas e contínuas presentes numa equação diferencial associada à cinética enzimática descrevendo uma reação química em processo alimentício.

As reações químicas conduzidas pelos organismos vivos são, na sua grande maioria, catalisadas enzimaticamente, compatibilizando suas taxas de variação com as exigências metabólicas. A enzima

sacarase ou invertase catalisa a hidrólise da sacarose, açúcar não redutor, em glicose e frutose, açúcares redutores, capazes de reduzir os íons férrico ou cúprico. Assim a levedura *Saccharomyces cerevisiae* por exemplo, por intermédio da sacarase, hidrolisa a sacarose resultando numa mistura equimolecular de glicose e frutose, açúcares esses que são absorvidos pela célula. A membrana plasmática é impermeável à sacarose e a levedura acaba excretando a sacarose sendo, pois, uma exoenzima, para a hidrólise ocorrer fora da célula de levedura (ATIYEH; DUVNJAK, 2003). A cinética enzimática é essencial na determinação da atividade enzimática, podendo determinar a relações para a função temperatura em alimentos perecíveis.

Nesse sentido, temos como objetivo neste trabalho analisar simetrias de uma equação diferencial não-linear associada à modelagem da atividade enzimática na sacarose visando uma melhor compreensão do correspondente processo cinemático da reação.

Material e Métodos

Do ponto de vista matemático, operações de simetria são descritas pelo conceito algébrico de grupo. Dessa forma, iniciamos essa seção com uma breve revisão de conceitos básicos de teoria dos grupos (GARCIA; LEQUAIN, 2022) e (ARRIGO, 2015), o que nos fornecerá um método propício para a análise de simetrias presentes na descrição de reações de cinemática enzimática. As operações de simetria agindo sobre uma equação diferencial podem ser compostas e, portanto, associadas às operações de grupo abstrato. De forma geral, um grupo é constituído por um conjunto não-vazio G , munido de uma operação satisfazendo três propriedades:

- i) $(a * b) * c = a * (b * c)$;
- ii) *Existe $e \in G$; tal que $a * e = e * a$, para todo $a \in G$;*
- iii) *Para todo $a \in G$, com $a \neq e$, existe $a^{-1} \in G$ tal que $a * a^{-1} = a^{-1} * a = e$.*

Quando o conjunto G é finito, dizemos tratar-se de um grupo finito ou discreto. Grupos finitos estarão, portanto, associados a simetrias discretas. Por outro lado, simetrias contínuas podem ser descritas por grupos de Lie que, além da estrutura algébrica, apresentam também uma estrutura geométrica, constituindo-se também numa variedade diferenciável (Martin, 2017). Neste trabalho, uma definição mais simples de grupo de Lie se mostra suficiente. De forma geral, grupos de Lie a um parâmetro podem ser caracterizados por transformações da forma

$$\bar{x}_i = f_i(x_j, \varepsilon), i, j = 1, 2, 3, \dots n. \quad (\text{Eq. 1})$$

onde f_i denota uma função contínua e ε um parâmetro real infinitesimal com as seguintes condições: Em primeiro lugar, tais transformações por si só devem formar um grupo. Ou seja, devem satisfazer

os axiomas citados anteriormente, onde G é o grupo com a operação de lei de composição de funções. Em segundo lugar, satisfazem ainda as seguintes propriedades adicionais:

Uma definição mais rigorosa de grupo de Lie, envolvendo o conceito geométrico de variedades diferenciáveis pode ser vista na referência (MARTIN, 2017).

- i) f_i é uma função contínua e derivável das variáveis x_j .
- ii) f_i é uma função analítica no parâmetro ε , ou seja, uma função com uma série Taylor convergente em ε .
- iii) $\varepsilon = 0$ pode sempre ser escolhido para corresponder à identidade elemento e .
- iv) A lei da composição pode ser tomada como $\varphi(a, b) = a + b$.

Resultados e Discussão

Nesta seção, aplicamos os conceitos de simetria e teoria dos grupos desenvolvidos anteriormente diretamente a uma equação diferencial não-linear associada à cinética de reações enzimáticas para obtenção de nossos resultados. Consideremos uma reação típica de cinética enzimática envolvendo dois reagentes A e B,



com as respectivas concentrações, denotadas aqui por $[A]$ e $[B]$, relacionadas entre si pela equação diferencial

$$\frac{d[B]}{dt} = K_1[A][B] - K_2[B]^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

onde K_1 e K_2 representam as constantes de velocidade da reação e t a variável de evolução temporal (tempo). Se considerarmos a situação de pequenas variações em torno de uma concentração constante $[A]$ para o reagente A e definirmos as constantes reais não nulas como,

$$C = K_1[A] \quad (\text{Eq. 4})$$

$$P = K_2 \quad (\text{Eq. 5})$$

$$[B] = U \quad (\text{Eq. 6})$$

podemos reescrever a Equação 3 como,

$$\frac{dU}{dt} = CU - PU^2 \quad (\text{Eq. 7})$$

Note que estamos diante de uma equação diferencial ordinária não linear para a função incógnita $U \equiv [B]$, representando a concentração do reagente B. Observando mais atentamente a Equação 7, podemos ver que admite as seguintes simetrias discretas:

$$a: U \rightarrow -U \quad C \rightarrow -C \quad P \rightarrow P \quad t \rightarrow -t \quad (\text{Eq. 8})$$

$$b: U \rightarrow U \quad C \rightarrow -C \quad P \rightarrow -P \quad t \rightarrow -t \quad (\text{Eq. 9})$$

bem como a sua composição:

$$c = a.b: U \rightarrow -U \quad C \rightarrow C \quad P \rightarrow -P \quad t \rightarrow t \quad (\text{Eq. 10})$$

e, naturalmente, a transformação identidade.

$$e: U \rightarrow U \quad C \rightarrow C \quad P \rightarrow P \quad t \rightarrow t \quad (\text{Eq. 11})$$

Note que a partir da composição das transformações acima podemos construir a seguinte tabela de lei de composição.

Tabela 1 - Lei de composição das Simetrias Discretas

Simetrias Discretas (identidade)	A	b	c
a	E	c	b
b	C	e	a
c	B	a	e

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: a, b, c → Elementos do grupo, e → elemento identidade

Nesse sentido, podemos ver que a composição das transformações acima reproduz a tabela de multiplicação do grupo de Klein (HALL; MARSHALL; JAMES, 1964) e (GARCIA; LEQUAIN, 2022). Logo, podemos mostrar que a lei de formação das transformações das Equação 10 gera um grupo isomorfo ao grupo de Klein também conhecido como D_2 (GARCIA; LEQUAIN, 2022), portanto, fica caracterizada a invariância da Equação diferencial 7 frente ao grupo de Klein.

Além da simetria discreta das Equação 10 acima, a Equação 7 também apresenta uma simetria contínua. De fato, se ε representa um parâmetro real infinitesimal, efetuando a transformação.

$$t \rightarrow \tilde{t} = t \quad (\text{Eq. 11})$$

$$U \rightarrow \bar{U} = U + \varepsilon e^{-Ct} U^2 \quad (\text{Eq. 12})$$

notamos que a derivada se transforma como,

$$\frac{dU}{dt} \rightarrow \frac{d\bar{U}}{dt} = \frac{dU}{dt} - eC e^{-Ct} U^2 + 2 e^{-Ct} U \frac{dU}{dt} \quad (\text{Eq. 13})$$

e a Equação 7 é levada nela mesma, ou seja, permanece invariante, caracterizando uma simetria contínua.

Em seguida obteremos a solução geral da edo da Equação 7 e efetuaremos análise gráfica das simetrias de soluções particulares. Note que se efetuarmos a mudança de variáveis,

$$W = U^{-1} \quad (\text{Eq. 14})$$

onde W agora representa o inverso multiplicativo da concentração do reagente B, obtemos para a sua taxa de variação temporal

$$W' = -U^{-2}U' \quad (\text{Eq. 15})$$

Substituindo as Equações 14 e 15 na Equação 7, podemos reescrever,

$$-W' = CW - P \quad (-1) \quad (\text{Eq. 16})$$

ou equivalentemente

$$W' = -CW + P \quad (\text{Eq. 17})$$

De forma que

$$W' + CW = P \quad (\text{Eq. 18})$$

Com isso, obtivemos uma equação diferencial linear, que pode ser resolvida através da multiplicação por um fator integrante, dado por:

$$e^{\int c dt} = e^{c \int dt} = e^{ct} \quad (\text{Eq. 19})$$

De fato, multiplicando a Equação 19 pela Equação 18, obtemos:

$$W'e^{ct} + CW e^{ct} = P e^{ct} \quad (\text{Eq. 20})$$

que pode ser reescrito em termos de uma derivada total

$$(W \times e^{ct})' = P e^{ct} \quad (\text{Eq. 21})$$

Uma integração imediata nos leva agora a

$$W e^{ct} = \frac{P e^{ct}}{C} + c_1 \quad (\text{Eq. 22})$$

$$= \frac{P e^{ct}}{e^{ct} C} + \frac{c_1}{e^{ct}} \quad (\text{Eq. 23})$$

o que nos permite obter a solução geral para W como

$$W = \frac{P}{C} + \frac{c_1}{e^{ct}} \quad (\text{Eq. 24})$$

onde R denota uma constante de integração. Uma vez obtida a solução para W, lembramos que estamos na realidade interessados na evolução temporal do reagente B. Retornando à variável original U, representando a concentração do reagente B, obtemos

$$\frac{1}{U} = \frac{P}{C} + \frac{c_1}{e^{ct}} \quad (\text{Eq. 25})$$

o que nos conduz à solução final para U(t) na forma

$$U(t) = \frac{1}{\frac{P}{C} + R e^{-ct}} \quad (\text{Eq. 26})$$

Com isso, obtivemos a solução final através da Equação 26, descrevendo a evolução temporal da concentração do reagente B.

O primeiro Tratamento matemático do efeito da concentração de substrato na velocidade de reação catalisadas enzimaticamente foi feito pelo Michaelis-Menten, em 1913, com base na hipótese de Henri e Brown de que um complexo é um intermediário obrigatório no mecanismo de formação de produtos. No entanto, eles propuseram que primeira enzima se combina de forma reversível com o substrato, para formar o complexo ES, em um passo reversível relativamente rápido. A seguir, em um passo mais lento, o complexo se desfaz, resultando no reaparecimento da enzima livre, E, e na formação do produto da reação, P (PASSOS, 2003). Isso pode ser observado através do mecanismo como:

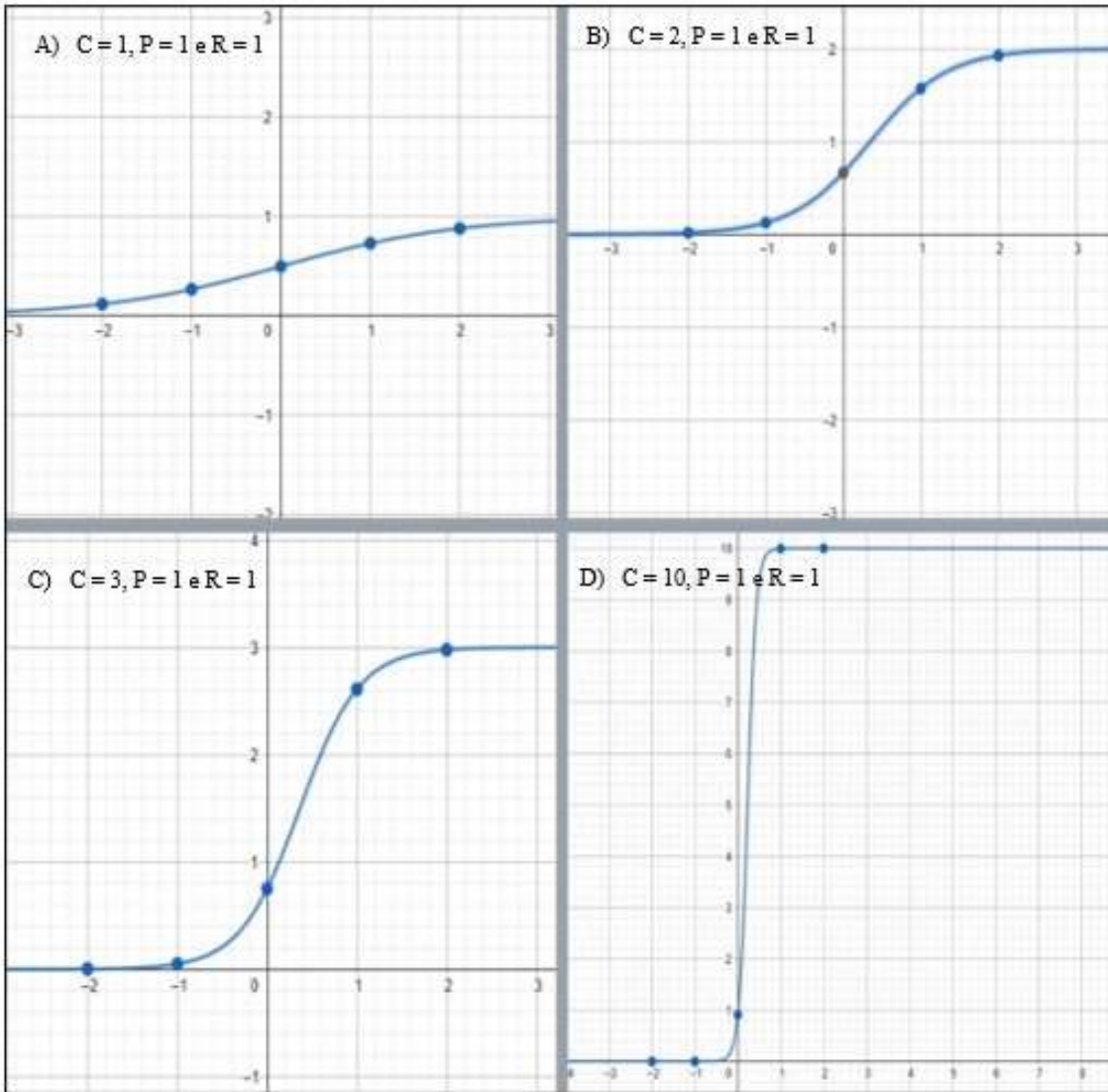


Sendo que K_1 , K_2 e K_3 são constantes da reação.

Desse modo, observa-se que a Equação 2 e Equação 27 possui uma semelhança de acordo com o primeiro tratamento de Michaelis-Menten.

Em seguida analisamos o papel geométrico das simetrias anteriormente identificadas. Para isso, plotamos a concentração U em função do tempo nos gráficos A, B, C e D. Para uma conveniente análise geral, independente das características específicas dos reagentes, consideramos as grandezas envolvidas adimensionais, de forma a capturar a essência da dependência funcional descrita pela edo da Equação 7. Na Figura 1, variamos o parâmetro C representando a constante de velocidade da reação em torno da concentração [A]. A concentração do reagente B passa continuamente de zero até seu valor máximo assintótico. Note que as transformações discretas identificadas na Tabela 1, referentes à edo original da Equação 7, podem ser aplicadas diretamente nas soluções gráficas.

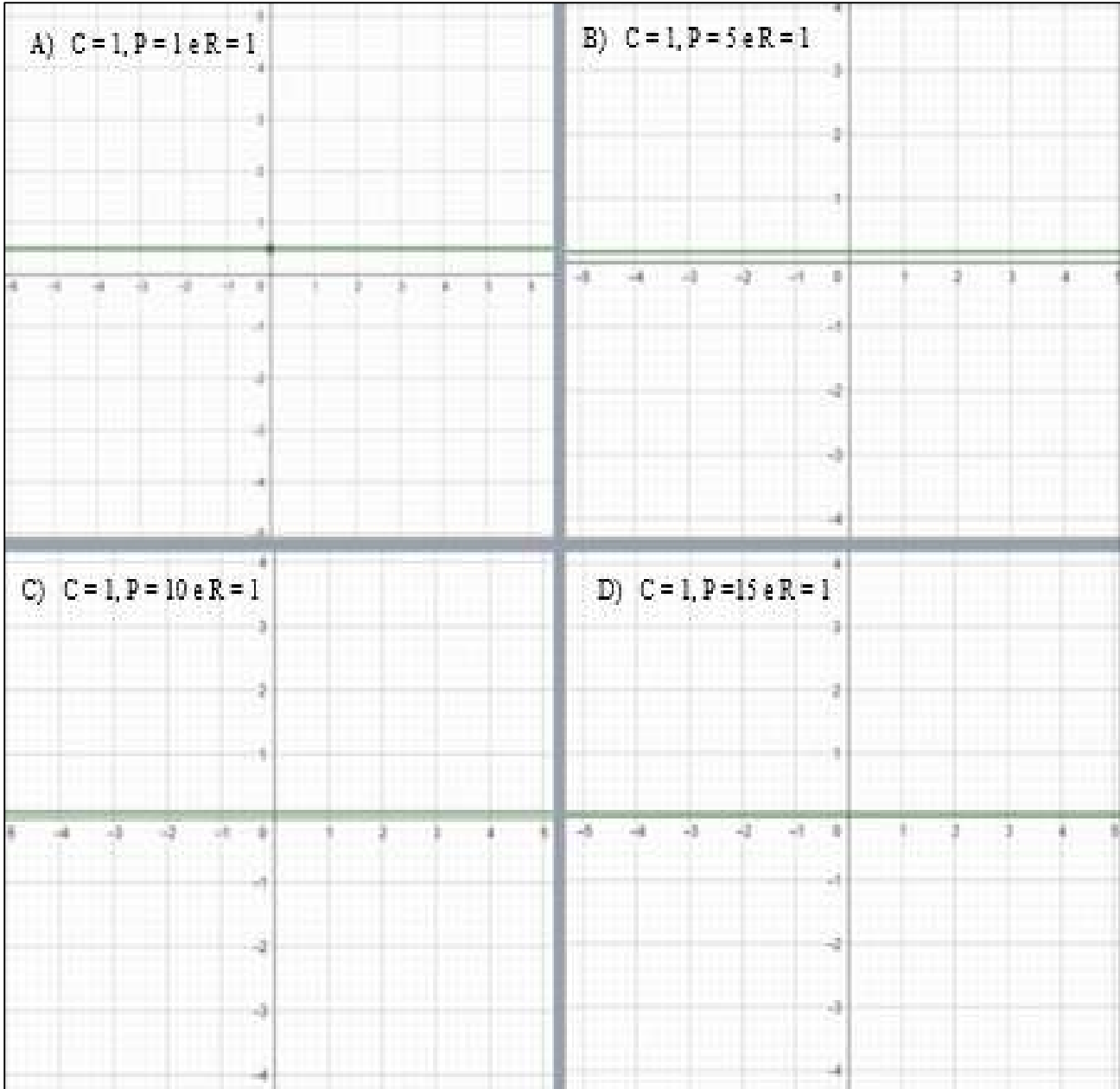
Figura 1 - Gráfico da cinética da reação variando o parâmetro C



Fonte: Dos autores, 2023.

Em seguida analisamos o papel geométrico das simetrias anteriormente identificadas. Para isso, plotamos a concentração U em função do tempo nos gráficos A, B, C e D. Para uma conveniente análise geral, independente das características específicas dos reagentes, consideramos as grandezas envolvidas adimensionais, de forma a capturar a essência da dependência funcional descrita pela edo da Equação 7. Nos gráficos A, B, C e D variamos o parâmetro P representando a constante de velocidade da reação em torno da concentração $[B]$. A concentração do reagente A passa continuamente de zero até seu valor máximo assintótico. Note que as transformações discretas identificadas na Tabela 1, referentes à edo original da Equação 7, podem ser aplicadas diretamente nas soluções gráficas.

Figura 2 - Gráfico da cinética da reação variando o parâmetro P



Fonte: Dos autores, 2023.

A aplicação da simetria contínua na Eq. (7) mostra que as grandezas envolvidas na reação estudada ficam invariantes se efetuarmos uma mudança infinitesimal na forma descrita pelas Eq. (11) e (12). Dessa forma, uma variação infinitesimal na concentração do reagente B é compensada por uma correspondente variação em sua taxa de variação, fornecida pela Eq. (12). Se controlarmos uma dessas duas, podemos manter a cinética de reação através da correspondente compensação. Já as simetrias discretas obtidas diretamente da equação diferencial Eq. (7) podem ser observadas também na solução Eq. (26), note que o termo C_t ficam sempre invariante, assim como U^2 . A troca do sinal da variável tempo pode ser interpretada como inversão do sentido da reação. Quando ocorre troca do sinal da

concentração associada à variável U, a constante de integração R deve ser reajustada. Tal fato pode ser entendido pela mencionada constante não figurar diretamente na equação diferencial original.

Conclusão

A análise de simetrias em equações diferenciais se mostra extremamente útil não somente para uma melhor visão qualitativa dos fenômenos envolvidos como para desenvolver métodos de solução que não sejam meramente numéricos. Vimos no presente trabalho como as simetrias podem ser identificadas numa equação diferencial não-linear associada à cinética de reações. A investigação de simetrias discretas nos levou a um grupo de composições de transformações isomorfo ao grupo de Klein, também conhecido como grupo diedral D_2 , de ordem quatro. Identificamos também uma simetria contínua descrita por um grupo de Lie a um parâmetro infinitesimal. Através da inserção de um fator integrante, obtivemos a solução geral da concentração em função do tempo. A análise gráfica das soluções para diferentes valores dos parâmetros da reação pôde ser utilizada para ilustração gráfica das simetrias obtidas. A aplicação do método de simetrias a outras equações diferenciais de engenharia de alimentos encontra-se atualmente sob análise em nosso grupo de pesquisa.

Referências

- ARRIGO, J. D. **Symmetry Analysis of Differential Equations**, 1. ed. Canada: Wiley, 2015, 193p.
- ATIYEH, H.; DUVNJAK, Z. Production of fructose and ethanol from cane molasses using *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 36858. *Acta Biotechnologica*, v.23, n.1, p.37-48, 2003.
- EARLE, R. L.; EARLE, M. D. **Fundamentals of Food Reaction Technology**, 1. ed. Londres: Royal Society of Chemistry, 2003, 200p.
- GARCIA, A.; LEQUAIN, Y. **Elementos de Álgebra**, 7. ed. Rio de Janeiro: IMPA, 2022, 280p.
- HALL, J.; MARSHALL, S.; JAMES. **The Groups of Order 2^n ($n \leq 6$)**, 1. ed. Londres: Macmillan, 1964, 225p.
- LEMOS, N. **Analytical Mechanics**, 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2018, 471p.
- MARTIN, L. S. **Grupo de lie**, 1. ed. São Paulo: Unicamp, 2017, 384p.
- NOETHER, E.; **Invariante Variationsprobleme**, *Nachr. Gesell. Wissenchaft. Göttinger* 2, p. 235, 1918.
- PASSOS, F.J.V.; REIS, D.A. **Cinética de Processos Bioquímicos**, 1. ed. Viçosa: UFMG, 2003, 179p.

CAPÍTULO 3

Extração de proteínas de mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*)

Isabela Cristine Braga de Oliveira*¹; Bruna Larissa Pestana dos Santos²; Carolina Magalhães Caires Carvalho³; Flávia Echila Ribeiro Batista⁴; Bruna Mara Aparecida de Carvalho Mesquita⁵

Resumo

Larvas da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) são importante fonte alternativa de proteína, pois apresentam de 35-57 % deste macronutriente, baseado na matéria seca. Neste trabalho objetivou-se extrair proteínas da *Hermetia illucens* por precipitação ácida, adição de sal e solventes orgânicos, com posterior quantificação das proteínas totais por Bradford e identificação por eletroforese. Obteve-se para a precipitação por ácido forte (método A), sal (método B) e solventes orgânicos (método C), respectivamente, 30,75; 47,52 e 28,52 mg de proteínas · g de precipitado⁻¹. Pela eletroforese constatou-se a presença da fosforilase b (97 kDa), albumina (66 kDa), ovoalbumina (45 kDa), uma proteína com banda na faixa de 30 kDa a 20.1 kDa (proteínas da cutícula ou quimotripsina) e outra com peso molecular abaixo de 14.4 kDa, acreditando-se tratar das proteínas do tipo glutelinas. Destacou-se a presença mais fortes da banda de 66 kDa nos precipitados obtidos pelos três métodos. Observou-se uma banda nítida entre 30 kDa e 20.1 kDa no precipitado obtido pelo método A e bandas abaixo de 14.4 kDa obtida pelos métodos A e C. Todas as outras bandas de proteínas também apresentaram-se mais fortes no método A seguido do C. Utilizou-se o GelQuant.NET para análise quantitativa do método de identificação mais adequado e a precipitação por ácidos mostrou-se como a melhor opção, já que a intensidade da banda de 66 kDa foi de 57 % pelo método A, de 19 % pelo método B e de 22 % pelo método C. Para as demais bandas que estavam mais visíveis isso também foi observado. Conclui-se que é possível extrair proteínas de mosca-soldado-negra com diferentes pesos moleculares, entretanto é necessário ajustar e otimizar os parâmetros dos processos utilizados visando aumentar a variedade de macromoléculas extraídas e o rendimento de extração.

Palavras-chave: Insetos comestíveis. Eletroforese. Precipitação. Processos.

¹ Discente de graduação do curso de Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

² Discente de graduação do curso de Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

³ Técnica do laboratório de Processos e Compostos Nutracêuticos e Funcionais; Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

⁴ Técnica do laboratório de Biotecnologia; Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

⁵ Docente do curso de Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

*E-mail: bragaisabela57@gmail.com

Introdução

As proteínas são macromoléculas formadas por aminoácidos que executam funções relevantes em diversos processos fisiológicos como estrutura, transporte, entre outros (COELHO-JUNIOR *et al.*, 2020). Dos vinte tipos de aminoácidos usados para sintetizar as proteínas humanas, nove são adquiridos apenas da dieta (MASKO; ALLOTT; FREEDLAND, 2013), todavia a proteína dietética é de fundamental importância na proteção da saúde humana.

Existem pesquisas que há tempo vêm buscando indicar o papel do consumo de proteína dietética e seu efeito na saúde (CHEN *et al.*, 2020). Dietas ricas em proteínas melhoram a pressão arterial, os níveis de triglicerídeos e a perda de peso, segundo estudos controlados randomizados (SANTESSO *et al.*, 2012; WYCHERLEY *et al.*, 2012). Porém, vários estudos disseram que uma maior ingestão de proteínas dietéticas ao longo dos anos está relacionada a um maior risco de desenvolver câncer, doenças cardiovasculares e diabetes tipo 2 (FARVID *et al.*, 2014; LAGIOU *et al.*, 2012; SHANG *et al.*, 2016). Dessa forma, é importante consumir proteínas de forma equilibrada para se trazer os benefícios esperados a saúde.

De acordo com estimativas das Nações Unidas a população mundial pode atingir 9,7 bilhões até 2050 (UNITED NATIONS, 2019). Tem aumentado as preocupações no que refere a disponibilidade dos recursos do planeta, como terras agrícolas e água doce para satisfazer as necessidades alimentares de uma população que está crescendo. Os obstáculos resultantes da mudança climática e do crescimento da população global estão promovendo a demanda por fontes alternativas de alimentos para humanos que sejam obtidos de forma mais sustentável que as fontes tradicionais de proteína e que em termos de aspectos nutricionais sejam saudáveis (FAO, 2021), sendo assim os insetos comestíveis se tornam uma alternativa viável. Como 67-98 % das proteínas dos insetos comestíveis são muito digeríveis, grande parte deles podem ser classificados como fontes de proteínas de alto valor, uma vez que apresentam aminoácidos essenciais variando de 46 a 96 % (RAMOS-ELORDUY *et al.*, 1997).

Fazendas de insetos que produzem de forma industrial necessitam de menor quantidade de água e espaço de terra quando comparados a pastagens (OONINCX; BOER, 2012) e algumas espécies podem consumir resíduos orgânicos e fluxos secundários (NADEAU *et al.*, 2015; VAN HUIS, 2013). Portanto, países em desenvolvimento que tem necessidade de investir em baixa tecnologia e capital podem trabalhar com a criação de insetos, do mesmo modo que se pode utilizar alta tecnologia e métodos automatizados objetivando produtos de qualidade e seguros (VAN HUIS *et al.*, 2013).

Os insetos são animais de grande diversidade no planeta, vivem praticamente em todos os ecossistemas terrestres e aquáticos e representam metade da biomassa animal total (HERNÁNDEZ; GONZÁLEZ; ARRIOLA, 2017). Aproximadamente 2000 espécies de insetos são apontadas como

comestíveis e essa quantidade vem aumentando, sendo que 49 % são besouros e lagartas; abelhas, vespas e formigas representam 14%; gafanhotos, locustas e grilos são 13 %; 10 % são hemípteros; 3 % são libélulas; cupins são 3 % e 2 % são moscas (ORTEGA, 2020).

Os insetos são fonte de alimento nutritiva e saudável que apresentam elevado teor de proteína, gordura, vitamina, fibra e mineral (VAN HUIS, 2020) e além dos benefícios nutricionais estes também são reconhecidos por inúmeras organizações e governos como uma forma de reprimir as mudanças climáticas, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa, sendo vantajoso ao meio ambiente (OONINCX *et al.*, 2010).

Quando comparada a criação de gado, a criação de insetos comestíveis mostrou-se ter menor impacto ambiental (YEN, 2009), preservando melhor o meio ambiente e propiciando benefícios nutricionais. Segundo Fiala (2008), ainda que as fontes tradicionais de proteínas como o gado e os peixes por exemplo, sejam viáveis do ponto de vista econômico em razão da grande produtividade, cooperam para custos ambientais gigantescos. Metais pesados, contaminação de águas superficiais e subterrâneas com esterco podendo carregar microrganismos patogênicos e contaminantes químicos estão inclusos nestes custos (THORNE, 2007), assim como desmatamento e emissão de gases de efeito estufa e amônia, consequência do aumento das necessidades de alimentação (VAN HUIS, 2015).

A mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) é proveniente da América, porém na atualidade pode ser encontrada em regiões tropicais, subtropicais ou temperadas. Um dos motivos que justificam o interesse nessa espécie são pelo fato que as moscas adultas não necessitam de alimentação, não mordem e nem picam e conseqüentemente não são vetores de doenças (LALANDER *et al.*, 2019; WANG; SHELOMI, 2017).

A mosca-soldado-negra fêmea deposita em torno de 500 ovos na matéria orgânica e depois de 4 dias os ovos eclodem e por volta de 14 dias rapidamente as larvas consomem a matéria orgânica que está ao seu redor. Durante esses 14 dias as larvas passam por seis instares de desenvolvimento antes de se transformarem em pupa (DICLARO; KAUFMAN, 2009). Quando as larvas da mosca-soldado-negra estão prontas para se transformar em pupas, rastejam para fora de sua alimentação, colhendo a si mesmas, proporcionando menos trabalho manual e diminuindo o custo de sua agricultura (WANG; SHELOMI, 2017).

As larvas da mosca-soldado-negra são insetos pequenos e inofensivos, sendo apropriados para a produção em massa e para diversas aplicações agrícolas e industriais. Em razão de não serem exigentes quando se refere a substrato de criação e taxa de conversão alimentar eficiente, são capazes de descartar de forma eficiente uma grande diversidade de resíduos orgânicos, transformando-os em uma biomassa rica em proteínas e gorduras (GOLD *et al.*, 2018). As larvas apresentam proteínas e gordura com base na matéria seca que pode variar de 35 a 57% e de 15 a 49%, respectivamente, conforme as condições

de criação (BARRY, 2004; DORDEVIC *et al.*, 2008; FINKE, 2002; GUTIÉRREZ; RUIZ; VÉLEZ, 2004; NEWTON *et al.*, 2005), sendo as proteínas os componentes nutricionais presentes em maior quantidade. No decorrer do estágio larval a composição nutricional se modifica, de forma que o teor de proteína diminui com a idade e o teor de gordura aumenta (LIU *et al.*, 2017; RACHMAWATI *et al.*, 2015).

Os mecanismos de extração, portanto, se tornam cruciais para que seja possível extrair proteínas a partir de métodos rápidos, simples e eficazes, preservando as características dessas macromoléculas, garantindo qualidade, alto rendimento e variedade de tipos de proteínas a fim das mesmas serem empregadas na indústria alimentícia para enriquecimento de vários alimentos, assim como para propiciar benefícios tecnológicos aos mesmos. Teve-se como objetivo extrair proteínas da *Hermetia illucens* através da precipitação por ácido forte, por adição de sal e por solventes orgânicos e posteriormente identificá-las por eletroforese.

Material e Métodos

Amostras de larvas de mosca-soldado-negra (Figura1), cultivadas na fazenda experimental do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, alimentadas com farelo de milho até o 25º dia de desenvolvimento que passaram por período de 24h de jejum antes de serem abatidas por congelamento em freezer a -20 °C, foram empregadas para a obtenção da biomassa utilizada no presente trabalho. Para tal obtenção, as larvas congeladas foram trituradas no Mixer (Arno Turbomix Duo MX2, 200W), usando-se nitrogênio líquido para facilitar o processo, em seguida adicionou-se água aos insetos triturados, colocou-se no Sonicador (modelo Q3350, 110/220 V - 70 W), filtrou-se no pano voal e a parte retida no pano (biomassa) foi armazenada a -4 °C para ser utilizada em análises posteriores.

Realizou-se três tipos de precipitação, por ácido forte, por adição de sal e por solventes orgânicos.

A precipitação por ácido forte foi realizada conforme o método descrito por Benabdelkamel *et al.* (2018), com algumas modificações. Ácido tricloroacético 10% foi adicionado a biomassa de inseto na proporção de 1:4 v/v e a mistura foi mantida a 4 °C *overnight*. Logo após a solução foi centrifugada a 16000 g por 10 minutos a 4 °C e o precipitado resultante foi misturado a 1 mL de acetona gelada a -20 °C, seguidamente centrifugou-se a 16000 g por 10 minutos a 4 °C e novamente esse processo foi repetido. O precipitado formado foi filtrado no pano voal e posteriormente aquecido a 98 °C em chapa de aquecimento durante 1 minuto para remoção de qualquer vestígio de ácido tricloroacético.

Figura 1: Larvas da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) utilizadas no experimento



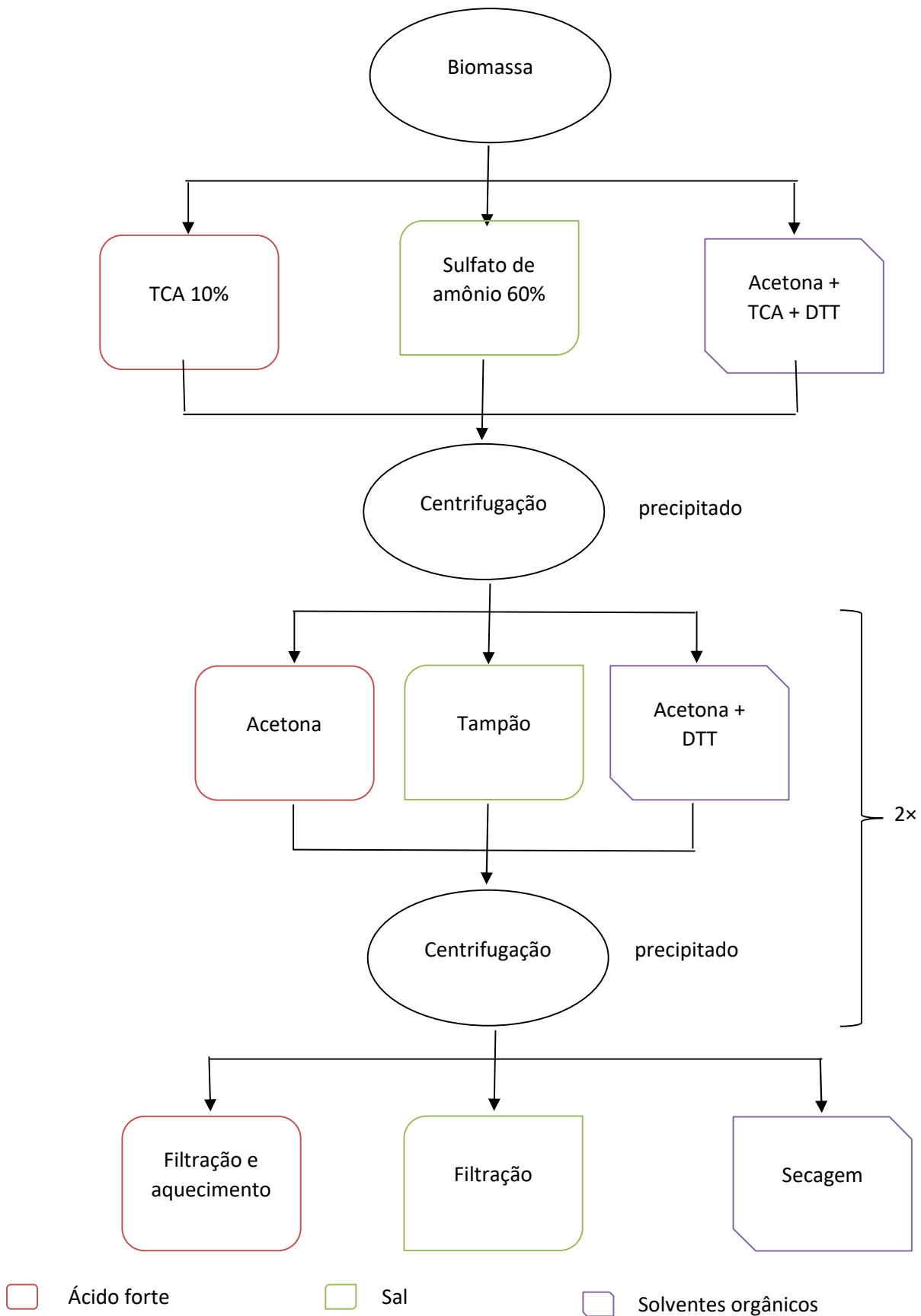
Fonte: Do autor, 2023.

A precipitação por adição de sal foi feita de acordo com o método relatado por Zhang *et al.* (2017), com algumas modificações. Primeiramente, 1 volume de biomassa de inseto foi misturada com 1 volume de solução 60 % de sulfato de amônio saturado em gelo. Em seguida a solução foi mantida em modo repouso por 1 h a 4 °C e centrifugada a 8000 g por 30 minutos a 4 °C. O precipitado resultante foi misturado com tampão fosfato de sódio 50 mM (pH7) e depois centrifugada a 8000 g por 30 minutos a 4 °C, sendo esse processo repetido novamente, porém com velocidade de centrifugação de 10000 g. O precipitado resultante foi colocado em água e filtrado com o pano voal.

A precipitação por solventes orgânicos foi executada segundo Daim *et al.* (2015), com algumas modificações. A princípio a biomassa de inseto e a solução de acetona fria a -20 °C (contendo 20 % de ácido tricloroacético e 0,2 % de ditiotreitol) foram misturadas na proporção de 1:2 p/v. Logo após foi deixada em *overnight* e centrifugada a 10000 g em 4 °C por 30 minutos. O precipitado resultante foi misturado em solução de acetona fria (contendo 0,2 % de ditiotreitol) e colocado no freezer por 1 h a -20 °C, com posterior centrifugação a 10000 g a 4 °C por 10 minutos. Esse processo descrito anteriormente foi repetido e o precipitado obtido foi seco ao ar.

O fluxograma a seguir (Figura 2) explica os três tipos de precipitação.

Figura 2 - Fluxograma dos três tipos de precipitação



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: TCA (Ácido tricloroacético), DTT (Ditiotreitol).

Resultados e Discussão

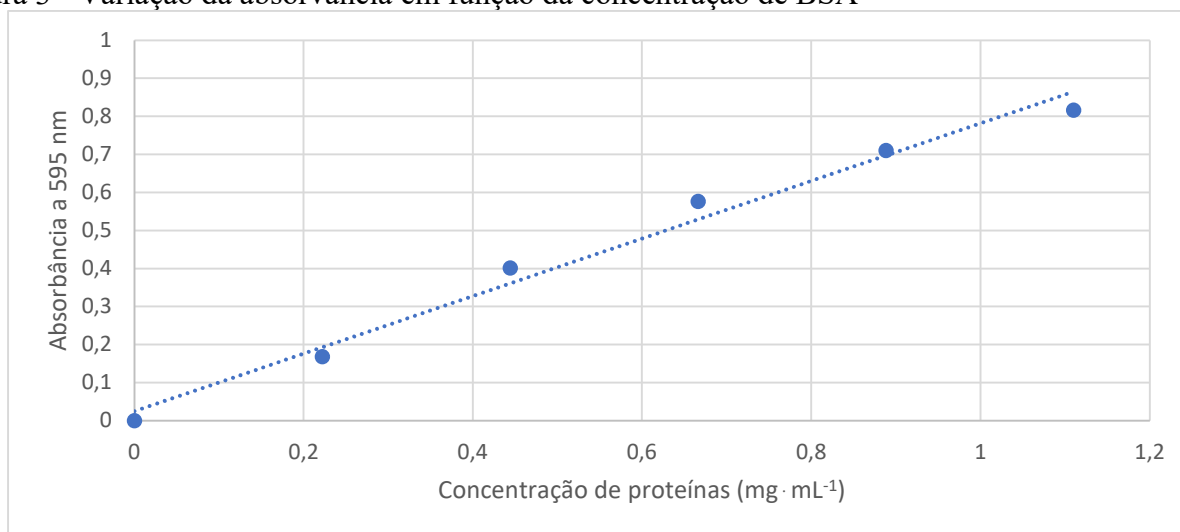
A quantificação de proteínas das frações obtidas dos precipitados foi determinada pelo método de Bradford (1976), utilizando-se albumina de soro bovino, BSA (Sigma, EUA), como proteína de referência. Para tal, a partir dos dados obtidos nas leituras espectrais (Tabela 1) da BSA e suas respectivas concentrações à 595nm em Espectrofotômetro (Shimadzu, Japão), construiu-se uma curva de calibração da referida proteína (Figura 3).

Tabela 1 - Concentração e valores médios de absorvância das soluções para a curva padrão de BSA

Concentração (mg·mL ⁻¹)	Absorvância (595 nm)
0	0
0,222	0,168
0,444	0,401
0,666	0,576
0,888	0,710
1,110	0,816

Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 3 - Variação da absorvância em função da concentração de BSA



Fonte: Dos autores, 2023.

A partir dos dados alcançados obteve-se a equação linear $y = 0,7569x + 0,0251$, com coeficiente de determinação 0,9848; em que y é a absorvância da solução e x é a concentração da proteína presente na mesma (mg · mL⁻¹).

As frações proteicas obtidas das etapas de precipitações foram, também, identificadas e comparadas com padrões de proteínas, por eletroforese SDS-PAGE no equipamento Loccus (modelo

VERT-i10), em gel de poliacrilamida na concentração de 12 % de acordo com a metodologia descrita por Queiroz *et al.* (2021). Todas as amostras foram tratadas com tampões contendo SDS e β -mercaptoetanol. As amostras foram aquecidas a 100°C por 10 minutos. Alíquotas de 10 a 15 μ L de cada amostra foram aplicadas ao gel que foi submetido a uma voltagem de 150V, em cuba horizontal e colorido com azul de cromassie.

A biomassa obtida possui características como coloração amarronzada e é densa (Figura 4) e foi considerada apropriada para análises posteriores.

Figura 4 - Biomassa obtida da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*)



Fonte: Dos autores, 2023.

Em relação ao teor total de proteínas dos precipitados, mediu-se a absorvância da biomassa de inseto pura e obteve-se média de 0,717. Posteriormente se aplicou na equação linear citada acima e obteve-se concentração de proteínas de 0,914 mg \cdot mL⁻¹.

Mediu-se a absorvância do sobrenadante resultante de cada tipo de precipitação, obtendo-se valores médios de absorvância de 0,192; 0,059 e 0,268 para a precipitação por ácido forte (método A), por adição de sal (método B) e por solventes orgânicos (método C), respectivamente.

O volume da solução final e a massa de precipitado foram 62,5 mL e 1,4087 g; 100 mL e 1,8181 g e 150 mL e 3,1192 g, para os métodos A, B e C, respectivamente. Por diferença foi possível quantificar as proteínas presentes no precipitado, na qual a concentração de proteínas (q) foi determinada através da Equação 1.

$$q = \frac{V}{m}(C_0 - C_b) \quad (\text{Eq. 1})$$

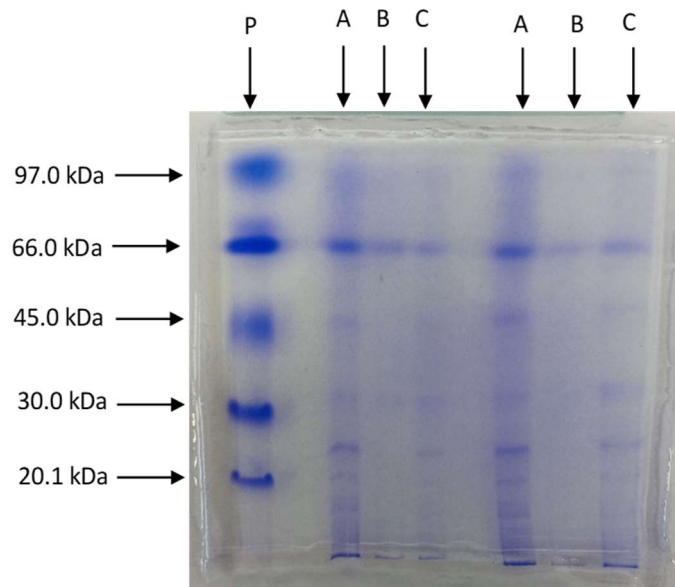
onde V é o volume da solução final (mL), m é a massa de precipitado (g), C₀ é a concentração de

proteína inicial ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) e C_b é a concentração da proteína em suspensão no sobrenadante ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$).

Na precipitação por ácido forte obteve-se $30,75 \text{ mg}$ de proteínas $\cdot \text{g}$ de precipitado⁻¹; na precipitação por adição de sal obteve-se $47,52 \text{ mg}$ de proteínas $\cdot \text{g}$ de precipitado⁻¹ e na precipitação por solventes orgânicos obteve-se $28,52 \text{ mg}$ de proteínas $\cdot \text{g}$ de precipitado⁻¹.

As proteínas foram identificadas pela eletroforese em gel de poliácridamida com dodecil- sulfato de sódio (SDS-PAGE) como mostrado na Figura 5 e constatou-se a presença de fosforilase b (97 kDa), albumina (66 kDa), ovoalbumina (45 kDa), uma proteína com banda na faixa de 30 kDa a 20.1 kDa, que poderia se originar de proteínas da cutícula apresentando peso molecular com predominância entre 14 e 30 kDa (Andersen *et al.*, 1995) ou proteinase semelhante a quimotripsina (24 kDa) (Elpidina *et al.*, 2005) e outra com peso molecular abaixo de 14.4 kDa, acreditando-se tratar das proteínas do tipo glutelinas, conforme dito por Queiroz *et al.* (2021).

Figura 5 - Gel de eletroforese



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: P (proteínas padrão), A (método de precipitação por ácido forte), B (método de precipitação por sal) e C (método de precipitação por solventes orgânicos).

Destacou-se a presença mais forte da banda de 66 kDa nos precipitados obtidos pelos três métodos de precipitação. Observou-se uma banda nítida entre 30 kDa e 20.1 kDa no precipitado obtido pelo método A e bandas abaixo de 14.4 kDa obtida pelos métodos A e C. Todas as outras bandas de proteínas também se apresentaram mais fortes no método A seguido do C. Utilizou-se o GelQuant.NET para análise quantitativa do método de identificação mais adequado, de forma que a precipitação por ácido forte mostrou-se como a melhor opção, já que a intensidade da banda de 66 kDa foi de 57 % pelo

método A, de 19 % pelo método B e de 22 % pelo método C. Para as demais bandas que estavam mais visíveis isso também foi observado.

De acordo com os resultados da pesquisa feita por Michyna *et al.* (2019) na qual foi realizada a extração alcalina seguida por precipitação ácida da abelha melífera (*Apis melífera*) e dos gafanhotos comestíveis (*Schistocerca gregária*), obteve-se bandas de proteínas com peso molecular de 75 a 200 kDa da *Apis melífera* e bandas com peso molecular < 20 kDa da *Schistocerca gregária*, essas semelhantes a α -lactoalbumina (14,2 kDa) e β -lactoalbumina (18,4 kDa). Isso comprova a predominância de proteínas de baixo peso molecular presentes em diferentes espécies de insetos comestíveis.

Segundo os resultados do estudo de Bubler *et al.* (2016) na qual foi feita a extração aquosa em pH ajustado para 10 da farinha desengordurada de *Tenebrio Molitor* seguida da precipitação ácida, obteve-se uma fração com alta quantidade de proteína verificando-se bandas entre 14 e 32 kDa que possivelmente se originaram de proteínas da cutícula (pesos moleculares em sua maioria entre 14 e 30 kDa) ou da proteinase semelhante a quimotripsina (24 kDa), evidenciando também a analogia com as proteínas identificadas na mosca-soldado-negra.

Conforme os resultados apresentados na pesquisa realizada por Yi *et al.* (2013) que foi realizada a extração utilizando água desmineralizada e ácido ascórbico e obteve-se um precipitado com teor de proteína variando de 65 a 75 %, sendo o maior em relação as demais frações obtidas, demonstra a alta quantidade de proteínas presentes nos insetos comestíveis.

Segundo os resultados adquiridos no estudo de Amarender *et al.* (2020) na qual se utilizou NaOH e ácido ascórbico para extração de proteínas de pó de grilo (*Gryllidae*), também foi observado um aumento no teor de proteínas extraídas utilizando o ácido, resultando em 69,69 % e 61,75 % usando NaOH, provando que os rendimentos de proteína foram maiores na região ácida, assim como observado na extração por precipitação ácida realizada no presente experimento na qual essa se mostrou como um método eficaz.

Conclusão

Conclui-se que os insetos comestíveis, principalmente a mosca-soldado-negra, são uma fonte alternativa de proteína sustentável para abastecer a população mundial, na qual foi possível extrair proteínas a partir da precipitação que é um método rápido e simples. Através dos três métodos de precipitação conseguiu-se extrair proteínas de diferentes pesos moleculares. Porém é necessário ajustar e otimizar os parâmetros dos processos realizados a fim de aumentar a variedade de macromoléculas extraídas e o rendimento de extração. Além disso, são necessárias pesquisas futuras explorando as

características das proteínas presentes nesses insetos, para dessa forma utilizar métodos adequados para recuperação das mesmas.

Agradecimentos

A FAPEMIG pelo apoio financeiro no projeto e ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Referências

AMARENDER, R. V. et al. Lipid and protein extraction from edible insects – Crickets (Gryllidae). *LWT*, v. 125, p. 109222, maio 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109222>>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

SVEND OLAV ANDERSEN et al. Comparison of larval and pupal cuticular proteins in *Tenebrio molitor*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, v. 25, n. 2, p. 177–187, 1 fev. 1995. Disponível em: <[10.1016/0965-1748\(94\)00048-m](https://doi.org/10.1016/0965-1748(94)00048-m)>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

BARRY, T. **Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*)**. 2004. 176f. Tese de Doutorado (Ciência Ambiental) – Universidade do Norte do Texas, Denton, 2004. Disponível em: <<https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc4639/>>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

BENABDELKAMEL, H. et al. Comparison of protein precipitation methods from adipose tissue using difference gel electrophoresis. *ELECTROPHORESIS*, v. 39, n. 14, p. 1745–1753, 4 jun. 2018. Disponível em: <[10.1002/elps.201800124](https://doi.org/10.1002/elps.201800124)>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

BUSSLER, S. et al. Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Heliyon*, v. 2, n. 12, p. e00218, dez. 2016. Disponível em: <[10.1016/j.heliyon.2016.e00218](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00218)>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

CHEN, Z. et al. Dietary protein intake and all-cause and cause-specific mortality: results from the Rotterdam Study and a meta-analysis of prospective cohort studies. *European Journal of Epidemiology*, v. 35, n. 5, p. 411–429, 19 fev. 2020. Disponível em: <[10.1007/s10654-020-00607-6](https://doi.org/10.1007/s10654-020-00607-6)>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

COELHO-JUNIOR, H. J. et al. Protein Intake and Frailty: A Matter of Quantity, Quality, and Timing. *Nutrients*, v. 12, n. 10, p. 2915, 23 set. 2020. Disponível em: <[10.3390/nu12102915](https://doi.org/10.3390/nu12102915)>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

DAIM, L. D. J. et al. Optimization of Protein Extraction and Two-Dimensional Electrophoresis Protocols for Oil Palm Leaf. *The Protein Journal*, v. 34, n. 4, p. 304–312, ago. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10930-015-9626-x>>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

DICLARO II, J. W.; KAUFMAN, P. E. Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). **EDIS**, v. 2009, n. 7, 31 ago. 2009. Disponível em: <10.32473/edis-in830-2009>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

MILUTIN ĐORĐEVIĆ *et al.* Effects of substitution of fish meal with fresh and dehydrated larvae of the house fly (*Musca domestica* L) on productive performance and health of broilers. **Acta Veterinaria-beograd**, v. 58, n. 4, p. 357–368, 1 jan. 2008. Disponível em: <10.2298/AVB0804357D>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

ELPIDINA, E. *et al.* A chymotrypsin-like proteinase from the midgut of larvae. **Biochimie**, v. 87, n. 8, p. 771–779, ago. 2005. Disponível em: <10.1016/j.biochi.2005.02.013>. Acesso em: 23. Jun. 2023.

FAO. Looking at edible insects from a food safety perspective: challenges and opportunities for the sector. Roma: FAO, 2021. Disponível em: <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4094en>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

FARVID, M. S. *et al.* Dietary protein sources in early adulthood and breast cancer incidence: prospective cohort study. **BMJ**, v. 348, n. jun10 3, p. g3437–g3437, 10 jun. 2014. Disponível em: <10.1136/bmj.g3437>. Acesso em: 3 abr. 2023.

FIALA, N. Meeting the demand: An estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. **Ecological Economics**, v. 67, n. 3, p. 412–419, out. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.12.021>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. **Zoo Biology**, v. 21, n. 3, p. 269–285, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/zoo.10031>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

GOLD, M. *et al.* Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. **Waste Management**, v. 82, p. 302–318, dez. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.022>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

GUTIÉRREZ, G.P.A.; RUIZ, R.A.V.; VÉLEZ, H.M. Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of larval meal of *Hermetia illucens* (Diptera:Stratiomyidae) at Angelópolis-Antioquia, Colombia. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v.57, n.2, p. 2491–2499, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472004000200009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 3 abr. 2023.

HERNANDEZ, N.G; GONZÁLEZ, S.R.; ARRIOLA, A. Hambre oculta. **Acta Pediátrica Hondureña**, v.8, n.1, p. 739–750, 2019. Disponível em: <<https://eucs.unah.edu.hn/revistas/acta-pediatrica-hondurena/publicaciones-aph-2/>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

LAGIOU, P. *et al.* Low carbohydrate-high protein diet and incidence of cardiovascular diseases in Swedish women: prospective cohort study. **BMJ**, v. 344, n. jun26 3, p. e4026–e4026, 26 jun. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1136/bmj.e4026>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

LALANDER, C. *et al.* Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). **Journal of Cleaner Production**, v. 208, p. 211–219, jan. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

LIU, X. *et al.* Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. **PLOS ONE**, v. 12, n. 8, p. e0182601, 10 ago. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182601>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

MASKO, E. M.; ALLOTT, E. H.; FREEDLAND, S. J. The Relationship Between Nutrition and Prostate Cancer: Is More Always Better? **European Urology**, v. 63, n. 5, p. 810–820, maio 2013. Disponível em: <[10.1016/j.eururo.2012.11.012](https://doi.org/10.1016/j.eururo.2012.11.012)>. Acesso em: 3 abr. 2023.

MISHYNA, M. *et al.* Extraction, characterization and functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) and honey bee (*Apis mellifera*). **Food Research International**, v. 116, p. 697–706, fev. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.098>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

NADEAU, L. *et al.* The Potential for Entomophagy to Address Undernutrition. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 54, n. 3, p. 200–208, 17 nov. 2014. Disponível em: <[10.1080/03670244.2014.930032](https://doi.org/10.1080/03670244.2014.930032)>. Acesso em: 3 abr. 2023.

NEWTON, L. *et al.* Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Centre, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. 2005.

OONINCX, D. G. A. B.; DE BOER, I. J. M. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. **PLoS ONE**, v. 7, n. 12, p. e51145, 19 dez. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

OONINCX, D. G. A. B. *et al.* An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. **PLoS one**, v. 5, n. 12, p. e14445, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

ORTEGA, L.P. **Seguridad alimentaria y calidad nutricional del uso de insectos en la dieta**. 2020.49f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Politécnica de Valencia, Valencia, 2023. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10251/147898>>. Acesso em: 15 out. 2023.

QUEIROZ, L. S. *et al.* Physico-chemical and colloidal properties of protein extracted from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 186, p. 714–723, set. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.081>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

RACHMAWATI, R. *et al.* Perkembangan dan Kandungan Nutrisi Larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada Bungkil Kelapa Sawit. **Jurnal Entomologi Indonesia**, v. 7, n. 1, p. 28, 28 set. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.5994/jei.7.1.28>>. Acesso em: 15 out. 2023.

RAMOS-ELORDUY, J. *et al.* Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 10, n. 2, p. 142–157, jun. 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>>. Acesso em: 15 out. 2023.

SANTESSO, N. *et al.* Effects of higher- versus lower-protein diets on health outcomes: a systematic review and meta-analysis. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 66, n. 7, p. 780–788, 18 abr. 2012. Disponível em: <[10.1038/ejcn.2012.37](https://doi.org/10.1038/ejcn.2012.37)>. Acesso em: 15 out. 2023.

SHANG, X. *et al.* Dietary protein intake and risk of type 2 diabetes: results from the Melbourne Collaborative Cohort Study and a meta-analysis of prospective studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 104, n. 5, p. 1352–1365, 14 set. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.3945/ajcn.116.140954>>. Acesso em: 15 out. 2023.

THORNE, P. S. Environmental Health Impacts of Concentrated Animal Feeding Operations: Anticipating Hazards—Searching for Solutions. **Environmental Health Perspectives**, v. 115, n. 2, p. 296–297, fev. 2007. Disponível em: <[10.1289/ehp.8831](https://doi.org/10.1289/ehp.8831)>. Acesso em: 15 out. 2023.

UNITED NATIONS. **World population prospects 2019**. [s.l.] United Nations, 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

VAN HUIS, A. Edible insects contributing to food security? **Agriculture & Food Security**, v. 4, n. 1, dez. 2015. Disponível em: <<https://agricultureandfoodsecurity.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40066-015-0041-5>>. Acesso em: 15 out. 2023.

VAN HUIS, A. Nutrition and health of edible insects. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 23, n. 3, p. 228–231, maio 2020. Disponível em: <[10.1097/MCO.0000000000000641](https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000641)>. Acesso em: 15 out. 2023.

VAN HUIS, A. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. **Annual Review of Entomology**, v. 58, n. 1, p. 563–583, 7 jan. 2013. Disponível em: <[10.1146/annurev-ento-120811-153704](https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704)>. Acesso em: 15 out. 2023.

WANG, Y.-S.; SHELOMI, M. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. **Foods**, v. 6, n. 10, p. 91, 18 out. 2017. Disponível em: <[10.3390/foods6100091](https://doi.org/10.3390/foods6100091)>. Acesso em: 15 out. 2023.

WYCHERLEY, T. P. *et al.* Effects of energy-restricted high-protein, low-fat compared with standard-protein, low-fat diets: a meta-analysis of randomized controlled trials. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 96, n. 6, p. 1281–1298, 24 out. 2012. Disponível em: <[10.3945/ajcn.112.044321](https://doi.org/10.3945/ajcn.112.044321)>. Acesso em: 15 out. 2023.

YEN, A. L. Edible insects: Traditional knowledge or western phobia? **Entomological Research**, v. 39, n. 5, p. 289–298, set. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00239.x>>. Acesso em: 15 out. 2023.

YI, L. *et al.* Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3341–3348, dez. 2013. Disponível em: <[10.1016/j.foodchem.2013.05.115](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.115)>. Acesso em: 15 out. 2023.

ZHANG, D. *et al.* Comparative study of potato protein concentrates extracted using ammonium sulfate and isoelectric precipitation. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. 9, p. 2113–2127, 19 jan. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1230873>>. Acesso em: 15 out. 2023.

CAPÍTULO 4

Desenvolvimento do processo de secagem do coproduto da agroindústria de buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

Karine Santos Soares¹; Nicolay Rodrigues¹; Skarleth Andressa Carvalho Castilho¹; Lilian Karoline Souza Fernandes¹; Roberto Angelo Ferreira Nascimento¹; Cláudia Regina Vieira*²

Resumo

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é um fruto encontrado em alguns estados do Brasil, presente no Bioma Cerrado. O buriti possui compostos bioativos, entre eles, os carotenoides, responsáveis pela cor atraente amarela/laranja, vitaminas, fibras alimentares, lipídios, dentre outros. Dessa maneira o seu uso é viável em preparações alimentares saudáveis, seja para enriquecimento nutricional e/ou formulação de novos produtos na indústria alimentícia. Porém durante o seu processamento gera-se resíduos da agroindústria de extração de óleo e estes, em sua maioria, são descartados de forma inadequada, prejudicando o meio ambiente e a população ao redor das agroindústrias que processam o fruto. Além disso, os coprodutos possuem nutrientes tais qual ao fruto *in natura*. Aplicar o processo de secagem com o propósito de aumentar a vida de prateleira do resíduo alimentar, pois este é de baixo custo e fácil aplicação e o processar em farinha, tem o intuito de agregar valor. Portanto, objetivou-se caracterizar o coproduto de forma físico-química, microbiológica e o rendimento da farinha. Foi então avaliado o melhor tempo durante o processo de secagem à 65 °C por 720 min. O coproduto foi então processado, analisado quanto aos teores de umidade, acidez e carotenoides antes e depois da secagem no tempo ótimo determinado. Os teores de umidade foram de $8,75 \pm 0,72$ g 100g⁻¹ e $1,54 \pm 0,22$ g 100g⁻¹, de acidez $2,03 \pm 0,00$ e $1,17 \pm 0,00$ N % v m⁻¹ e de carotenoides $5,23 \pm 0,06$ e $4,89 \pm 0,16$ µg g⁻¹ na torta *in natura* e seca, respectivamente. Por meio das análises verifica-se que a torta de buriti seca e processada em farinha tem aplicabilidade nas indústrias de panificação ou consumo direto na alimentação humana, sendo um alimento seguro, com contagem de microrganismos conforme os parâmetros exigidos pela legislação e rico em nutrientes benéficos a saúde.

Palavras-chave: Cerrado. Conservação. Farinhas. Nutrientes. Resíduo.

¹ Discentes do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

² Docente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: crvieira@ica.ufmg.br

Introdução

A diversidade do Brasil é ampla, e isso se dá devido às riquezas presentes nos biomas, e dentre eles tem-se o Cerrado, com a fauna e flora diversa e recursos naturais renováveis, e ressaltando na flora as frutíferas que possuem frutos com propriedades particulares dessas regiões, de alto valor nutricional, essas são pouco exploradas e com comercialização restrita as localidades de origem, e quando utilizadas são por agroextrativistas de forma sustentável, comercializando o fruto *in natura* ou o processando, ou seja, uma pequena comunidade com tradições socioculturais utilizam dos frutos para aumentar a renda (DUTRA *et al.*, 2021; MORZELLE *et al.*, 2015; SCHIASSI *et al.*, 2018).

Dos vários frutos nativos encontrados no Cerrado, tem-se o buriti (*Mauritia flexuosa* L.), que é o fruto de uma palmeira da família *Arecaceae* (FREITAS *et al.*, 2017). O fruto se desenvolve em solo ácido, em áreas que contenha água de forma abundante, bem como nas margens de rios, áreas brejosas ou permanentemente inundadas, de terrenos baixos e normalmente são encontradas mais de uma no mesmo ambiente, sendo assim tem-se a formação dos buritizais, conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2021).

Os frutos são constituídos de pericarpo, também chamado de casca, que possui escamas triangulares castanho-avermelhadas; mesocarpo ou polpa é a porção consumida do fruto, apresenta sabor agridoce e consistência gordurosa e o endocarpo, tecido esponjoso que tem a função de proteger a semente. O buriti pode variar de tamanho de 4 cm a 7 cm de comprimento, 3 cm a 5 cm de diâmetro e a massa pode variar entre 25 a 40 g. Porém, a parte de maior utilização é a polpa, com o seu processamento as agroindústrias podem produzir doces, sorvetes, geleias, vinhos e óleos (EMBRAPA, 2021; MESQUITA *et al.*, 2022; SAMPAIO; CARRAZZA, 2012).

Durante o processamento do buriti, ocorre também a produção de coproduto ou subprodutos, estes são as cascas, bagaços, sementes, dentre outros que são descartados de maneira inadequadas contaminando as áreas próximas ao local de processamento do fruto e/ou nascentes ou são destinados a alimentação animal para reduzir custos operacionais (DAMIANI *et al.*, 2020; RAMOS *et al.*, 2023; SETTE *et al.*, 2020).

Nesse sentido, a fim de conter os danos ambientais causados por descarte inapropriado dos resíduos, estão buscando medidas de utilizar os coprodutos. Além disso, os resíduos por conterem a quantidade e qualidade nutricional almejada em produtos alimentícios, em virtude de serem igualmente ricos em nutrientes encontrados no fruto *in natura*, tais como as vitaminas B, C e E, alto teor de fibras alimentares, polifenóis, lipídeos com ácidos graxos insaturados e ferro, estão sendo empregados para agregar valor nutricional na elaboração e no desenvolvimento de novos produtos e, também realizar a

valorização econômica dos resíduos alimentares, empregando-os como coprodutos (PESSÔA, 2017; REIS, SCHMIELE, 2019; REZENDE, FRANCA, OLIVEIRA, 2019).

Em função de conservar os coprodutos para posterior utilização, podem ser utilizados diversos métodos, porém os com maior frequência e mais antigos dentre eles é a secagem, que consiste em remover a umidade do produto, seja por método natural (feita ao sol) ou artificial (com o auxílio de um equipamento/mecanismo). O uso da técnica é válido, devido esta retardar a deterioração do alimento, por diminuir a atividade de água do produto, e conseqüentemente, inibir ou retardar o crescimento de microrganismos. Além disso, durante o processo não ocorrem perdas nutritivas severas dos nutrientes presentes nos alimentos (SANTANA E SILVA *et al.*, 2021).

Diante do exposto, objetivou-se desenvolver o processo de secagem do coproduto da agroindústria de buriti (*Mauritia flexuosa* L.), para posteriormente avaliar as características físico-químicas e microbiológicas da farinha produzida a partir da torta de buriti.

Material e Métodos

Material Experimental

A torta de buriti, coproduto da agroindústria de óleo de buriti, foi fornecida pela Cooperativa Grande Sertão, Montes Claros (MG), em janeiro de 2023. As amostras, acondicionadas em sacos plásticos, foram mantidas sob congelamento (- 6 °C) até o início do experimento, a fim de preservar suas características nutricionais e microbiológicas. O beneficiamento do óleo de buriti procede primeiramente, com a raspagem da polpa para separar da semente do fruto, posteriormente, é realizado a etapa de secagem natural (ao sol) e, em seguida ocorre o processamento da polpa seca com o auxílio da prensa. Durante a prensagem obtém-se a torta, sendo esta cedida pela Cooperativa para executar as análises, entretanto, algumas informações sobre os parâmetros foram preservadas pela Cooperativa por questões de sigilo agroindustrial.

Parâmetros de secagem da torta de buriti

A secagem foi realizada em um secador (Marca PardalTec, Modelo PE 14) à 65 °C em velocidade constante, durante 720 min. O experimento foi baseado na metodologia descrita por Canochauca *et al.* (2004), com modificações. Inicialmente, aproximadamente 50 g da amostra foi acomodada em bandejas de forma uniforme para que toda superfície do produto ficasse exposta ao ar de secagem. O experimento foi conduzido em quintuplicata (cinco bandejas por tratamento) com três repetições de

processo em dias diferentes. O monitoramento da perda de peso da amostra foi realizado em intervalos de tempo pré-definidos, de 15 em 15 min até completar 90 min, de 30 em 30 min até completar 240 min e de 60 em 60 min até completar 720 min de secagem.

A curva de cinética de secagem foi ajustada seguindo o modelo exponencial que relaciona a umidade adimensional (teor de umidade/teor de umidade inicial) e o tempo de secagem (CANO-CHAUCA *et al.*, 2004).

O modelo exponencial foi ajustado para os dados experimentais mediante análise de regressão não-linear, conforme a Equação 1.

$$\frac{U}{U_0} = e^{-kt} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

U = teor de umidade no tempo t (% base úmida);

U_0 = teor de umidade inicial (% base úmida);

k = constante de secagem;

t = tempo de secagem (min).

Caracterização físico-química e microbiológica da torta de buriti

Na torta de buriti *in natura* e na amostra seca à 65 °C por 360 min foram determinados os teores de umidade em estufa à 105 °C até peso constante (método 012/IV) e o índice de acidez álcool-solúvel (método 415/IV) seguindo as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

O teor total de carotenoides foi determinado pela metodologia descrita por Cardoso *et al.* (2020), com modificações. Em um tubo Falcon de 15 mL, aproximadamente 0,5 g de amostra foram misturadas a 5 mL de uma solução acetona:etano:hexano (2,5:2,5:5) v v⁻¹ por 1 minuto em vórtex (Marca Nova). Em seguida, foi adicionado 0,5 mL de água destilada e agitada novamente por 1 minuto. O tubo foi então centrifugado a 7.000 rpm à 4 °C por 5 min em centrífuga refrigerada (Marca Thermo Scientific). A fase superior, contendo hexano e carotenoides, foi transferida para um balão volumétrico de 25 mL e completado o volume com o mesmo solvente. Foi realizada a leitura do extrato em espectrofotômetro (Marca Shimadzu, Modelo UV-1280) no comprimento de onda de 450 nm. Para o cálculo do teor total de carotenoides foi utilizada a Equação 2.

$$\text{Total de carotenoides } (\mu\text{g g}^{-1}) = \frac{A \times V_f \times 10^4}{m \times E^{1\%}} \quad (\text{Eq. 2})$$

onde:

A = Absorbância do extrato em 450 nm;

V_f = Volume final do extrato;

m = Massa da amostra (g);

$E^{1\%}$ = Coeficiente de extinção de β -caroteno = 2505.

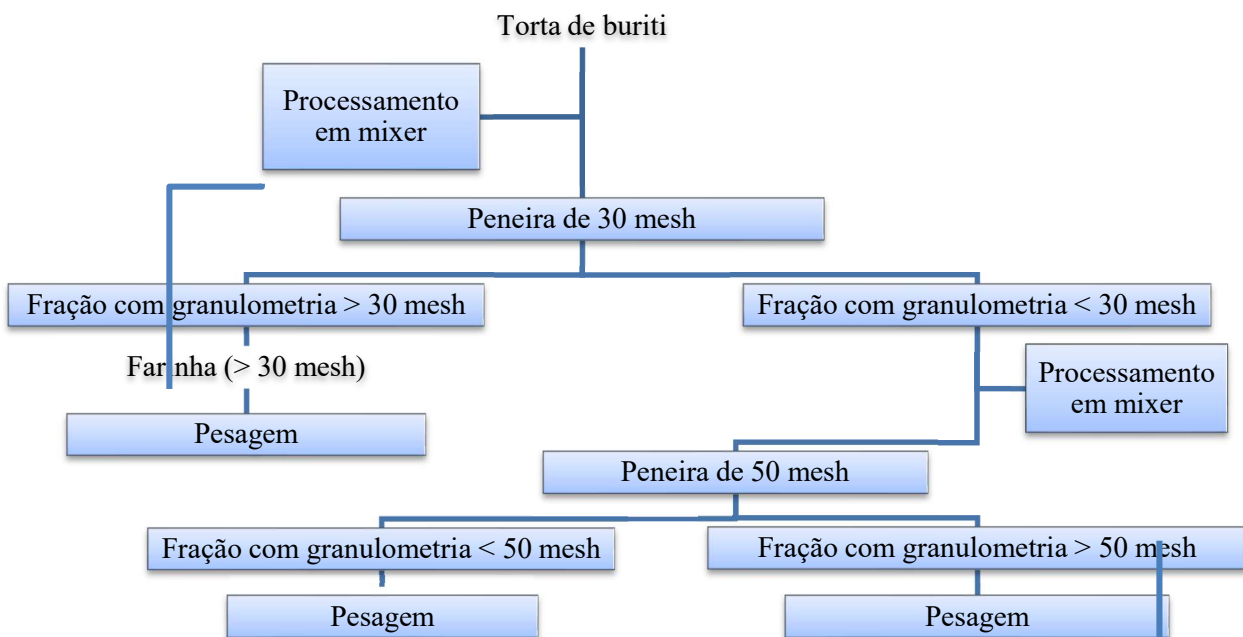
Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando-se intervalo de confiança de 95 % pelo Test t de Student. O programa utilizado para as análises foi o software R (R CORE TEAM, 2023).

Para avaliação microbiológica das amostras foi realizada a contagem de coliformes a 45 °C (NMP g^{-1}) por meio da técnica número mais provável (SILVA *et al.*, 2017). Os resultados foram avaliados de acordo com a Instrução Normativa N° 161/2022 (BRASIL, 2022).

Rendimento da farinha da torta de buriti

A torta de buriti foi processada a fim de se obter frações de farinhas com diferentes granulometrias para aplicação em produtos de panificação e massas, ou para utilização direta na alimentação humana. Foram utilizadas peneiras com granulometria de 30 e 50 mesh. Para obtenção da farinha, uma amostra de aproximadamente 100 g da torta de buriti foi inicialmente passada pela peneira de 30 mesh e posteriormente por uma peneira de 50 mesh. As frações retidas nas respectivas peneiras foram processadas em um mixer processador da marca splabor no modelo A11BS32 por 5 min e passadas novamente pelas peneiras. O fluxograma do processo está apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma de processamento da torta de buriti para produção de farinha



Fonte: Dos autores, 2023.

O rendimento do processo foi calculado a partir das pesagens das frações em relação a amostra inicial, conforme a Equação 3.

$$R = \frac{Mf}{Mi} \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

onde,

R = Rendimento;

Mf = Massa da fração (g);

Mi = Massa inicial da torta de buriti.

O experimento foi conduzido com três repetições do processo.

Resultados e Discussão

Parâmetros de secagem da torta de buriti

A torta de buriti apresentou uma umidade inicial de $8,75 \pm 0,72 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ e final (720 min) de $1,54 \pm 0,22 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$. De acordo com a RDC nº 711/2022, que dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães, o limite máximo de umidade é de $15 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ (BRASIL, 2022). Desta forma, a torta de buriti se encontra com umidade apropriada para ser transformada em farinha.

Segundo Santos e Oliveira (2020), a umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade e composição, e pode afetar a estocagem, embalagem e processamento. Uma vez que a umidade tem relação direta com a atividade de água (A_w) do alimento, valores menores irão reduzir as probabilidades de oxidação lipídica, uma vez que esta é uma das alterações nos alimentos influenciadas pela A_w (CELESTINO, 2010). Considerando que a torta de buriti apresenta um considerável teor lipídico, segundo Barbosa *et al.* (2019) de $17,23 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, a redução da umidade se torna uma alternativa para preservação do produto sugerindo um aumento da vida de prateleira.

Na Figura 2, está apresentada a curva de secagem da torta de buriti à 65°C , observando a variação da umidade adimensional (U/U_0) em função do tempo de secagem (min). A partir da curva, pode-se observar uma estabilidade na taxa de secagem a partir de 360 min. Segundo Cano-Chauca *et al.* (2004), "as diferenças aumentam em virtude da resistência interna ao transporte de massa d'água", o que acontece após um período mais longo de secagem.

O modelo exponencial adotado para melhor ajuste da curva está apresentado na Equação 4.

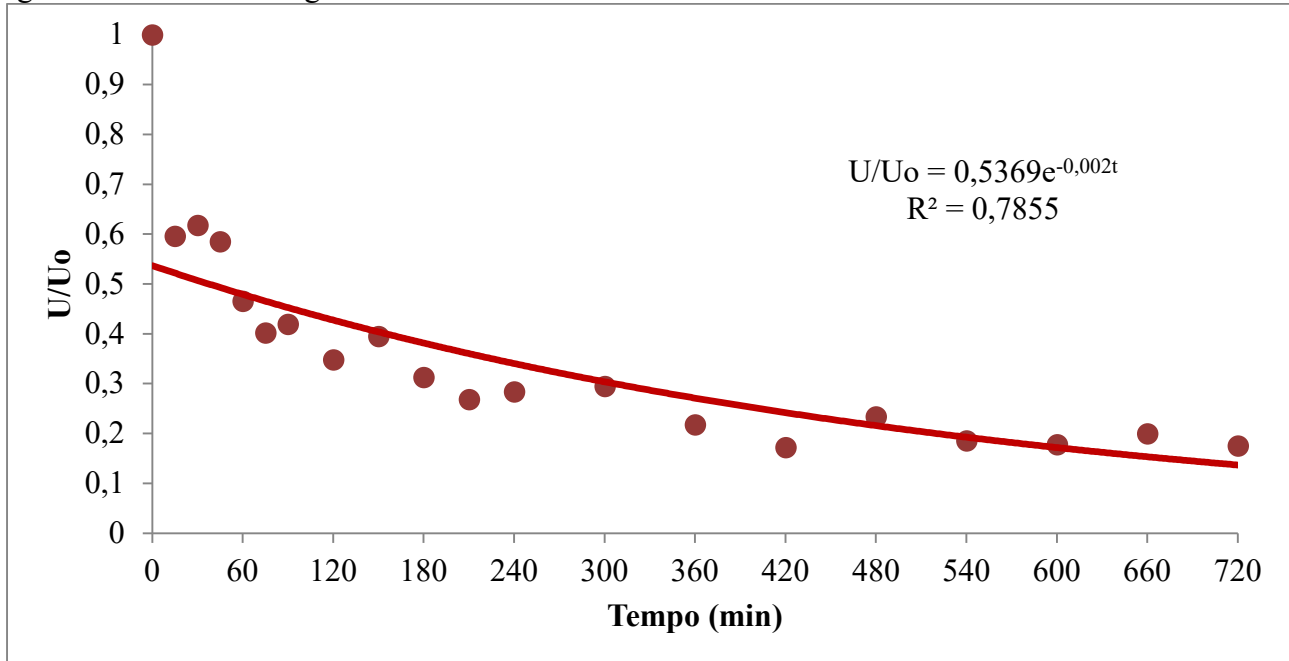
$$\frac{U}{U_0} = 0,5369e^{-0,002t} \quad (\text{Eq. 4})$$

onde, U = teor de umidade no tempo t (% base úmida);

U_0 = teor de umidade inicial (% base úmida);

t = tempo de secagem (min).

Figura 2 - Curva de secagem da torta de buriti à 65 °C



Fonte: Dos autores, 2023.

Levando-se em consideração que a umidade se estabilizou em 360 min, empregando-se o tempo na Equação 4, pode-se prever que a umidade da torta de buriti será de 2,29 g 100 g⁻¹. Gomes *et al.* (2020) em estudo sobre a caracterização e elaboração de pães feitos com farinha de buriti, obtiveram resultados com a secagem (a 65 °C por 21 h), de umidade de 5,65 g 100 g⁻¹, assim os autores seguiram os padrões estabelecidos pela legislação, sendo de 15,0 % segundo BRASIL (2022). De acordo com Lage (2014) que obteve o resultado de 4,60 g 100 g⁻¹ de umidade na farinha, após realizar a secagem em estufa à temperatura de 105 °C e no estudo de Morais *et al.* (2019) a amostra apresentou teor de umidade para farinha da casca de buriti foi 9,23 g 100 g⁻¹.

O limite de 15 % de umidade em farinhas deve sempre ser preconizado, visto que grandes quantidades de água nesse produto diminuem sua qualidade tecnológica, pois há a formação de grumos que dificultam o processo de homogeneização da massa; além disso, uma alta atividade de água facilita o desenvolvimento microbiano patogênico (BERTAGNOLLI *et al.*, 2014).

Caracterização físico-química e microbiológica da torta de buriti

Os resultados para acidez álcool-solúvel e carotenoides na amostra de torta de buriti *in natura* e seca à 65 °C por 360 min estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que o tratamento da torta de buriti

por 360 min à 65 °C reduziu a acidez e o teor de carotenoides totais em relação a torta *in natura*.

Tabela 1 - Acidez álcool-solúvel e carotenoides na torta de buriti *in natura* e seca à 65 °C por 360 min

	Torta de buriti <i>in natura</i>	Torta de buriti seca
Acidez álcool-solúvel (N % v m ⁻¹)	2,03 ± 0,00 ^a	1,17 ± 0,00 ^b
Carotenoides (µg g ⁻¹)	5,23 ± 0,06 ^a	4,89 ± 0,16 ^b

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Letras iguais na mesma linha não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste T Student.

Segundo Miranda e El-Dash (2002), o valor de acidez pode ser usado como uma medida objetiva da qualidade de um produto. Em estudo realizado por esses autores, com o objetivo de avaliar o efeito do tempo de germinação de trigo em algumas características nutricionais e na estabilidade ao armazenamento de farinha integral, a acidez álcool-solúvel elevou-se significativamente em todas as farinhas com o aumento do tempo de armazenamento de trigo.

Dias, Freitas e Cerqueira (2015), em trabalho que teve por objetivo avaliar qualitativamente amostras de farinha de trigo comercializadas na cidade do Rio de Janeiro/RJ, os autores encontraram valores de acidez que variaram entre 9,29 e 9,72 N % v m⁻¹. Segundo os autores, esses valores estavam acima do permitido pela Legislação, uma vez que a Resolução 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA) indica um limite máximo de até 4,0 mL de solução N% v/p para farinhas (BRASIL, 1978). Os dados encontrados para as amostras aqui analisadas foram inferiores, indicando positivamente o estado de conservação das farinhas, pois, segundo Dias, Freitas e Cerqueira (2015), um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio.

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados da análise microbiológica da farinha da torta de buriti *in natura* e seca à 65 °C por 360 min. Foi constatada ausência de Coliformes a 45 °C nas amostras indicando que estão dentro dos padrões microbiológicos estabelecidos pela Legislação e consequentemente pode-se aferir que há ausência de *Escherichia coli* nas amostras de farinhas de Buriti, independente do tratamento (BRASIL, 2022).

Tabela 2 - Contagem de coliformes a 45 °C nas farinhas da torta de buriti

EC (NMP g ⁻¹)	Farinha da torta de buriti <i>in natura</i>			Farinha da torta de buriti seca à 65 °C por 360 min		
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
	0	0	0	0	0	0

Fonte: Dos autores, 2023.

Rendimento da farinha da torta de buriti

Foram obtidas três frações de farinha com três granulometrias diferentes, maior que 30 mesh, entre 30 e 50 mesh e menor que 50 mesh (Figura 3). A proposta é de se utilizar as farinhas em diferentes produtos, por exemplo, a de menor granulometria para elaboração de pães a fim de não comprometer a rede de glúten no processo de fermentação e cozimento, resultando em um pão com maior volume. O rendimento para farinha com granulometria menor que 50 mesh foi de $69,44 \pm 5,05$ % (Figura 4), se apresentando como uma alternativa viável para sua comercialização e emprego na área de panificação.

Galhardo (2019) elaborou a farinha da casca da manga para posterior utilização na confecção de biscoito sem glúten, obteve maior rendimento nas granulometrias de 30 e 35 mesh, estas foram utilizadas para elaboração do biscoito, em todas as análises os biscoitos foram bem avaliados. Sendo a textura um parâmetro relevante para atribuir a aceitação do alimento feito com a farinha com essas granulometrias, que também obteve uma boa nota dos avaliadores, mesmo aquelas com maior porcentagem de farinha de manga.

De acordo com Santos (2021), no estudo sobre a elaboração de biscoitos com a farinha da casca do maracujá, o autor realizou a análise granulométrica da farinha obtendo em média 49 % de rendimento de farinha com granulometria menor que 50 mesh. Entretanto o autor não especificou qual a granulometria utilizada para elaborar os biscoitos; todavia, os resultados da análise sensorial avaliados como a textura, aparência e aroma obtiveram boa aceitação e são descritos como satisfatórios.

Figura 3 - Farinhas da torta de buriti em três granulometrias diferentes



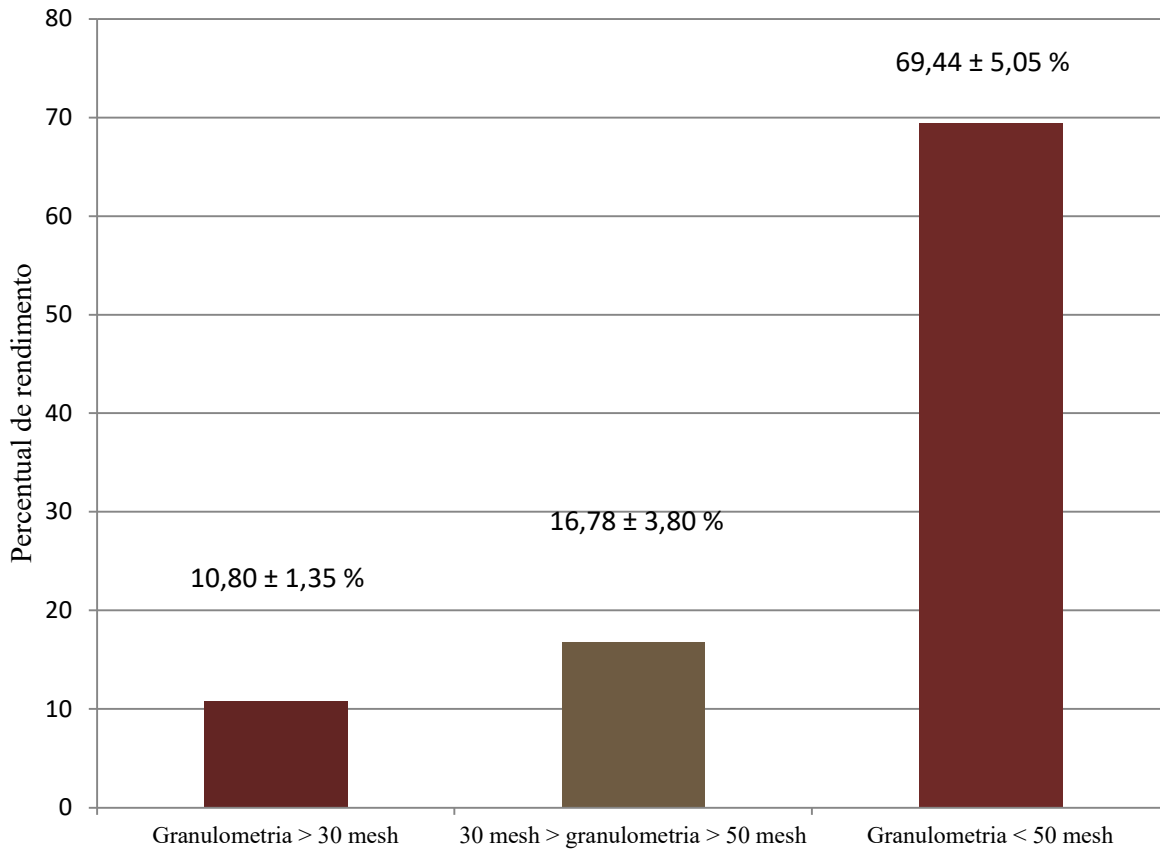
Granulometria > 30 mesh

30 mesh > Granulometria > 50 mesh

Granulometria < 50 mesh

Fonte: Dos autores (2023).

Figura 4 - Rendimento da farinha da torta de buriti



Fonte: Dos autores (2023).

A granulometria mensura tamanho dos grânulos de um produto que tenha passado por um processo de diminuição das partículas, por exemplo, moído e o tamanho dos grânulos é medido pelo diâmetro geométrico médio (DGM), o processo permite que as partículas sejam relacionadas com a distribuição dimensional e este é aplicado para a padronizar farinhas. Ter conhecimento sobre a granulometria da farinha direciona na qualidade do produto acabado que se deseja produzir, pois a quantidade de água absorvida e umidade da farinha, sofre influências devido ao tamanho do grânulo da farinha, ou seja, ocorre interferência direta na consistência da massa de alimento panificado a ser produzido (BRANDÃO; LIRA, 2011).

Conclusão

O método de secagem utilizado no tratamento do coproduto de buriti, em estufa a 65 °C, mostrou ser uma prática viável e aplicável em resíduos alimentares agroindustriais para o processamento da farinha obtida. A umidade final do produto se encontrou dentro dos parâmetros exigidos pela legislação vigente e também se assemelharam a outros estudos realizados em produtos à base de buriti. A farinha pode ser consumida diretamente na alimentação humana e/ou usada na elaboração de produtos de

panificação para seu enriquecimento nutricional. Ainda, o método utilizado aumenta a vida de prateleira do coproduto e agrega valor, o que favorece a renda dos agroextrativistas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

Referências

- BARBOSA, R.P.A. *et al.* **Utilização de farinha da torta de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) na elaboração de barra de frutas.** In: VIEIRA *et al.* (Org.). III Simpósio de Engenharia de Alimentos – SIMEALI: interdisciplinaridade e inovação na Engenharia de Alimentos. 1ed. Montes Claros: ICA - UFMG, 2019, v. 1, p. 93-99.
- BERTAGNOLLI, S. M. M. *et al.* **Bebidas fermentadas de goiaba: compostos bioativos, caracterização volátil e aproveitamento de resíduos.** 2014. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2014.
- BRANDÃO, S. S.; LIRA, H. de L. **Tecnologia de Panificação e Confeitaria.** Recife - PE: EDUFRPE, 148 p. 2011.
- BRASIL. Resolução 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 jul. 1978. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnpa/1978/res0012_30_03_1978.html. Acesso em: 19 jun. 2023.
- BRASIL. Resolução RDC nº 711 de 1 de julho de 2022, **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 1 jul. 2022. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6482578/RDC_711_2022_.pdf/c739c4a9-6d94-424d-b27b-5ffed15474cf. Acesso em: 19 jun. 2023.
- BRASIL. Instrução Normativa IN Nº 161, de 1º de julho de 2022, **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN_161_2022_.pdf/b08d70cb-add6-47e3-a5d3-fa317c2d54b2. Acesso em: 19 jun. 2023.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Portal do buriti.** Brasília: EMBRAPA, 2021. Disponível <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/materias-primas/buriti>. Acesso em: 11 jun. 2023
- CANO-CHAUCA, M. N. *et al.* Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim CEPPA**, v. 22, n. 1, p. 121-132, 2004.
- DIAS, C. M.; FREITAS, M. C. J.; CERQUEIRA, P. M. Análise físico-química de farinha de trigo tradicional. **Nutrição Brasil**, v. 14, n. 1, p. 15-19, 2015.

DUTRA, R. M. S. *et al.* O agroextrativismo no Cerrado a partir da perspectiva analítica da cienciometria entre 2015 e 2020. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 9, n. 3, p. 81-98, 2021.

ERBAY, Z.; ICIER, F. A review of thin layer drying of foods: Theory, modeling, and experimental results. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 50, n.5, p. 441-464, 2010. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/10408390802437063> >. Acesso em: 22 out. 2023.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.

FREITAS, M. L.F. *et al.* Quality characteristics and thermal behavior of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil. **Grasas y Aceites**, v. 68, n. 4, p. 1-9, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/170616>. Acesso em: 11 jun. 2023.

GALHARDO, C. S. **Elaboração de biscoito sem glúten com farinha da casca de manga**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13343/1/biscoitosemglutencascamanga.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

LAGE, N. N. **Avaliação do potencial antioxidante da farinha de buriti (*Mauritia flexuosa*) in vitro e em ratos diabéticos**. 2014. 90f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Nutrição) – Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Nutrição, Ouro Preto, 2014.

MESQUITA, J. A. Physico-chemical characterization and lipid profile of a premix with buriti oil for application in meat products. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e8111628844, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.28844. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/28844>. Acesso em: 11 jun. 2023.

MIRANDA, M. Z.; EL-DASH, A. Farinha integral de trigo germinado: 3. Características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Food Science and Technology**, v. 22, n.3, p. 216-223, 2002.

MORAIS, R. A. *et al.* Caracterização Química, física e tecnologia da farinha obtida a partir da casca de Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 23307-23322, 2019.

MORZELLE, M. C. *et al.* Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 96-103, 2015.

PESSÔA, P. A. P. **Avaliação das propriedades do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) e sua aplicação em creme vegetal**. 2017. 126f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2017.

RAMOS, S. A. *et al.* Reaproveitamento de resíduos alimentares: Desenvolvimento e caracterização de farinha de casca de tangerina (*Citrus reticulata*). **Scientia Plena**, v. 19, n. 4, 2023. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2023.041501>

R CORE TEAM (2023). **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 01 jun. 2023.

REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, [s.n.], e2017150, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/F3N9GCfWzJRx77Py3ShRmRq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 jun. 2023.

RESENDE, L. M.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. **Food Chemistry**, v. 270, [s.n.], p. 53–60, 2019.

SANTANA E SILVA, A. B. *et al.* Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 10, p. 85-105, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36560/141020211424>.

SANTOS, L. J. O. G. **Caracterização da casca do maracujá e elaboração de biscoitos como alternativa para alimentação funcional**. 2021. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Anápolis, Anápolis - GO, 2021. Disponível em: < <http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/890> >. Acesso em: 22 out. 2023.

SANTOS, M. I. S. S.; OLIVEIRA, M. P. G. **Determinação do teor de umidade em farinhas de coco industrializadas e comercializadas a granel na região metropolitana do Recife**. 2020. 20f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Faculdade Pernambucana de Saúde, Recife, 2020. Disponível em: < <http://tcc.fps.edu.br:80/jspui/handle/fpsrepo/853> >. Acesso em: 22 out. 2023.

SCHIASSI, M. C. E. V. *et al.* Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, v. 245, [s.n.], p. 305-311, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.104>.

SETTE, P. *et al.* Integral valorization of fruit waste from wine and cider industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 242, [s.n.], p. 1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118486>.

SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. São Paulo: Editora Blucher, 2017. 535p.

CAPÍTULO 5

Desenvolvimento de um secador de frutas solar com convecção forçada

Silas Santana da Silva*¹; Gabriel Rosário Santos¹; Thinara de Freitas Oliveira²; Rosana Moura de Oliveira²; Leandro Soares Santos*³; Leonardo Vieira Pontes³

Resumo

Desidratação de frutas é um método que consiste em retirar água do produto através do fenômeno de transferência de calor e massa com o objetivo de atingir baixos teores de umidade, inibindo o crescimento de microrganismos, degradação de nutrientes e, assim, contribuindo na conservação do alimento. A desidratação torna o alimento caro devido ao baixo rendimento da matéria prima e o alto consumo de energia envolvida no processo. Nesse sentido, objetivou-se desenvolver um desidratador solar com incidência direta de radiação através de vidro, elaborado com estrutura de aço inox, pintado com cor preta para obter a maior absorvância de radiação solar e utilizando ventiladores de corrente contínua para obter convecção forçada do ar de secagem. O intuito é que fosse prático, eficiente, econômico e de uso doméstico. Para isso foi utilizado uma chapa de aço inoxidável 70x110 cm, dois vidros com 44x73 cm e 31x37 cm, duas barras de ferro em formato cilíndrico ¼ polegada de diâmetro, duas dobradiças pequenas, dois ventiladores de 8 cm de diâmetro alimentado com corrente contínua, uma fonte de notebook 12 v, bandeja perfurada 30x35 cm, balança digital e termômetro digital. O desidratador apresentou uma boa performance, atingiu a temperatura onde ocorreu boa taxa de transferência de vapor de água ocasionando a desidratação, que variaram entre 41 a 59 °C e foi capaz de desidratar duas amostras de duas frutas testadas: abacaxi atingindo um teor de umidade final de 25 % e maçã obtendo a umidade final de 2 %, mantendo o aspecto seco. O desidratador pode ser uma forma viável de uso doméstico para produzir diversas frutas desidratadas, sendo necessário um espaço com boa incidência solar.

Palavras-chave: Desidratação. Energia solar. Equipamento.

Introdução

Para manter o equilíbrio entre o crescimento populacional e a oferta de alimentos as perdas de

¹ Graduando; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

² Pós-graduanda; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

³ Docente; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

*E-mail: silassantanadasilva95@gmail.com

alimentos durante a colheita e comercialização devem ser minimizadas. A desidratação por meio da energia solar é um processo simples, baseado na remoção do excesso de água presente em alguns alimentos perecíveis, cuja umidade encontra-se na faixa de 25 % a 80 %. Este procedimento é uma das formas mais antigas de preservação e minimização das perdas de alimentos. Para isso, é necessário a remoção de parte/total teor de umidade presente nestes alimentos a fim de desacelerar a perda de nutrientes, bem como a contaminação por bactérias e fungos (BELESSIOTIS *et al.*, 2011).

Existem vários métodos de secagem utilizando o calor do sol como fonte de energia. Dentre eles, pode ser utilizado a exposição direta com apenas uma tela para a proteção de insetos ou a utilização de estufas para reter o calor e melhorar a eficiência do processo. Ambos os casos são utilizados, principalmente, no meio rural para produção em pequena escala, mas esses modelos podem ser estudados para utilização em maior escala apenas com energia solar ou um sistema híbrido (SANTANA *et al.*, 2021).

Dentre as estufas utilizadas para secagem de frutas é comum a utilização de madeira para estrutura com uma cobertura de plástico ou vidro, utilizando o fenômeno de convecção natural para que ocorra a renovação do ar dentro da estufa (DA SILVA *et al.*, 2019). Em alguns modelos pode ser empregado a utilização do aço como forma de aumentar a transferência de calor e a absorbância da radiação eletromagnética que pode resultar em uma temperatura maior dentro da estufa (MACHADO *et al.*, 2011). Secadores com convecção forçada, que pode ser feito com auxílio de um ventilador que proporciona energia mecânica para o ar, contribui para a eficiência do processo, pois permite uma troca maior do ar mais úmido que recebe a água evaporada do alimento com o ar exterior mais seco, além disso, com o aumento da velocidade ocorre o aumento da taxa de transferência de energia e massa do sistema (REIS *et al.*, 2022).

Produtos secos de alta qualidade podem ser produzidos e armazenados com custos relativamente baixos, o que os torna adequados para o atual mercado global competitivo. A secagem de alimentos é comumente descrita como um fenômeno químico complexo, multiescalar, multifásico e multifísico, tornando-se mais caro e de pouco acesso (DEFRAEYE, 2014). Devido isso, nas últimas décadas, inúmeras pesquisas foram realizadas para examinar e otimizar ainda mais o processo de secagem visando, principalmente, aumentar a qualidade do produto final, diminuir o tempo de secagem e diminuir os custos de fornecimento de energia do secador usando fontes renováveis (HII *et al.*, 2012).

Com o aumento da produção dessas frutas também ocorre o aumento do consumo de energia, seja em forma de gás combustível ou eletricidade em secadores comerciais (DA SILVA *et al.*, 2019). Para reduzir os custos, novos desidratadores devem ser desenvolvidos para seguir a tendência de produção mais limpa e reduzir os custos de matéria prima, utilizando a energia solar para substituir o combustível. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho consistiu em desenvolver um desidratador solar

com um sistema de convecção forçada, testando a eficiência em duas amostras de frutas: abacaxi e maçã.

Material e Métodos

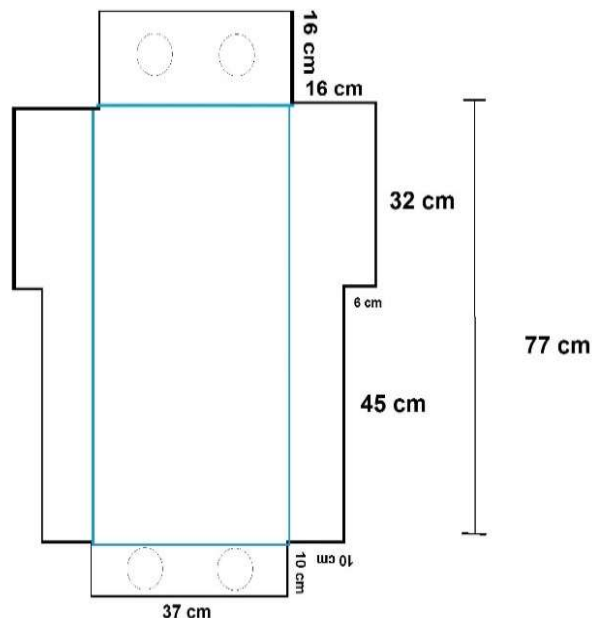
Material

Foi utilizado uma chapa de aço inoxidável 70x110 cm, dois vidros 44x73 cm e 31x37 cm, duas barras de ferro em formato cilíndrico $\frac{1}{4}$ polegada de diâmetro, duas dobradiças pequenas, dois ventiladores de 8 cm de diâmetro alimentado com corrente contínua, uma fonte de notebook 12 v, tinta spray preto fosco, adesivo silicone, bandeja perfurada 30x35 cm, balança digital, termômetro digital, duas maçãs e um abacaxi.

Desenvolvimento do desidratador

Para montagem da estrutura, o aço foi cortado no formato retangular e furado quatro círculos de 8 cm de diâmetro, como indicado na Figura 1.

Figura 1 - Corte da chapa de aço visto de cima



Fonte: Dos autores, 2023.

Posteriormente as bordas laterais foram soldadas com o auxílio de uma solda elétrica. As duas barras de ferro foram soldadas no meio para reforçar a estrutura e servir de suporte para o vidro, como

mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Estrutura de aço depois de dobrada e soldada com barras de ferro paralelas como suporte



Fonte: Dos autores, 2023.

Após isso, a dobradiça foi soldada no suporte de ferro e em uma chapa de 5x36 cm, de forma que fique entre as duas barras de ferro, servindo como uma pequena porta onde se coloca a bandeja de frutas. Com o auxílio de uma tinta spray preta a parte externa e a parte frontal, que serve como coletor solar foram pintadas, como mostram a Figura 3.

Figura 3 - Estrutura de aço com porta depois da pintura



Fonte: Dos autores, 2023.

Por último, a parte superior feita de vidro foi adicionada utilizando um adesivo silicone, apresentou incidência direta de radiação através do vidro. Foram instalados os dois ventiladores de

corrente contínua nos círculos abertos na parte da frente, realizando a ligação em paralelo em uma fonte de 12 v para obter convecção forçada do ar de secagem, obtendo o resultado final que está demonstrado na Figura 4. A parte frontal pintada de preto que serve como um coletor solar, onde o ar aquece antes de entrar na câmara de secagem, proporcionando uma melhor absorção da radiação solar.

Figura 4 - Desidratador finalizado e em uso



Fonte: Dos autores, 2023.

Para realizar o processo de desidratação foi utilizado duas maçãs e um abacaxi. Essas frutas foram descascadas e cortadas em formatos circulares. A maçã foi branqueada com uma solução com limão diluído e, posteriormente, foram pesadas, espalhadas na bandeja e a massa foi aferida a cada uma hora, durante 8 horas. O abacaxi foi branqueado com vapor e foi desidratado da mesma forma, pensando-o no intervalo de 1 em 1 hora, totalizando 7 horas. Durante a secagem foi medido a temperatura no desidratador com o auxílio de um termômetro digital.

Figura 5 - Fluxograma das etapas de preparo da maçã



Fonte: Dos autores, 2023.

Resultados e Discussão

As medidas de temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU) e umidade relativa no secador estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Temperatura e umidade do interior do secador

Hora	Temperatura (°C)
09:00	59
12:00	55
15:00	41

Fonte: Dos autores, 2023.

Observando a Tabela 1, o desidratador apresentou uma boa performance, atingiu a temperatura em que ocorre uma boa taxa de transferência de vapor de água para que ocorra a desidratação. O sistema de circulação de ar funcionou sem interrupção, alimentando o secador com um fluxo contínuo de ar para que ocorresse a convecção forçada e troca do ar úmido. A umidade relativa no secador atingiu valores baixos, ideal para que haja gradiente de concentração de água entre a fruta e o ar de secagem e facilita a transferência de massa (INCROPERA, 2011).

Por se tratar de um sistema em que há troca de energia por condução no contato da fruta com a bandeja, por convecção através do ar aquecido que está circulando no secador e radiação que passa pelo

vidro, se torna bastante complexo o estudo da transferência de calor. Além disso, ocorrem variações de temperatura por alguns motivos: a formação de nuvens pode bloquear a luz do sol, e o ângulo que a luz incide sobre o secador pode interferir aquecendo diretamente o termômetro ou a parede do secador.

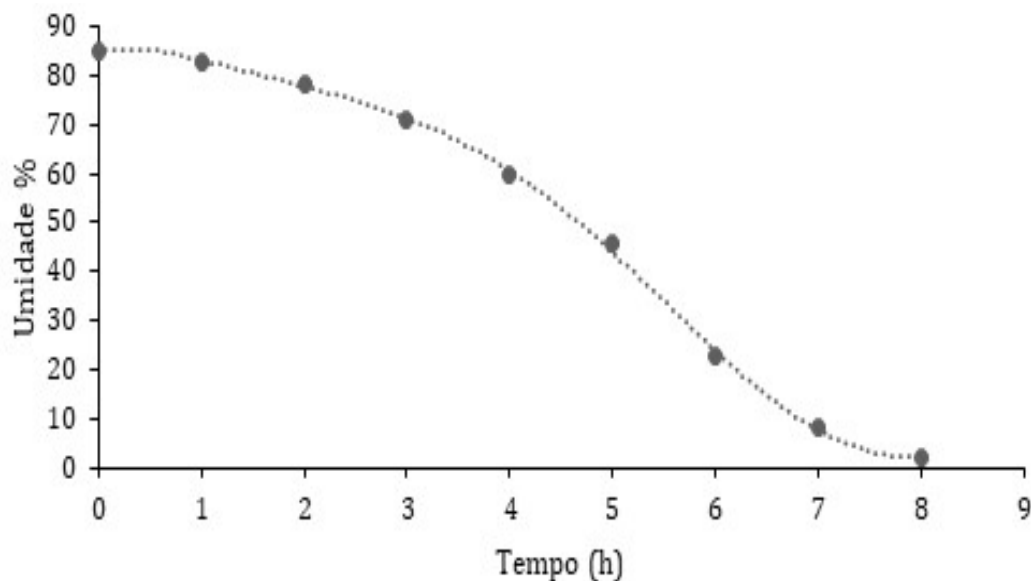
Na Tabela 2 estão demonstrados os horários das pesagens, o tempo que decorreu durante o processo, a massa total da maçã, a massa de água na fruta e a umidade em base úmida B.U % e na Figura 6 está demonstrado o tempo de secagem com a umidade B.U %.

Tabela 2 - Dados da secagem da maçã

Hora	Tempo (h)	Massa (g)	Massa de água (g)	Umidade (%)
08:00	0	196	166,6	85,00
09:00	1	173	143,6	83,01
10:00	2	136	106,6	78,38
11:00	3	102	72,6	71,18
12:00	4	73	43,6	59,73
13:00	5	54	24,6	45,56
14:00	6	38	8,6	22,63
15:00	7	32	2,6	8,13
16:00	8	30	0,6	2,00

Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 6 - Tempo de secagem da maçã e umidade B.U %.



Fonte: Dos autores, 2023.

A maçã tem um alto teor de umidade (aproximadamente 85 %), possibilitando sua desidratação. Estudos na área de desidratação informam que métodos como liofilização e secagem podem proporcionar poucas alterações em suas características sensoriais.

Os resultados observados neste estudo demonstraram um comportamento diferente da literatura por demandar maior tempo para entrar na fase de taxa constante de transferência de massa constante. Isso pode ter ocorrido devido ao aquecimento solar ser mais lento do que os métodos utilizando gás ou eletricidade, ou a devido a influência da mudança de incidência de radiação solar casado por nuvens que pode resfriar o sistema tornando a transferência de massa mais demorada.

A desidratação das frutas atingiu a umidade desejada de acordo estudos feitos na literatura. A umidade final da maçã ficou em 2 % de acordo com a Tabela 2, permanecendo dentro do padrão comercial (DA SILVA *et al.*, 2019), resultando em um produto bastante seco e com a coloração alaranjada, como mostra a Figura 7. Essa coloração ocorreu devido a reações químicas na fruta desencadeadas, principalmente, pela radiação solar. Um exemplo de reação é a caramelização que ocorre devido a alta concentração de açúcar nas frutas e aumento no calor, ou escurecimento enzimático de algumas enzimas que permaneceram ativas (SANTANA *et al.*, 2021).

Figura 7 - Maçã desidratada obtida pelo secador solar por convecção forçada.



Fonte: Dos autores, 2023.

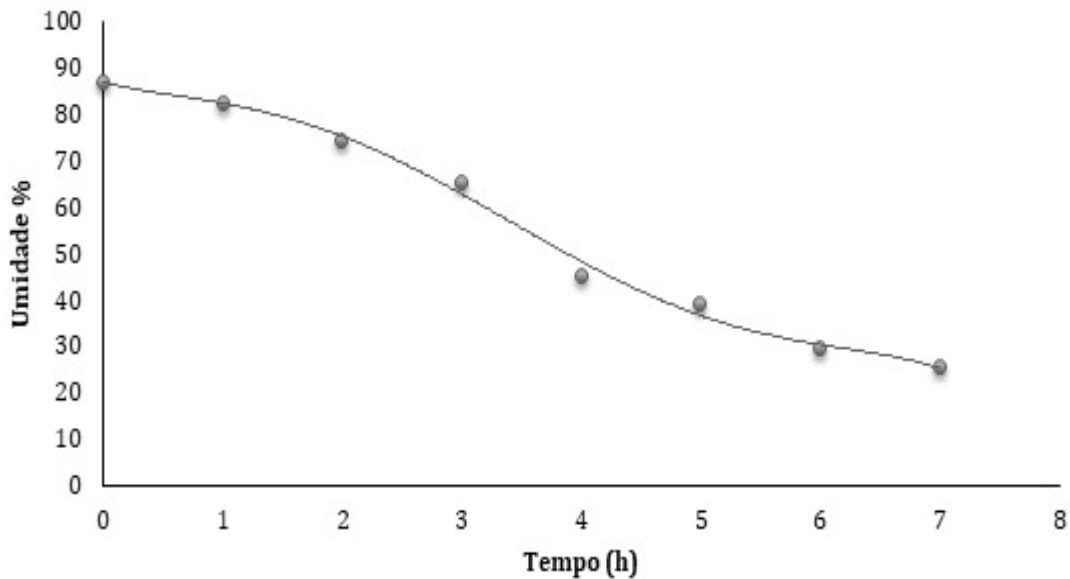
A Tabela 3 apresenta todos os dados de secagem do abacaxi. A Figura 8 contém a relação do tempo de secagem com a massa do abacaxi.

Tabela 3 - Dados da secagem do abacaxi

Hora	Tempo (h)	Massa (g)	Massa água (g)	Umidade (%)
09:00	0	206	179,22	87,00
10:00	1	154	127,22	82,61
11:00	2	105	78,22	74,50
12:00	3	77	50,22	65,22
13:00	4	49	22,22	45,35
14:00	5	44	17,22	39,14
15:00	6	38	11,22	29,53
16:00	7	36	9,22	25,61

Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 8 - Tempo de secagem do abacaxi e umidade B.U %.



Fonte: Dos autores, 2023.

Ao fim do processo o abacaxi desidratado permaneceu com a umidade de 25 %. DA SILVA *et al.* (2019) considera 25 % o teor mínimo de umidade e 20 % o teor de umidade final ideal, sendo necessário, portanto, mais alguns minutos no processo para atingir 20 % que é a umidade final ideal. O abacaxi desidratado apresentou a coloração dourada devido a radiação solar como mostra na Figura 9.

Araújo, Guerra e Vale (2021) constataram que um desidratador feito com materiais reciclados como aço, plástico e vidro, também atingiu temperaturas que variaram entre 40 a 60 °C, reduzindo o percentual de massa de amostras de bananas, maçãs, tomate e abacaxi desidratados de 78 a 96 %.

Mesmo com apenas convecção natural, foram obtidos resultados satisfatórios em alguns casos, o principal empecilho observado foi a variação de temperatura durante o dia, isso ocorreu provavelmente devido ao recobrimento do sol por nuvens.

Figura 9 - Abacaxi desidratado obtida pelo secador solar por convecção forçada.



Fonte: Dos autores, 2023.

Junior e Souza (2022), elaboraram um desidratador utilizando como materiais tubos de pvc e isopor, depois foram selecionadas amostras de manga e goiaba para a realização do processo de secagem. Neste trabalho a temperatura média durante o dia foi 41 °C e, das frutas estudadas, a goiaba apresentou a umidade final de 23 % e a manga 41 %. Isso mostra que a escolha do material pode ser um fator determinante para a eficiência nesses tipos de desidratadores. O aço mostrou a melhor performance pois nesse caso a perda de umidade foi em uma taxa lenta e não foi suficiente para atingir a umidade satisfatória da manga.

Moghimi, Rahimzadeh e Ahmadpour (2021) desenvolveram um secador solar de frutas e vegetais de baixo custo, construído e testado para produção em pequena escala, especialmente em residências. A capacidade de secagem do secador pôde ser aumentada em mais de 50 % em comparação com o tipo direto, adicionando uma nova bandeja ao novo secador otimizado. A eficiência térmica do secador solar proposto foi estimada em 16,4 %, indicando que o desempenho energético desejável do secador era superior a alguns modelos disponíveis de secadores solares.

Machado *et al.* (2011) desenvolveram um desidratador onde usa a energia solar como fonte de calor e um soprador onde força a circulação de ar em um coletor solar que aquece o ar passando por tubo até o local de secagem que é eliminando a umidade através de um exaustor. No resultado foi obtido produtos com baixa umidade e com aspecto de corânica indicando um bom método de secagem.

Conclusão

O desidratador solar conseguiu reduzir a umidade das amostras. A umidade final da maçã permaneceu em 2 % e o abacaxi em 25 %. O desidratador pode ser uma forma viável de uso doméstico para produzir diversas frutas desidratadas, desde que esteja em um local que possua bastante incidência solar. O projeto pode melhorar aumentando o tamanho e o número de bandejas resultando num sistema híbrido elétrico para produção em maior escala.

Referências

- ARAÚJO, C. V. M. *et al.* Construção de secador solar no semiárido nordestino utilizando materiais recicláveis. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 12, n. 1, p. 21-30, 2021.
- BELESSIOTIS, V., DELYANNIS, E. Solar drying. **Solar Energy**, v. 85, p. 1665–1691, 2011.
- DA SILVA, L. *et al.* Desidratação de maçã a partir de diferentes técnicas: avaliação da umidade e variação de cor. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 11, n. 1, 2019.
- DE SOUZA ARAGÃO, G. *et al.* Desenvolvimento de secador solar para frutas e hortaliças. *In: IV Encontro Nacional da Agroindústria.*, 2018, Bananeiras. UFPB, 2018.
- DEFRAEYE, T. Advanced computational modelling for drying processes – A review. **Applied Energia**, 131, p. 323 – 344, 2014. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914006096>>. Acesso em: 25 jun 2023.
- HII, C. L. *et al.* Solar drying: Fundamentals, applications and innovations. **Group Publication**, 2012. Singapura.
- JUNIOR, J. R. O. e SOUZA, L. G. M. **Fabricação e estudo de um secador solar de baixo custo.** Artigo científico (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Mecânica, Natal, RN, 2022. Disponível em:< https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/48928/1/FabricacaoeEstudo_Oliveira_2022.pdf>. Acesso: 10 jun 2023.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz:** Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.
- INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor.** Pearson Educación, 2011.
- MACHADO, A. V. *et al.* Avaliação de um secador solar sob convecção forçada para a secagem do pedúnculo de caju. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 01 - 07, 2011. Disponível em:< <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/547>>. Acesso em: 4 jul. 2023.

MOGHIMI, P.; RAHIMZADEH, H.; AHMADPOUR, A. Experimental and numerical optimal design of a household solar fruit and vegetable dryer. **Solar Energy**, v. 214, n. 15, p. 575-587, 2021. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X20312743>>. Acesso em: 15 jun 2023.

RABELLO, A. A. *et al.* Utilização da radiação infravermelha na secagem de amostras de banana. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 1-14, 2021. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/351757983_Utilizacao_da_radiacao_infravermelha_na_secagem_de_amostras_de_banana_Use_of_infrared_radiation_in_drying_banana_samples>. Acesso: 10 jun 2023.

REIS F. R. *et al.* Tendências na avaliação da qualidade e métodos de secagem usados para frutas e vegetais. [s.l:s.n.]. **Food Control**, v. 142, 2022. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713522004479>>. Acesso em: 15 jun 2023.

SANTANA, A. B. *et al.* Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 10, 2021.

PARTE 4

NUTRIÇÃO:

Alimentos e saúde, alimentos funcionais, fortificação de alimentos, rotulagem obrigatória



Foto: Victor Maurício, 2019.

CAPÍTULO 1

Análise crítica da rotulagem de doces comercializados no Mercado Central Christo Raeff Nedelkoff, em Montes Claros, Minas Gerais.

Bárbara Clara Soares Fonseca*¹; Livia Aparecida Gomes Silva¹; Caroline Liboreiro Paiva²

Resumo

A qualidade nutricional dos alimentos e a compreensão das informações dos rótulos são extremamente importantes para a saúde e segurança dos consumidores. A Organização Mundial da Saúde (OMS) preconiza que os países forneçam informações acessíveis e compreensíveis nos rótulos dos alimentos embalados. No Brasil, a rotulagem de alimentos é regulamentada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). O estudo teve como objetivo, portanto, analisar a rotulagem de doces comercializados no Mercado Central Christo Raeff Nedelkoff, em Montes Claros, Minas Gerais. Foram coletados 35 rótulos de doces, divididos em 10 categorias. Os rótulos foram avaliados quanto às informações gerais e à rotulagem nutricional, com base nos requisitos estabelecidos pelas legislações brasileiras. A distribuição geográfica dos doces analisados mostrou que o Norte e o Sul de Minas Gerais foram as regiões com maior representatividade. Quanto às classificações dos doces, a maioria era de doces de corte, seguidos por doces em pasta e doces já porcionados. Nenhum rótulo se apresentou totalmente adequado em relação aos requisitos de rotulagem de alimentos. Os itens em desacordo com os requisitos da legislação foram: identificação de lote, 74%, data de validade, 57%, advertência de alergênicos, 37%, advertência de glúten, 34%, advertência de lactose, 29%. Foi observado ainda ausência da tabela nutricional em 40% dos doces analisados, sendo que, dos 21 que possuíam a tabela, apenas 6 estavam em conformidade com as exigências da legislação. Esses resultados evidenciam, portanto, a importância de se garantir a conformidade e clareza nas informações dos rótulos dos alimentos, tanto para atender às expectativas dos consumidores quanto para promover a transparência na comercialização. Fabricantes e produtores devem corrigir eventuais discrepâncias e seguir as legislações vigentes, visando uma comunicação precisa e confiável com os consumidores.

Palavras-chave: Requisitos de rotulagem de alimentos. Rótulos de doces. Saúde pública.

¹ Discente de Graduação em Engenharia de Alimentos, UFMG.

² Docente do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

*E-mail: barbaraclara9922@gmail.com.

Introdução

A Organização Mundial da Saúde preconiza que as indústrias produtoras de alimentos facilitem para os consumidores a compreensão das informações dos rótulos, incluindo a composição nutricional, a fim de contribuir com a ingestão alimentar mais saudável e segura. Para isso, é estabelecido que, em todos os países, tais informações devem ser de fácil compreensão, visualização e acessível a todos os indivíduos (STANGARLIN-FIORI *et al.*, 2020 *apud* WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2000). Os rótulos são um veículo de segurança alimentar, podendo ser definidos como um arcabouço normativo e informacional que descreve as propriedades nutricionais do alimento e possibilita conhecimentos acerca da sua composição e de parâmetros que são indicativos de qualidade e segurança para o consumo (GARCIA; CARVALHO, 2011).

Neste âmbito, a rotulagem de alimentos no Brasil é regulamentada por legislações específicas estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), devendo conter informações explícitas e obrigatórias para todo e qualquer alimento embalado (BRASIL, 2003a; 2003b; 2003c; 2022a; 2022b).

A RDC nº 727, de 1 de julho de 2022, que dispõe sobre a rotulagem dos alimentos embalados, define rotulagem como “toda inscrição, legenda, imagem ou matéria descritiva ou gráfica escrita, impressa, estampada, gravada, gravada em relevo, litografada ou colada sobre a superfície da embalagem do alimento”, devendo apresentar denominação de venda, lista de ingredientes, advertências sobre riscos alergênicos, advertência sobre lactose e também sobre aditivos alimentares, devendo conter ainda, rotulagem nutricional, conteúdo líquido, identificação de origem, identificação de lote, prazo de validade, instruções de conservação, e quando preciso, informações de preparo e uso, além de outras informações regidas por normas exclusivas (BRASIL, 2022b).

Portanto, o rótulo do alimento é uma ferramenta de informação imprescindível ao consumidor, e por isso não pode ser confeccionado de forma errônea, pois pode induzir o consumidor ao erro (BRASIL, 1990). Assim, verifica-se que as indústrias possuem papel importante na disponibilização de alimentos rotulados com informações corretas, tendo também as autoridades sanitárias, a responsabilidade pela fiscalização do cumprimento dos requisitos estabelecidos pelas legislações vigentes (SANTANA, 2018).

O Brasil possui uma forte tradição de comercialização de alimentos artesanais e de produtos da agricultura familiar em espaços denominados mercados municipais ou mercados centrais. Os popularmente chamados apenas de mercados são amplos espaços fixos, cobertos, com vários feirantes, barracas e horários definidos de funcionamento (GUIMARÃES; DOULA, 2018). Neste contexto, na cidade de Montes Claros, norte de Minas Gerais, o Mercado Central Christo Raeff Nedelkoff, também

chamado de Mercado Novo, com 21.450m², 135 boxes e 200 bancas livres dispostas no pátio e área externa da construção, comercializa especiarias, hortifrutigranjeiros, carnes, remédios caseiros, produtos alimentícios embalados e artesanatos. De segunda a quinta-feira, cerca de cinco mil pessoas, entre visitantes e consumidores, frequentam o Mercado Novo, sendo que esse número geralmente duplica nos fins de semana (COSTA, 2022 *apud* GUIMARÃES; DOULA, 2018). A grande variedade de produtos comercializados no Mercado advém de micro e pequenos produtores, da agricultura familiar, produtores individuais, cooperativas e semelhantes, os quais enxergam o Mercado Novo como um importante pólo de vendas. Vale ressaltar que a cidade de Montes Claros faz parte da área mineira da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), fato que contribui para o desenvolvimento da agricultura, da pecuária e também do ramo industrial (COSTA, 2022).

Dentre os produtos alimentícios embalados e comercializados no Mercado Novo citam-se temperos, condimentos, molhos, conservas, farinhas, queijos, cereais, grãos, cachaças, licores e doces. Em se tratando de doces, objeto deste estudo, encontra-se no Mercado grande variedade, dentre doces de corte, em pasta e em pedaços, os quais podem ser derivados de frutas, de leite e outros com denominações popularmente já consagradas.

Os doces são, em sua maioria, fabricados por produtores rurais, agricultores familiares e por pequenas e micro empresas. Grande parte desses produtos possui rótulo, porém, muitos se encontram dispostos de forma errônea e com informações confusas ou incompletas.

Dessa forma, a análise crítica acerca da rotulagem desses doces comercializados no Mercado Novo possibilita a identificação dos principais erros e dificuldades na elaboração dos rótulos pelos produtores, a fim de gerar informação para a proposição de atividades que venham auxiliá-los na correção dos rótulos, contribuindo assim com a segurança alimentar dos consumidores. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo a realização de uma análise crítica da rotulagem de doces comercializados no Mercado Central Christo Raeff Nedelkoff, analisando quantitativamente os dados e comparando-os com os requisitos da legislação brasileira.

Material e Métodos

Amostragem

Em maio de 2023, realizou-se a coleta de informações por meio de registros fotográficos de 35 rótulos de doces, escolhidos ao acaso, os quais são comercializados no Mercado Central de Montes Claros. Os doces foram separados em 10 categorias, para melhor identificação, como descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Categorias dos doces pesquisados no Mercado Central de Montes Claros, Minas Gerais

Identificação por categorias	Nº de rótulos avaliados por marca
Balas	1
Cocadas com adições*	1
Cocadas sem adições**	2
Doce de leite com adições*	6
Doce de leite sem adições **	4
Doce de frutas***	11
Doce de Mocotó****	3
Doce de amendoim	2
Rapadura	2
Doce de banana e/ou bananada	3

Fonte: Dos Autores, 2023.

Legenda: *Com adição de complementos. Ex: açaí, ovos (por exemplo, a ambrosia), coco e nozes. **Sem adição de complementos; *** Frutas: goiaba, marmelo (fruto típico de cerrado), pequi (fruto típico de cerrado norte mineiro) e Mocotó: parte da pata bovina cozida e rica em gordura e proteínas.

Elaboração e aplicação do roteiro de avaliação

Os rótulos dos doces foram avaliados a partir de uma lista de verificação elaborada com base nos requisitos de rotulagem estabelecidos pelas legislações brasileiras vigentes (BRASIL, 1997; 2003a; 2003b; 2003c; 2022a; 2022b).

Realizou-se a elaboração de duas listas de verificação com os seguintes objetivos:

- Avaliação acerca de informações gerais como, classificação do tipo e sabor do doce, marca, fabricante, região de fabricação e os critérios obrigatórios de rotulagem geral, segundo a RDC nº727 da ANVISA, os quais incluem, identificação de origem, denominação do produto, dizeres proibidos, lista de ingredientes e de aditivos, advertência de aditivos, advertência da presença de alergênicos, advertência da presença de lactose, advertência de glúten, conteúdo líquido, identificação de lote, prazo de validade, sugestões de consumo, instruções de conservação e rotulagem de aromas (BRASIL, 2022b).
- Avaliação da rotulagem nutricional, que foram embasadas nas legislações antigas de rotulagem nutricional (BRASIL, 2003b; 2003c), pois os produtores de alimentos pertencentes às categorias de agricultor familiar ou empreendedor familiar rural, microempreendedor individual, agroindústria de pequeno porte, agroindústria artesanal e alimentos produzidos de forma artesanal têm até o início de outubro de 2024 para realizarem a adequação de seus rótulos de acordo com a nova legislação de rotulagem nutricional. Os itens avaliados foram: presença da tabela nutricional

no rótulo, listagem de todos os componentes obrigatórias da tabela, unidade correta dos componentes da tabela, descrição dos valores diário (VD) por porção, porção correta e arredondamento correto dos valores na tabela nutricional.

Análise dos dados

Os resultados do estudo descritivo foram quantificados por representação de frequência de ocorrência ou porcentagem, a fim de descrever e comparar categorias, marcas ou não-conformidades nos dizeres de rotulagem. Para isso, empregou-se o Microsoft Office Excel 2007®.

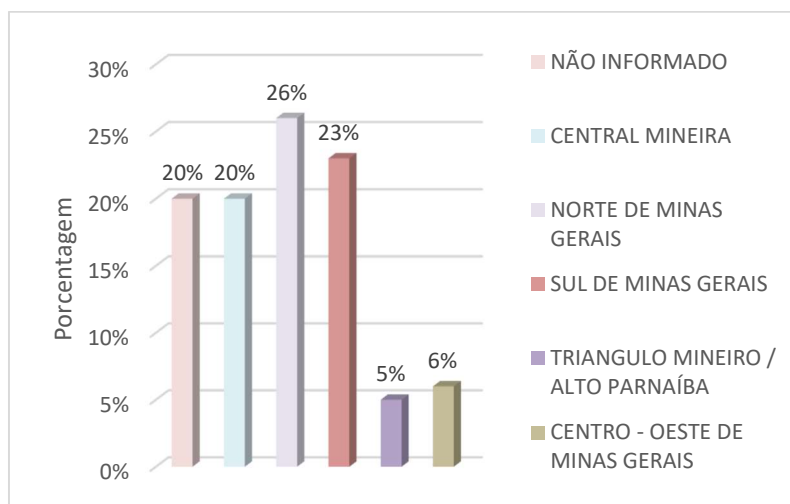
Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta a distribuição dos doces, objetos deste estudo, de acordo com a região de Minas Gerais em que foram produzidos. Os dados foram coletados e organizados de acordo com a quantidade de doces analisados em cada região.

A maior parte dos doces comercializados no Mercado Central de Montes Claros é produzida nas regiões próximas (26% do total), mas muitos vêm do sul do estado (23%) e da região central (20%).

Com base na a RDC 727 de 1º de julho de 2022b, analisou-se a conformidade dos rótulos em relação à denominação de origem dos doces. Tal análise demonstrou que 60% deles estavam conformes em relação a essa informação. No entanto, 20% dos fabricantes sequer indicaram a procedência do produto. Os demais indicaram a origem, mas de forma errônea.

Figura 1 - Distribuição dos doces por região geográfica de produção



Fonte: Dos Autores, 2023.

Constatou-se ainda que 40% dos doces analisados não estavam em conformidade com as informações acerca de sua origem, declaradas em sua embalagem. Essa falta de conformidade está relacionada a informações errôneas ou totalmente ausentes, em relação à origem de fabricação. A ausência de dados de origem ou informações incompletas podem gerar ao consumidor incertezas quanto à procedência e também dificulta o trabalho de fiscalização por parte dos órgãos de vigilância sanitária. Estudo realizado por Stangarlin-Fiori (2020) apresenta resultados semelhantes, uma vez que foi observado 71% de erro na identificação de origem em seus objetos de análise. É fundamental que os fabricantes se atentem a essas questões e busquem corrigir eventuais discrepâncias, não apenas para atender às legislações vigentes, como também para promover uma comunicação precisa e confiável aos consumidores.

Em relação à classificação dos doces, observou-se que 60% eram doce de corte, 26% doce em pasta e 14% eram doces já porcionados em quantidades específicas. Já em relação à matéria-prima principal das formulações, constatou-se que 57% empregaram algum vegetal, como goiaba, banana, coco, amendoim, uva passas e casca de laranja, 17% utilizaram leite, mel, mocotó ou ovos, e 26% utilizam bases mistas, como por exemplo, doce de leite com adição de goiabada.

Segundo o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) estabelecido pela legislação para cada tipo de doce, 14% dos produtos analisados foram denominados de forma incorreta (BRASIL, 1997; 2022a). Por exemplo, em um dos rótulos analisados, o fabricante denominou um doce de amendoim por “pingo de amendoim”. Possuem ressalvas as denominações que são aceitas pela legislação, como nomes já consagrados em todo o território nacional como exemplo, o termo “goiabada cascão” para doce a base de goiaba.

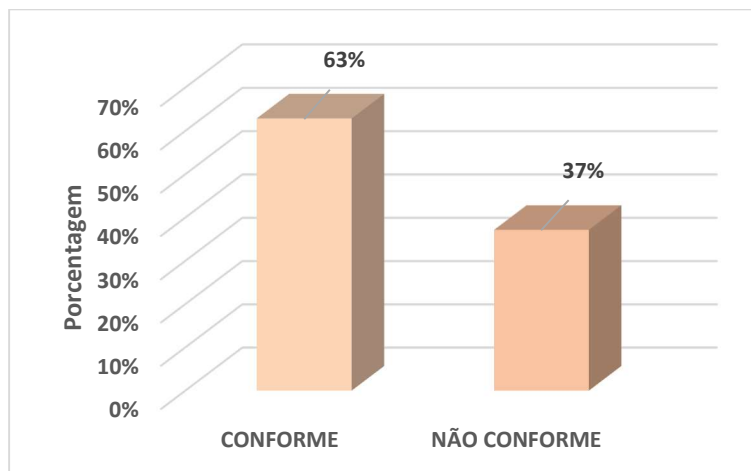
De outra forma, foram encontrados dizeres proibidos em 9% dos rótulos analisados. Os dizeres proibidos são informações enganosas ou que possam induzir o consumidor ao erro, bem como a declaração da presença ou ausência de componentes que sejam inerentes ou característicos de alimentos de igual natureza. Nos estudos de De Mello (2014) pôde-se observar 2,43% de irregularidades nos rótulos analisados devido à divulgação de dizeres proibidos.

A Figura 2 ilustra o nível de conformidade das listas de ingredientes declaradas nos rótulos dos doces analisados. Os dados revelam a quantidade de doces considerados conformes e não conformes, em relação à precisão e completude das informações dos ingredientes.

A análise da lista de ingredientes permitiu concluir que 63% dos rótulos estavam de acordo com os requisitos da RDC 727 de 1º de julho de 2022 (BRASIL, 2022b), ou seja, apresentavam informações precisas e completas sobre os ingredientes utilizados em sua formulação. De outra forma, 37% dos rótulos foram considerados não conformes. Esses doces apresentam divergências em relação à legislação, como por exemplo, erros de digitação, não declaração dos ingredientes conforme proporção

utilizada na formulação. Dentre os rótulos não-conformes, 15% não apresentaram qualquer informação acerca dos ingredientes de sua composição, o que se torna algo crítico, pois sem conhecer os ingredientes presentes nos doces, os consumidores podem enfrentar desafios na identificação de possíveis alergênicos, restrições alimentares ou ingredientes indesejados. Os resultados encontrados por Stangarlin-Fiori (2020) apresentaram 98% de irregularidades na lista de ingredientes. É, portanto, fundamental que os fabricantes aprimorem seus processos de rotulagem e garantam a exatidão das informações fornecidas.

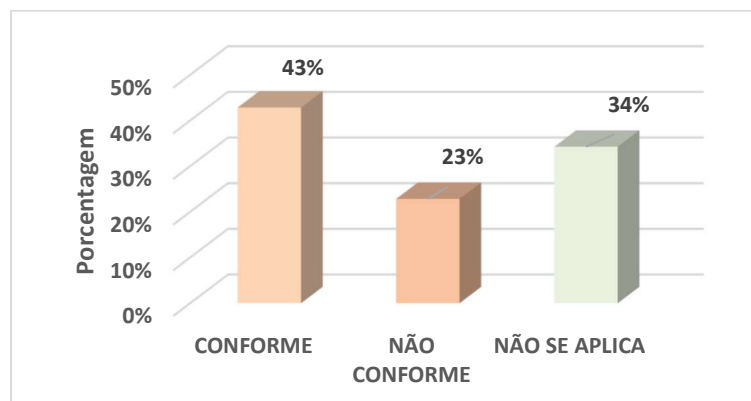
Figura 2 - Porcentagem de conformidade dos rótulos de doce quanto à lista de ingredientes



Fonte: Dos Autores, 2023.

A Figura 3 resume a análise dos rótulos quanto a lista de aditivos.

Figura 3 - Porcentagem de conformidade dos rótulos de doce quanto a lista de aditivos



Fonte: Dos Autores, 2023.

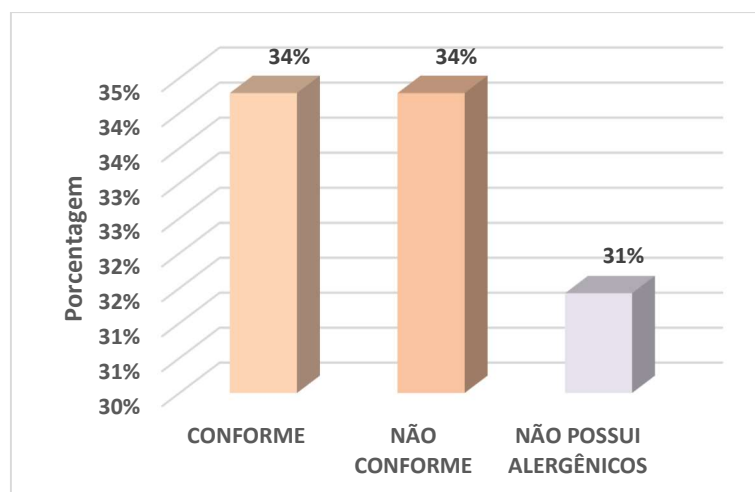
De acordo com os dados, 43% dos doces estavam em conformidade com a legislação quanto à descrição dos aditivos empregados (BRASIL, 2022b) e 23% dos rótulos foram considerados não

conformes em relação à lista de aditivos. Isso significa que esses doces apresentaram falhas/omissões nas informações sobre os aditivos utilizados, o que pode gerar preocupações e dúvidas para os consumidores que desejam conhecer completamente os ingredientes presentes nos produtos que consomem. Assim como afirma Montera (2023), a divulgação das informações sobre aditivos alimentares nos rótulos de alimentos e bebidas embalados comercializados no Brasil carece de clareza suficiente, sendo frequentemente inadequada, chegando ao ponto de violar o direito do consumidor em ter conhecimento da composição dos alimentos disponíveis no mercado e dos possíveis riscos que podem representar para a sua saúde.

Também 34% dos doces não apresentaram lista de aditivos, o que sugere a não aplicação de aditivos na formulação. É importante que os fabricantes sejam transparentes e forneçam informações claras e completas sobre a presença ou ausência de aditivos, garantindo que os consumidores possam fazer escolhas conscientes, permitindo-lhes consumir os produtos de acordo com suas preferências e necessidades alimentares. Esses dados destacam a importância de uma rotulagem precisa e adequada dos aditivos nos produtos alimentícios.

Dos doces analisados, 34% foram considerados não conformes em relação à advertência de alergênicos em seus rótulos (Figura 4). Isso significa que esses doces apresentaram discordância nas informações sobre a presença de alergênicos, o que pode ser preocupante para os consumidores com restrições alimentares ou alergias. Dentre os 34% de casos de não conformidade, 25% estavam relacionados à ausência total de informações sobre alergênicos nos rótulos, sendo que a lista de ingredientes declarava ingredientes considerados alergênicos pela legislação brasileira (BRASIL, 2022b).

Figura 4 - Porcentagem de conformidade dos rótulos de doce quanto a lista de alergênicos



Fonte: Dos Autores, 2023.

É fundamental que os fabricantes garantam a conformidade com as regulamentações e forneçam informações claras e precisas sobre a presença de alergênicos. A ausência de informações sobre alergênicos nos rótulos dos produtos é um aspecto muito preocupante. As manifestações clínicas de uma alergia alimentar incluem desde reações mucocutâneas, podendo ainda provocar reações no trato gastrointestinal, respiratório e até reações cardiovasculares. Em alguns casos, podem ser suficientes para desencadear reações graves, levando o indivíduo alérgico a óbito (DE MIRANDA, 2018). Portanto a declaração no rótulo da presença de ingredientes alergênicos e da possibilidade da presença de matéria prima contaminada com substâncias alergênicas está relacionada com a proteção e segurança da saúde do consumidor.

É importante destacar que 31% dos doces foram enquadrados na categoria de "Não se aplica" para o alerta de presença de substâncias alergênicas. Isso indica que não havia ingredientes alergênicos na lista declarada e, portanto, o alerta é dispensável nos rótulos.

Outro ponto crítico é a não conformidade com relação a obrigatoriedade da advertência nos rótulos sobre a presença de lactose (BRASIL, 2022b). Tal ocorrência foi observada em 29% dos doces que continham leite e não informaram sobre a presença de lactose em seus rótulos. Essa omissão representa um risco à saúde dos consumidores, especialmente aqueles com intolerância à lactose.

Assim como afirma Pereira (2019), em seu estudo acerca do tema "intolerância à lactose e os aspectos legais de rotulagem", é essencial que os fabricantes sigam os requisitos de rotulagem de alimentos, fornecendo informações corretas e precisas sobre a presença de componentes alimentares que possam provocar reações adversas nos consumidores, como é o caso da lactose, a fim de protegê-los e permitir que façam escolhas seguras a partir das informações.

Segundo a Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003, todos os alimentos industrializados devem conter em seu rótulo, obrigatoriamente, as inscrições "contém glúten" ou "não contém glúten", conforme o caso. Foi observado que 34% dos doces estavam não conformes, por não possuírem tal advertência (BRASIL, 2003a). Os dados encontrados por Da Silva Santos (2020) também apresentaram não conformidades em relação à advertência de glúten em rótulos de suplementos alimentares.

Os resultados da análise mostraram que 29% dos doces estavam fora dos padrões estabelecidos pela legislação em relação aos dizeres de conteúdo líquido (BRASIL, 2021), apresentando tamanho de letra visivelmente muito pequeno em relação à área do painel frontal do rótulo. É importante ressaltar que essa análise foi realizada com base em fotos, o que pode não fornecer uma informação precisa e exata sobre o tamanho correto da fonte das informações de conteúdo líquido. Portanto, é necessário considerar essa limitação ao interpretar os resultados.

Foi apurado ainda que 74% dos rótulos estavam não conformidades em relação à identificação do lote, sendo 23% destes, por ausência total desta informação. Tais dados se assemelham aos

encontrados por De Mello (2014), em seus estudos de análise de rótulos de produtos alimentícios. Este observou que a ausência da identificação de lote foi um dos itens do estudo com maior porcentagem de irregularidade. O código de identificação do lote permite a rastreabilidade de produtos inadequados, caso ocorra algum problema durante o processamento e/ou comercialização do produto (DE MELLO, 2014).

Além disso, 57% dos doces apresentam não conformidades nas informações referentes ao prazo de validade, com diversas irregularidades relacionadas à omissão das expressões "consumir antes de", "válido até", "validade", "val.:", "vence", "vencimento", "vto.:", "venc.:", "consumir preferencialmente antes de" precedentes à data de validade (BRASIL, 2022b). Os dados contabilizados demonstram ainda, que 20% não apresentaram prazo de validade. Tais resultados corroboram com o estudo feito por Stangarlin-Fiori (2020), que obtiveram grande porcentagem de irregularidades na categoria "prazo de validade", em sua análise crítica de rotulagem de vários alimentos comercializados em duas redes de supermercados localizadas no município de Curitiba, Paraná. Essas falhas comprometem a adequada informação aos consumidores sobre a validade dos produtos, e portanto, se já estão vencidos ou não, o que facilitaria a retirada dos vencidos dos pontos de vendas.

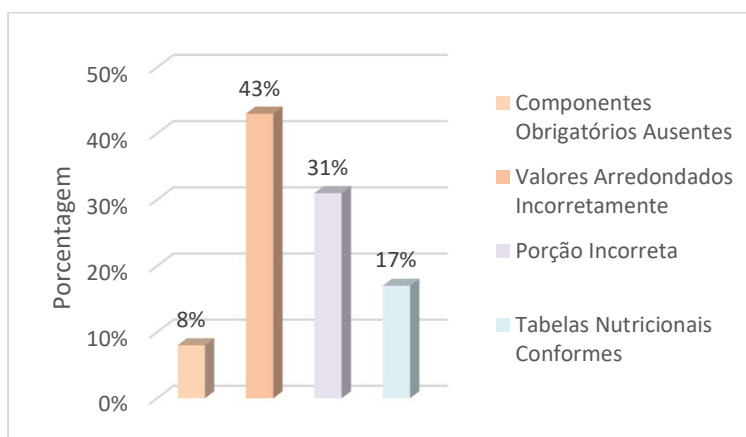
Por fim, ainda em relação à rotulagem geral, 40% dos rótulos analisados não possuíam instruções de conservação do produto. Tais instruções são obrigatórias (BRASIL, 2022b) e ainda necessárias para garantir o consumo seguro, evitando o comprometimento da saúde do consumidor caso consuma o produto por armazenamento inadequado em domicílio.

Em relação à Tabela Nutricional, foi observado que 60% dos doces estudados possuíam tabela, porém apenas 28,57% estavam em conformidade com todos os requisitos exigidos (BRASIL, 2003b, 2003c). Além disso, 40% dos rótulos analisados não disponham de tabela nutricional, estando também, em não conformidade com as legislações de rotulagem nutricional.

Observam-se na Figura 5 os principais erros encontrados nos rótulos dos doces que disponham de tabela nutricional. A análise das tabelas nutricionais revelou uma série de não conformidades, sendo que apenas 17% estavam conformes aos requisitos da legislação (BRASIL, 2003b; 2003c).

Primeiramente, observou-se que os erros no arredondamento dos valores dos componentes da tabela, incluindo também os valores diários, foram as principais causas das não conformidades (43%). A RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, estabelece regras específicas de arredondamento, de acordo com a dimensão do valor numérico. No entanto, os resultados indicam que os valores foram arredondados de forma aleatória e, portanto, inadequada (BRASIL, 2003c). Esse erro compromete a exatidão das informações nutricionais e a confiança dos consumidores quanto às informações dispostas nos rótulos dos alimentos.

Figura5 - Porcentagem de conformidade dos rótulos de doce quanto a tabela nutricional



Fonte: Dos Autores, 2023.

Ainda em relação à tabela nutricional, 31% dos rótulos apresentaram tamanho da porção ou da medida caseira incorreto. A RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003, estabelece tamanhos específicos de porção para cada tipo de alimento, sendo o tamanho de 40g para doces em barra, de 20g para doces pastosos e de 140g para doces de frutas em conserva (BRASIL, 2003b). A inconsistência na declaração da porção pode levar a interpretações errôneas por parte dos consumidores, dificultando a compreensão e a comparação dos valores nutricionais entre doces de mesma natureza, o que dificulta a escolha e a adequação da dieta diária.

Portanto, como ressaltado por Camara (2007), essas não conformidades são preocupantes, uma vez que os rótulos alimentares desempenham um papel essencial na informação dos consumidores sobre a composição nutricional dos alimentos. A falta de conformidade nas informações da tabela nutricional em relação aos requisitos da legislação pode influenciar negativamente as escolhas alimentares, especialmente por parte daqueles consumidores que buscam uma alimentação mais saudável e equilibrada.

Conclusão

Na visita ao Mercado Central Christo Raeff Nedelkoff em Montes Claros, MG, verificou-se que há uma grande diversidade de produtos alimentícios sendo comercializados. Também, que em sua maioria, são fabricados por produtores rurais, agricultores familiares e pequenas empresas. No entanto, constatou-se que muitos desses produtos apresentavam rótulos com erros, falta de clareza nas informações e portanto, a constatação de que tais empresas possuem dificuldades na elaboração dos rótulos de seus produtos, mais especificamente dos rótulos de doces, objeto deste estudo.

Assim, ressalta-se a necessidade de melhorias nos rótulos dos doces comercializados no Mercado Novo, ou seja, é fundamental que os produtores de doces revisem e corrijam os rótulos de seus produtos, garantindo a conformidade com as legislações vigentes. Isso não apenas atenderá às exigências legais, como também promoverá uma comunicação clara e confiável com os consumidores, contribuindo para a segurança alimentar, a escolha consciente dos alimentos e para a transparência na comercialização dos alimentos.

Além disso, é importante que as autoridades competentes exerçam sua responsabilidade de fiscalização e orientação, auxiliando os produtores na adequação dos rótulos e garantindo o cumprimento das normas estabelecidas, para garantir a precisão das informações nas embalagens dos doces.

A universidade desempenha um papel fundamental ao auxiliar as empresas alimentícias de pequeno porte na melhoria da rotulagem de seus produtos. Através de projetos de extensão, de eventos que promovam a divulgação de informações de rotulagem e parcerias, a universidade pode ajudar os produtores a revisarem e a corrigirem os rótulos de seus produtos, garantindo a conformidade com a legislação brasileira. Isso não apenas contribui com a manutenção das indústrias de pequeno porte no mercado, mas também permite a aplicação prática dos conhecimentos teóricos em prol da comunidade, aproximando os estudantes do mercado de trabalho.

Referências

BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 21out1969. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078compilado.htm. Acesso em: 02 jun. 2023.

BRASIL. Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16maio. 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0986.htm. Acesso em: 02 jun. 2023.

BRASIL. Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003a. Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16maio. 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.674.htm. Acesso em: 01 jun. 2023.

BRASIL. Portaria nº 354, de 04 de setembro de 1997. Regulamento técnico de identidade e qualidade de doce de leite. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 1997. Acesso em: 05 jun. 2023.

BRASIL. Portaria nº 249, de 09 de junho de 2021. Regulamento Técnico Metrológico consolidado que estabelece a forma de expressar a indicação quantitativa do conteúdo líquido das mercadorias pré-embaladas. **Ministério da Economia - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia** –

Inmetro. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002775.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

BRASIL. RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003b. Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17dez. 2003. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0359_23_12_2003.htm. Acesso em: 01 jun. 2023.

BRASIL. RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003c. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17dez. 2003. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0360_23_12_2003.html. Acesso em: 01 jun. 2023.

BRASIL. RDC nº 726, de 1 de julho de 2022a. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos cogumelos comestíveis, dos produtos de frutas e dos produtos de vegetais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_726_2022_.pdf/3baf0ed8-a1c3-4b37-ac5e-c57943c2b0c1. Acesso em: 12 jun. 2023.

BRASIL. RDC nº 727, de 1 de julho de 2022b. Dispõe sobre a rotulagem dos alimentos embalados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: <http://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2022/regulacao-de-alimentos-consolidacao-de-atos-normativos>. Acesso em: 01 jun. 2023.

CAMARA, M. C. C. *et al.* **Análise crítica da rotulagem de alimentos diet e light no Brasil**. 2007. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Acesso em: 10 jun. 2023.

COSTA, V. de S. C. **Um olhar sobre as práticas matemáticas do Mercado Municipal de Montes Claros Norte de Minas Gerais**. 2022. 125f. Dissertação (Mestre em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2022. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/3070>. Acesso em: 02 jun. 2023.

DA SILVA SANTOS, M. *et al.* Análise críticas dos rótulos de suplementos alimentares comercializados em Uberaba, MG. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 95046-95061, 2020. Acesso em: 09 jun. 2023.

DE MELLO, T. C. V.; PASCOAL, G. B.. Análise crítica de rotulagem de doces diet e alimentos com alegações de propriedades funcionais e/ou de saúde. **Revista Científica Linkania Master**, v. 1, n. 8, 2014. Acesso em: 10 de jun. 2023.

DE MIRANDA, C. C. S.; GAMA, L. L. A. Inadequação da rotulagem de alimentos alergênicos: risco para indivíduos com hipersensibilidade alimentar. **Demetra: alimentação, nutrição & saúde**, v. 13, n. 3, p. 731-743, 2018. Acesso em: 12 jun. 2023.

GARCIA, P. P. C.; CARVALHO, L. P. da S. Análise da rotulagem nutricional de alimentos diet e light. **Ensaio e Ciência**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 89-103, 2011. Disponível em: <http://ensaioseciencia.pgskroton.com.br/article/view/2864>. Acesso em: 02 jun. 2023.

GUIMARÃES, T. T. D; DOULA, S. M. Memória e identidade: o processo de sucessão e herança no Mercado Municipal de Montes Claros–MG, Brasil. **Mundo agrário**, v. 19, n. 40, p. 78.1-78.2, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/bjft/a/mKhMQ7cJFkWZLrvcN7hSs7v/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 02 jun. 2023.

MONTERA, V. dos S. P. *et al.* Informação sobre aditivos alimentares nos rótulos de alimentos no Brasil: análise crítica. **Revista de Saúde Pública**, v. 57, 2023. Acesso em: 12 jun. 2023.

PEREIRA, L. G.; FERREIRA, M. S.; MARQUES, F. P. P. Intolerância à lactose e os aspectos legais de rotulagem. **Anais dos Cursos de Pós-Graduação Lato Sensu da Universidade Evangélica De Goiás-UNIEVANGÉLICA**, v. 3, n. 1, p. 281-311, 2019. Acesso em: 11 jun. 2023.

SANTANA, F. C. de O. Rotulagem para alergênicos: uma avaliação dos rótulos de chocolates frente à nova legislação brasileira. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, n. 1, p. 1-8, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/bjft/a/mKhMQ7cJFkWZLrvcN7hSs7v/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 31 mai. 2023.

STANGARLIN-FIORI, L. *et al.* Análise crítica da rotulagem de alimentos comercializados. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-18, 2020. Disponível em: <http://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4926>. Acesso em: 31 mai. 2023.

CAPÍTULO 2

A nova rotulagem nutricional frontal dos alimentos sob a ótica das crianças

Débora de Souza Campos*¹; Beatriz de Oliveira Matos²; Gabrielle Cardoso Reis Fontan³;

Resumo

A rotulagem de alimentos é importante para informar o consumidor sobre as propriedades nutricionais dos alimentos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária aprovou alterações na rotulagem de alimentos no Brasil em outubro de 2020, incluindo a rotulagem nutricional frontal, por meio da Resolução da Diretoria Colegiada nº 429 e da Instrução Normativa 75/2020. Essa mudança foi motivada pela necessidade de melhorar a alimentação da população brasileira e aumentar a compreensão dos rótulos pelos consumidores. Com o objetivo de analisar a influência da rotulagem nutricional frontal sob a perspectiva infantil e informá-las sobre a importância da alimentação saudável, foi elaborado um questionário para avaliação de duas embalagens de 200 mL de bebida de fruta adoçada de uva, no qual uma delas continha a lupa da Rotulagem Nutricional Frontal indicando alto teor em açúcar adicionado e a outra não. A pesquisa foi realizada com crianças de 9 a 12 anos do 4º e 5º ano do ensino fundamental I de uma escola em Itapetinga-BA. Depois de responderem o questionário, foi feita uma explicação sobre a Rotulagem Nutricional Frontal e os principais pontos que se deve observar nos rótulos de alimentos. Antes da explicação, 59% das crianças escolheram o rótulo B (Com Rotulagem Nutricional Frontal) porque parecia ser mais gostoso ou porque era mais informativa. O principal motivo da escolha dos outros 41% (rótulo A - Sem Rotulagem Nutricional Frontal) foi por parecer ser mais saudável. Na última pergunta 64% das crianças disseram que saberiam explicar sobre o símbolo da Rotulagem Nutricional Frontal no rótulo B, porém, nem todos que responderam souberam explicar corretamente. Diante disso, percebe-se que há influência da rotulagem nutricional frontal para as crianças, mas ainda falta uma maior compreensão, sendo necessário implementação de projetos de educação alimentar e nutricional nas escolas para desenvolver hábitos saudáveis desde a infância.

Palavras-chave: Alimentação saudável. Anvisa. Bebida de fruta.

¹ Discente de Graduação em Engenharia de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

² Discente de Mestrado; Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

³ Docente; Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

* E-mail: deboracampos379@gmail.com

Introdução

Os rótulos são meios de comunicação entre o produto e os consumidores, e devem ajudá-los na decisão de compra, ampliando a eficiência do mercado e o bem-estar do consumidor. A rotulagem nutricional é definida como toda declaração designada a informar ao consumidor as propriedades nutricionais do alimento, compreendendo a tabela de informação nutricional, a rotulagem nutricional frontal e as alegações nutricionais (MACHADO *et al.*, 2006; ANVISA, 2020).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é o órgão responsável por regulamentar os rótulos de alimentos no Brasil e estabelece quais as informações devem constar nos rótulos de alimentos, para assegurar a qualidade do produto e a saúde da população. A obrigatoriedade da rotulagem nutricional nos alimentos no Brasil, só se tornou obrigatória em 2001 com a RDC nº 40/2001. Atualmente a declaração de informação nutricional é regida pela RDC nº 429/2020, no qual diz que é obrigatória a declaração nos rótulos dos alimentos embalados na ausência dos consumidores.

Como o mundo está em constante transformação e aprimoramento, não seria diferente para os rótulos. Percebeu-se a necessidade de haver mudanças na rotulagem de alimentos e em Outubro de 2020 as novas normas para a rotulagem de alimentos, a RDC nº 429/2020 e a IN 75/2020 foram publicadas. Dentre as alterações, está a inclusão da rotulagem nutricional frontal presente na parte da frente da embalagem, indicando altos teores de açúcar adicionado, gordura saturada e sódio (ANVISA, 2020).

Os motivos que estimularam a ANVISA a propor mudanças na rotulagem de alimentos, foram as dificuldades dos consumidores na compreensão das informações nutricionais presentes nos rótulos de alimentos e também o aumento no consumo pela população brasileira dos nutrientes considerados críticos, aumentando o risco de desenvolvimento de doenças futuramente. Estudos comprovam a dificuldade que a população tem na compreensão dos rótulos de alimentos, (MARINS *et al.*, 2008; SOARES *et al.*, 2016; IDEC, 2018).

Uma pesquisa realizada no Brasil pelo IBOPE (2017) demonstrou que 22% da população adulta não compreende o conteúdo das informações da tabela nutricional nos rótulos, e 57% compreende parcialmente. Essa problemática também foi constatada em uma pesquisa realizada na internet feita pelo IDEC (2016) em que 40% dos participantes admitiram ter dificuldade na compreensão das informações nutricionais.

Assim, como para os adultos é difícil a compreensão das informações nutricionais dos alimentos, também não é diferente para as crianças. Um estudo realizado por Souza (2011), em uma escola no Paraná, teve como objetivo analisar o entendimento de crianças do 6º ano em relação a tabela de composição nutricional e ensiná-las a fazerem a leitura de forma correta dos rótulos de alimentos. Para isso, foi aplicado um questionário às crianças, na qual constatou que a maioria delas não souberam

explicar sobre a tabela de composição nutricional e que também não costumam ler os rótulos dos alimentos antes de comprar. Depois de responderem ao questionário, realizou-se uma dinâmica com os alunos para explicar a forma correta de ler os rótulos dos alimentos, na qual foi de grande importância para a compreensão das crianças, fazendo com que elas pudessem entender melhor o significado de cada parte da tabela nutricional como quantidade por porção, valores diários de referência, nutrientes e calorias.

Além dessa dificuldade na compreensão, o outro fator que levou a mudança da rotulagem nutricional foi o modelo alimentos dos brasileiros, que piorou nos últimos anos, principalmente devido ao consumo excessivo de produtos ultraprocessados. A ANVISA selecionou três nutrientes para serem informados na parte da frente do produto, que são o açúcar, o sódio e a gordura. Esses nutrientes são considerados os mais críticos para a saúde, em razão de apresentar evidências concretas que seu consumo em excesso traz riscos para a saúde do consumidor. Além disso, a ANVISA, baseou-se nos dados de consumo da população brasileira, de modo que fomentasse a reflexão dos consumidores sobre o perigo do consumo em excesso desses nutrientes e incentivá-los a fazerem escolhas mais conscientes (ANVISA, 2020).

Segundo a OMS (2017), o consumo em excesso de alimentos processados e ultraprocessados que são ricos em açúcar, gordura e sódio, estão diretamente ligados a doenças crônicas, como por exemplo, a obesidade, hipertensão, diabetes, problemas cardíacos e cânceres. Essas doenças estão relacionadas ao estilo de vida das populações modernas, que tem uma alimentação inadequada e uma redução da prática de atividade física.

A obesidade é um dos problemas de saúde pública mais preocupante da atualidade, e acomete tanto as crianças, como adolescentes, adultos e idosos. Estudos da OMS (2017) mostraram que a obesidade infantil atingiu um total de 124 milhões de crianças e adolescentes em todo o mundo. Uma pesquisa do Ministério da Saúde indicou que no Brasil, 6,4 milhões de crianças apresenta excesso de peso e 3,1 milhões evoluíram para obesidade. Conforme o estudo Filha *et al.*, (2012) crianças que apresentam consumo alimentar desequilibrado tendem a desenvolverem precocemente sobrepeso e obesidade, além de outras doenças crônicas (BRASIL, 2021).

Diante deste cenário, é inevitável que ocorra alterações na rotulagem de alimentos para melhorar a compreensão dos consumidores, principalmente aqueles que apresentam baixa escolaridade e pouca informação nutricional. Essas mudanças em conjunto com a implementação de ações de educação alimentar e nutricional os ajudará a fazer escolhas mais conscientes e saudáveis, e assim, tentar reduzir o índice de doenças relacionadas ao alto consumo de determinados nutrientes.

Este trabalho teve como objetivo analisar a influência da rotulagem nutricional frontal sob a perspectiva infantil e informar as crianças sobre a importância da alimentação saudável, através da explicação sobre as doenças que estão relacionadas ao consumo em excesso dos nutrientes críticos.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada com crianças do ensino fundamental I do 4º ano e 5º ano, com idades entre 9 e 12 anos, de uma escola na cidade de Itapetinga-Ba. Para realização da mesma foi solicitada uma autorização para a Secretaria Municipal de Educação e, posteriormente, ela foi encaminhada e aceita pela direção da escola. Este trabalho faz parte do projeto intitulado como “Estudo do comportamento do consumidor de alimentos industrializados” e foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia sob CAAE: 15008219.2.0000.0055.

Dentre os três nutrientes (açúcar adicionado, gordura saturada e sódio) que vão ser indicados na lupa da Rotulagem Nutricional Frontal optou-se pelo o açúcar adicionado, pelo fato de as crianças apresentarem uma preferência por alimentos doces. A partir disso foi escolhido a bebida de fruta industrializada, que é um produto que as pessoas muitas vezes não imaginam a quantidade de açúcar que contém. Os rótulos das bebidas foram criados também com ilustrações lúdicas para que pudessem chamar a atenção das crianças.

Foi elaborado um questionário (Figura 1) com três perguntas referentes a duas embalagens de 200 mL de bebida de fruta adoçada de uva, que foram elaboradas utilizando o programa Canva, no qual uma delas foi adicionado a lupa da Rotulagem Nutricional Frontal de acordo com IN 75/2020, indicando alto teor em açúcar adicionado e a outra de acordo com a legislação anterior a RDC 360/2003 que não contempla esta informação (Anexo 1).

No anexo 1 está exibido o questionário utilizado. A primeira questão pedia para as crianças marcarem qual das duas bebidas elas consumiriam, enquanto que a questão em seguida pedia para marcarem no motivo ou motivos que fizeram eles escolherem aquele rótulo de bebida de fruta adoçada, no qual tinha quatro opções de alternativas para marcarem, com o intuito de facilitar o entendimento das crianças para responderem, e essas alternativas foram pensadas em informações que talvez pudessem remeter a um produto com a presença da Rotulagem Nutricional Frontal ou a ausência dela. E por último perguntou se eles saberiam explicar sobre o símbolo da Rotulagem Nutricional Frontal na segunda imagem.

Após as crianças responderem as perguntas, o questionário foi recolhido e em seguida foi dada uma explicação sobre a Rotulagem Nutricional Frontal. Na explicação falou-se sobre o que era o Rótulo Frontal, quais são os nutrientes que vão ser indicados no símbolo Rotulagem Nutricional Frontal, quais

as principais doenças que estão relacionados com o consumo em excesso desses nutrientes e as variações do modelo do símbolo da Rotulagem Nutricional Frontal, para alimentos que contenham um, dois ou três nutrientes em excesso.

Além disso, para complementar o trabalho, um néctar e uma bebida adoçada adquirida no mercado local, foi apresentado às crianças enfatizando quais são os principais pontos que devem ser observados nos rótulos de alimentos, como por exemplo: prazo de validade, tabela nutricional, a lista de ingredientes, e também sobre a porcentagem dos sucos de fruta presentes nas bebidas. E por fim, foi realizado novamente a última pergunta do questionário para as crianças, se eles saberiam explicar sobre o símbolo da Rotulagem Nutricional Frontal na imagem B, porém desta vez foi feita verbalmente e foi anotado as respostas das crianças.

Para analisar os dados utilizou-se o programa Excel para projetar os gráficos e software estatístico SAS®OnDemand for Academics para fazer uma análise de correspondência múltipla para relacionar as escolhas e motivações com o sexo das crianças.

Resultados e Discussão

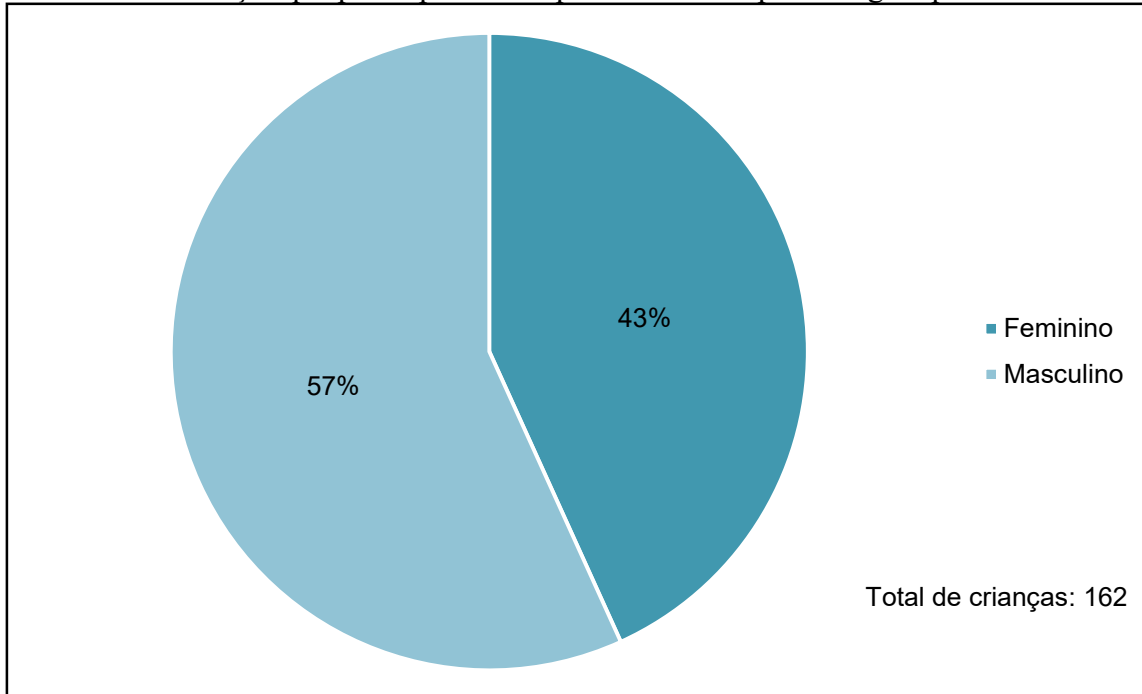
A partir do questionário aplicado às crianças, os dados foram tabulados. Participaram do questionário 162 crianças, sendo que 57% do público era do sexo masculino e 43% do feminino (Figura 1). Pode-se observar na Figura 2, que 59% das crianças escolheram o rótulo da bebida B (com rotulagem nutricional frontal). Na Figura 3, mostra que tanto os meninos, como as meninas preferiram o rótulo da bebida B (Com Rotulagem Nutricional Frontal). Os resultados foram divididos entre o sexo feminino e masculino, acreditando que pudesse haver diferenças significativas entre os sexos, por se tratarem de pré-adolescentes, pois é nessa fase que ocorre muitas mudanças, inclusive no comportamento alimentar, motivados por questões de autoimagem.

Apesar da escolha da maioria ter sido o rótulo da bebida de fruta com a presença da Rotulagem Nutricional Frontal, vale ressaltar que essa escolha foi feita antes da explicação sobre o assunto, portanto, eles não sabiam do que se tratava o símbolo de forma concreta. Outro fator que pode ter influenciado nos resultados é a pesquisa ter sido feita em uma escola pública, que muitas vezes os familiares das crianças têm baixa escolaridade e pode não apresentar hábitos saudáveis no ambiente familiar, devido à falta de conhecimento dos riscos causados pela ingestão em excesso dos nutrientes críticos, como por exemplo, o açúcar.

Na Figura 4, está apresentada a análise de correspondência múltipla. A dimensão 1, apresentou 77,58% de explicação dos dados e a dimensão 2 apresentou 22,42%. Nota-se que as duas dimensões

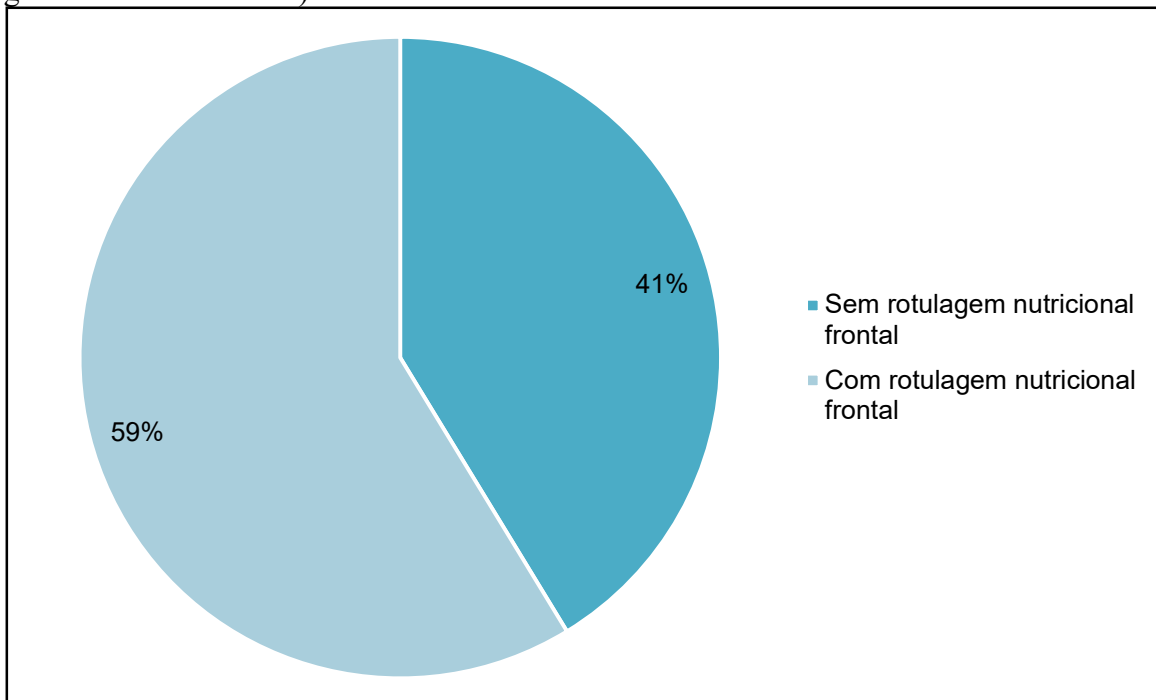
conseguiram explicar 100% das variações dos dados, isso pode ser explicado pela quantidade de dados que foi submetida a análise.

Figura 1 - Total de crianças que participaram do questionário e a porcentagem por sexo



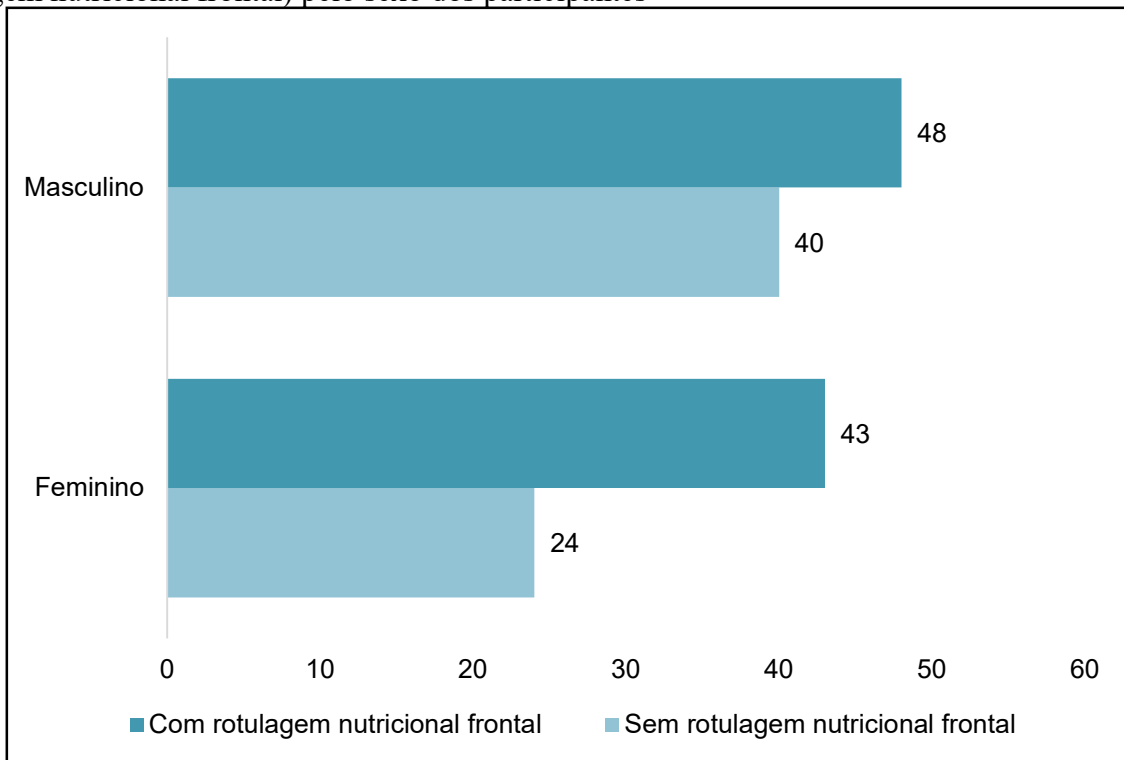
Fonte: Dos autores, 2022.

Figura 2 - Resultado da preferência do rótulo A (sem rotulagem nutricional frontal) e do rótulo B (com rotulagem nutricional frontal)



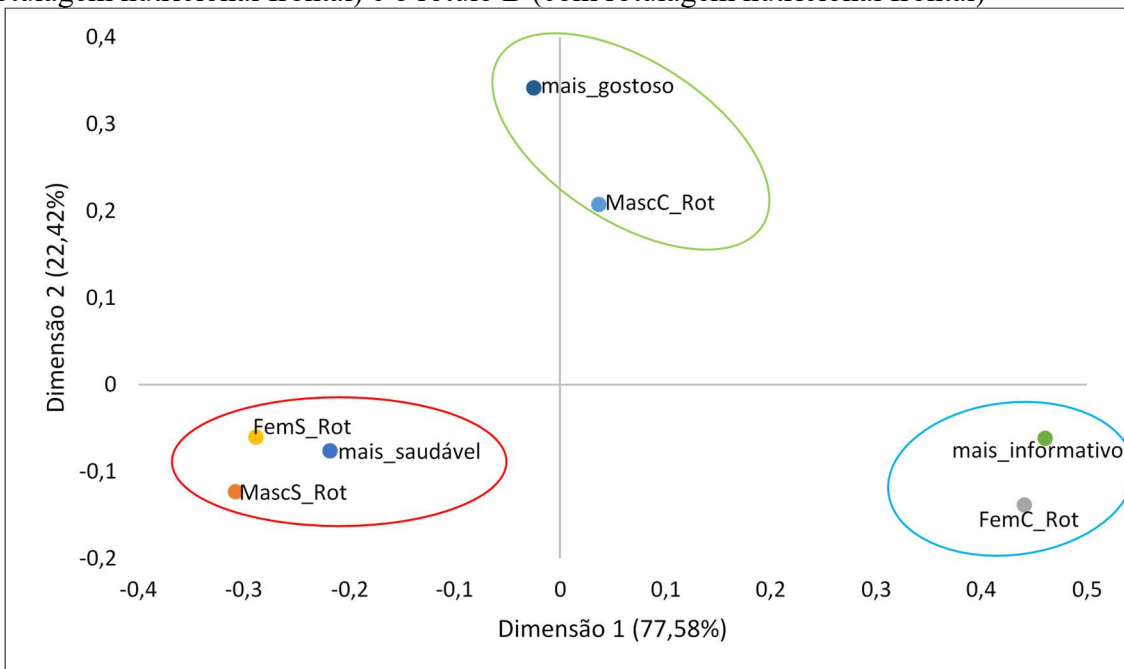
Fonte: Dos autores, 2022.

Figura 3 - Resultado da preferência do rótulo A (sem rotulagem nutricional frontal) e do rótulo B (com rotulagem nutricional frontal) pelo sexo dos participantes



Fonte: Dos autores, 2022.

Figura 4 - Mapa de correspondência dos motivos que fizeram os participantes escolherem o rótulo A (sem rotulagem nutricional frontal) e o rótulo B (com rotulagem nutricional frontal)



Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: *FemS_Rot: Sexo feminino que escolheu o rótulo A (Sem Rotulagem Nutricional Frontal); MascS_Rot: Sexo masculino que escolheu o rótulo A (Sem Rotulagem Nutricional Frontal); FemC_Rot: Sexo feminino que escolheu o rótulo B (Com Rotulagem Nutricional Frontal); MascC_Rot: Sexo masculino que escolheu o rótulo B (Com Rotulagem Nutricional Frontal)

O mapa mostra a relação do público do sexo feminino e masculino que escolheram o rótulo A (Sem Rotulagem Nutricional Frontal) e o rótulo B (Com Rotulagem Nutricional Frontal) com os motivos pelos quais fizeram escolherem tal produto.

Pode-se observar por meio dos grupos formados na Figura 4, que no primeiro eixo circulado de verde, indica que o público masculino que escolheu o rótulo da bebida de fruta com a Rotulagem Nutricional Frontal (alto em açúcar adicionado), marcaram como motivo da sua escolha a alternativa C, “Porque parece ser mais gostoso”, ou seja, os meninos correlacionaram o rótulo com o símbolo alto em açúcar adicionado, com a definição de um produto mais gostoso. Isso pode ser explicado pelos hábitos alimentares da criança em seu cotidiano e também por ter visto a informação que contém alto teor de açúcar pode ter despertado um desejo por um produto mais doce ao invés de um alerta, que representa o principal propósito da Rotulagem Nutricional Frontal.

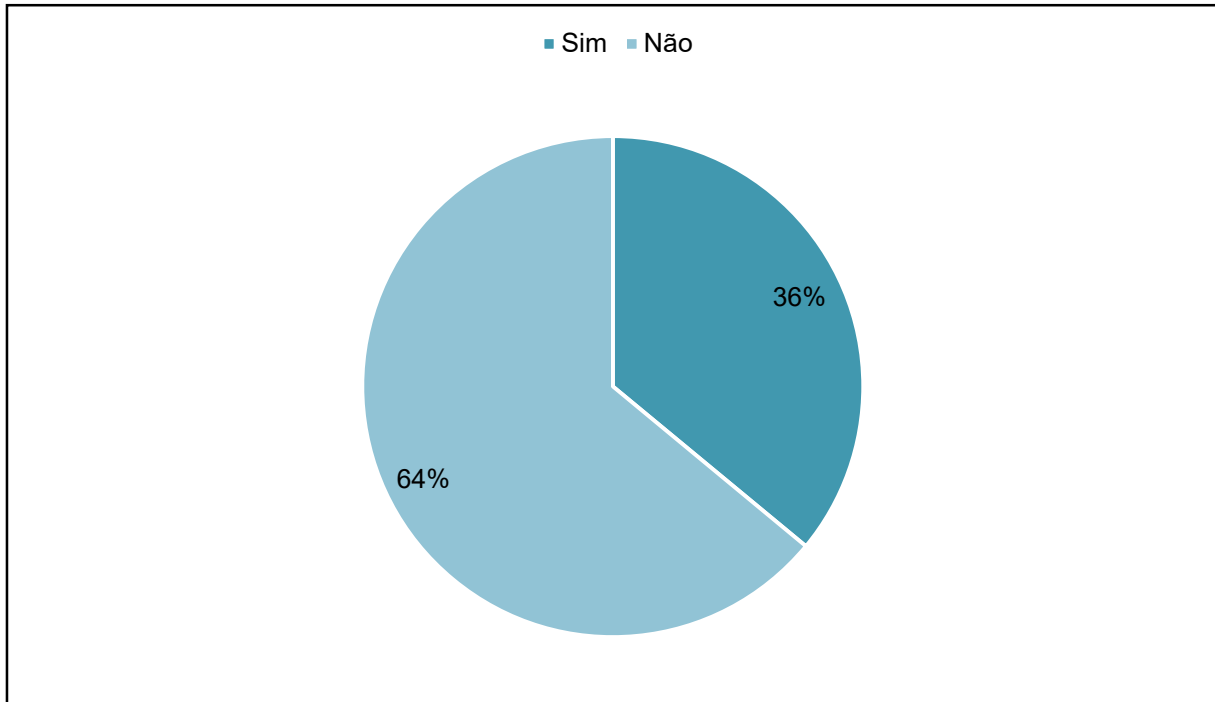
No quarto quadrante circulado de azul está o público feminino que escolheu o rótulo da bebida com a Rotulagem Nutricional Frontal, e marcaram como motivo da sua escolha a alternativa B “Porque é mais informativo”. Embora o rótulo escolhido esteja com mais informações, isso não significa que é a opção mais adequada, visto a preocupação com as doenças que estão relacionadas com o consumo em excesso do açúcar.

Ainda no segundo eixo circulado de vermelho, mostra que tanto o sexo feminino, como masculino que escolheram o rótulo sem a Rotulagem Nutricional Frontal, marcaram como principal motivo da sua escolha a alternativa A, “Porque parece ser mais saudável”, ou seja, eles associaram a o produto sem o rótulo frontal, como sendo um produto mais saudável. Com esse resultado observa-se que as crianças que escolheram o rótulo do suco sem a Rotulagem Nutricional Frontal, conseguiram compreender de fato o principal objetivo do símbolo frontal.

A Figura 5 refere-se a resposta das crianças antes da explicação sobre a Rotulagem Nutricional Frontal, em que 36% das crianças não saberiam explicar o símbolo presente no rótulo B (Com Rotulagem Nutricional Frontal), e 64% afirmam que saberiam explicar. Porém, nem todos que responderam sim, souberam explicar de forma correta o significado do símbolo frontal.

Na pergunta que foi feita verbalmente para as crianças após a dada sobre a Rotulagem Nutricional Frontal, houve respostas bem semelhantes, como por exemplo: “fala que tem muito açúcar, que pode fazer mal para saúde”, “mostra que tem muito açúcar”, “o símbolo vai mostrar que o produto tem muito açúcar, sal ou gordura”, a partir dessas falas, não pôde haver uma quantificação exata do entendimento das crianças sobre o assunto, porém já foi um avanço para fomentar a curiosidade delas sobre as informações nutricionais dos alimentos. Essa interação foi muito importante, pois permitiu que eles pudessem refletir sobre o que vão consumir e do perigo do consumo em excesso desses nutrientes. E também incentivá-los a fazerem escolhas alimentares mais conscientes.

Figura 5 - Porcentagem das crianças que saberia ou não explicar sobre o símbolo da Rotulagem Nutricional Frontal no rótulo B



Fonte: Dos autores, 2022.

Diante desses resultados pode-se determinar que o objetivo deste trabalho foi atingido e que é válido se pensar em projetos de educação nutricional para levar informações nutricionais aos pais e responsáveis, para eles repassarem esse conhecimento para os pequenos. No trabalho de Pontes *et al.* (2009), sobre orientação nutricional de crianças e adolescentes, afirma que a importância do ambiente familiar na adoção de hábitos saudáveis é fundamental, pois durante o desenvolvimento neuropsicomotor da criança, a figura materna e paterna é tida como referenciais a serem seguidos e imitados. Portanto, escolhas nutricionalmente adequadas farão parte dos comportamentos alimentares futuros da criança.

Além disso, sugere-se implementar ações didáticas sobre essa temática nas escolas também, pois é fundamental para melhores esclarecimentos sobre o assunto, e assim incentivá-los a construir hábitos mais saudáveis. Segundo o Ministério da Educação e Cultura, ainda que educar para a saúde seja responsabilidade de diferentes segmentos, a escola também é um ambiente fundamental de incentivo da saúde (BRASIL, 1998).

Conclusão

Embora o aperfeiçoamento da rotulagem de alimentos no Brasil, principalmente a inclusão da Rotulagem Nutricional Frontal seja necessária, apenas essa ação pode não ser suficiente para esclarecer a população visto que, mais de 50% das crianças deste estudo atribuíram a frase “açúcar adicionado” à produto mais saudável. Ações voltadas às crianças podem auxiliar na compreensão dos rótulos, uma vez que, estas ao receberem informações sobre o significado do painel frontal demonstraram mais clareza nas escolhas. Portanto, é de fundamental a implantação de projetos de educação alimentar e nutricional para auxiliar nesse entendimento para as crianças que já desenvolvam hábitos mais saudáveis.

Agradecimentos

Agradecemos a Secretaria Municipal de Educação de Itapetinga e a escola pelo apoio e permissão para realização dos questionários e da palestra, bem como os alunos participantes pela disponibilidade do tempo e por toda a atenção. Também agradecemos à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Referências

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Rotulagem nutricional frontal**. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/rotulagem/rotulagem-nutricional>> Acesso em: 20 de ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos: apresentação dos temas transversais**. Brasília, DF, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Obesidade Infantil**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2021-1/junho/obesidade-infantil-afeta-3-1-milhoes-de-criancas-menores-de-10-anos-no-brasil>> Acesso em: 22 de nov. 2022.

FILHA, E. O. *et al.* Consumo dos grupos alimentares em crianças usuárias da rede pública de saúde do município de Aracaju, Sergipe. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 30, p. 529-536, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-05822012000400011>.

IBOPE. Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística. **Disposição da população para mudanças na rotulagem das categorias de alimentos e bebidas não alcoólicas**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/vsn/temp/z2018621170876MudancanorotuloApresentacaoconsolidadaANVISA.pdf>> Acesso em: 20 de ago. 2022.

IDEC. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **O rótulo pode ser melhor**. Revista: Edição 208, 2016. Disponível em: <<https://idec.org.br/em-acao/revista/rotulo-mais-facil/materia/o-rotulo-pode-ser-melhor>> Acesso em: 21 de ago. 2022.

IDEC. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Pesquisa comprova eficácia dos alertas nos rótulos dos alimentos no Chile**, 2018. Disponível em: <<https://idec.org.br/noticia/pesquisa-comprova-eficacia-dos-alertas-nos-rotulos-dos-alimentos-no-chile>> Acesso em: 22 de nov. 2022.

MACHADO, S. S. *et al.* Comportamento dos consumidores com relação à leitura de rótulo de produtos alimentícios. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 1, p. 97-103, 2006.

MARINS, B. R. *et al.* Avaliação qualitativa do hábito de leitura e entendimento: recepção das informações de produtos alimentícios. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 579-585, 2008. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300012>>. Acesso em: 22 out. 2023.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Dia Mundial da Obesidade**. 2017. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/10-10-2017-obesidade-entre-criancas-e-adolescentes-aumentou-dez-vezes-em-quatro-decadas>> Acesso em: 22 de nov. 2022.

PONTES, T. E.; *et al.* A Orientação nutricional de crianças e adolescentes e os novos padrões de consumo: propagandas, embalagens e rótulos. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 27, p. 99-105, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-05822009000100015>.

SOARES, D. J. *et al.* Análise do comportamento dos consumidores com relação à compreensão e entendimento das informações dos rótulos de alimentos. **Agropecuária Técnica**, v. 37, n. 1, p. 105-111, 2016.

SOUZA, C. **Estudo da Tabela Nutricional com alunos da 7ª série**. 2011. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

ANEXO 1

Questionário aplicado para as crianças em relação a preferência dos rótulos das bebidas de fruta adoçadas

Nome: _____

Idade: _____

Olá, amiguinhos! Responda o questionário de acordo com as imagens.

Marque um X na bebida de fruta que você consumiria:

(A)



(B)



Marque com um X no(s) motivo(s) que fez você escolher este produto:

- (a) Porque parece ser mais saudável.
- (b) Porque é mais informativo.
- (c) Porque parece ser mais gostoso.
- (d) Outro: _____

Você saberia explicar sobre esse símbolo na imagem B?

PARTE 5

SEGURANÇA DOS ALIMENTOS:

Microbiologia de alimentos, Higiene em indústria de alimentos e Toxicologia de alimentos



Foto: Victor Maurício, 2019.

CAPÍTULO 1

Avaliação da qualidade higiênico-sanitária de uma hamburgueria no município de Itapetinga-BA

Antônia Cardoso Mendes de Araújo^{1*}; Mauren Miyaji²

Resumo

O hambúrguer é um alimento muito perecível elaborado com matérias-primas que possuem alto risco de contaminação. Por isso, é imprescindível que se tenha um controle eficiente e eficaz em cada etapa do processo de produção, com o intuito de manter a integridade física do consumidor. Em função das características do produto e da manipulação inadequada observada em muitos estabelecimentos que trabalham com lanches, foram avaliadas as condições higiênico-sanitárias de uma hamburgueria artesanal localizada no município de Itapetinga-BA. Para isso, utilizou-se uma lista de verificação baseada nas Resoluções da Diretoria Colegiada - RDC N° 275/2002 e RDC N° 216/2004 do Ministério da Saúde. A partir da análise dos resultados, constatou-se que a hamburgueria atende a 66% dos itens verificados. Este resultado enquadra o estabelecimento no GRUPO II que corresponde à classificação “Satisfatória” de acordo com a legislação. A hamburgueria possui a maior parte dos itens avaliados em conformidade, mas, precisa melhorar em alguns aspectos para que possa assegurar que o hambúrguer comercializado não represente um perigo à saúde dos consumidores. As não conformidades foram separadas em necessárias ou indispensáveis, a fim de indicar quais itens deveriam ser corrigidos com maior urgência. Assim, apesar das condições higiênico-sanitárias da hamburgueria estarem satisfatórias, recomenda-se a implantação das Boas Práticas de Fabricação para garantir a segurança do alimento em todas as etapas de manipulação de seus produtos.

Palavras-chave: Artesanal. Hambúrguer. Segurança do alimento. Serviços de alimentação.

¹ Mestranda em Ciência e Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia.

² Professora Mestre, Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia.

*E-mail: antoniaaraujo@gmail.com

Introdução

Com as constantes inovações tecnológicas e as novas tendências de consumo, a indústria de carnes vem passando por diversas transformações. Por conta disso, na última década, o setor vem apresentando significativa expansão no consumo, como é o caso do hambúrguer que, por ser um alimento bastante apreciado por indivíduos de diversas faixas etárias, teve um crescimento expressivo (BARBOSA, 2021).

Por ser um produto cárneo fresco manipulado, o hambúrguer pode ser veículo de contaminação por microrganismos patogênicos e, por isso, a manipulação adequada é essencial. Em função desse problema e do crescente consumo de produtos do tipo fast-food, surge a preocupação com a qualidade higiênico-sanitária dos alimentos.

Segundo Nascimento *et al.* (2016), o crescente consumo de hambúrguer em todo o mundo acabou se tornando uma preocupação de saúde pública, principalmente pela forma como é manuseado e exposto a vários perigos ou formas de contaminação microbiana, causando a deterioração do produto final além de oferecer riscos à saúde.

As condições higiênico-sanitárias inapropriadas dos estabelecimentos estão relacionadas a fatores como: processo de produção inadequado, conservação imprópria, contaminação cruzada e higienização incorreta de alimentos, manipuladores, utensílios, equipamentos e ambiente, entre outros (BOAVENTURA *et al.*, 2017).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da RDC nº 216, de setembro de 2004, dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação e preconiza a supervisão e capacitação dos manipuladores periodicamente em higiene pessoal, doenças veiculadas por alimentos e manipulação correta dos alimentos (BRASIL, 2004). Outra norma que trata das Boas Práticas de Fabricação é a RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Essa resolução dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores e/ou Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos (BRASIL, 2002). Essas duas normas devem ser seguidas por todos os estabelecimentos relacionados aos serviços de alimentação, como as hamburguerias, para garantir que seus produtos estejam livres de perigos que possam prejudicar a saúde dos consumidores.

Em função das características do produto e da manipulação inadequada observada em muitos estabelecimentos que trabalham com lanches, o objetivo deste trabalho foi avaliar as condições higiênico-sanitárias de uma hamburgueria artesanal do município de Itapetinga-BA.

Material e Métodos

Local da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma hamburgueria, situada no município de Itapetinga-BA, mesorregião Centro-Sul Baiano, distante 562 km da capital do estado, Salvador. O estudo foi realizado em uma hamburgueria que trabalha com a produção média de 1200 hambúrgueres artesanais por mês e possui 10 funcionários.

Verificação das condições higiênico-sanitárias da hamburgueria

A identificação das condições higiênico-sanitárias da hamburgueria foi realizada mediante a aplicação de uma lista de verificação (checklist) baseada nas Resoluções RDC nº 275/2002 (BRASIL, 2002) e na RDC nº 216/2004 (BRASIL, 1997), a fim de avaliar as condições da hamburgueria, detectando as não conformidades.

Nessa etapa, os critérios analisados foram referentes à:

- Edificações e instalações;
- Equipamentos, móveis e utensílios;
- Manipuladores;
- Produção e transporte do alimento;
- Documentação.

A partir dos dados obtidos da lista de verificação, a hamburgueria foi classificada em relação ao percentual de conformidades detectada, conforme a RDC nº 275 /2002, em um dos grupos a seguir:

- Grupo I – plenamente satisfatório- 76 A 100% dos itens atendidos;
- Grupo II - satisfatório - 51 A 75% dos itens atendidos;
- Grupo III - insatisfatório - 0 A 50% dos itens atendidos.

As não conformidades foram classificadas ainda em: necessárias (itens que não representam risco direto para a segurança do produto, mas devem ser atendidos sem tanta urgência) ou indispensáveis (itens críticos que oferecem alto risco à qualidade e segurança do produto e necessitam de correção imediata quando não atendidos).

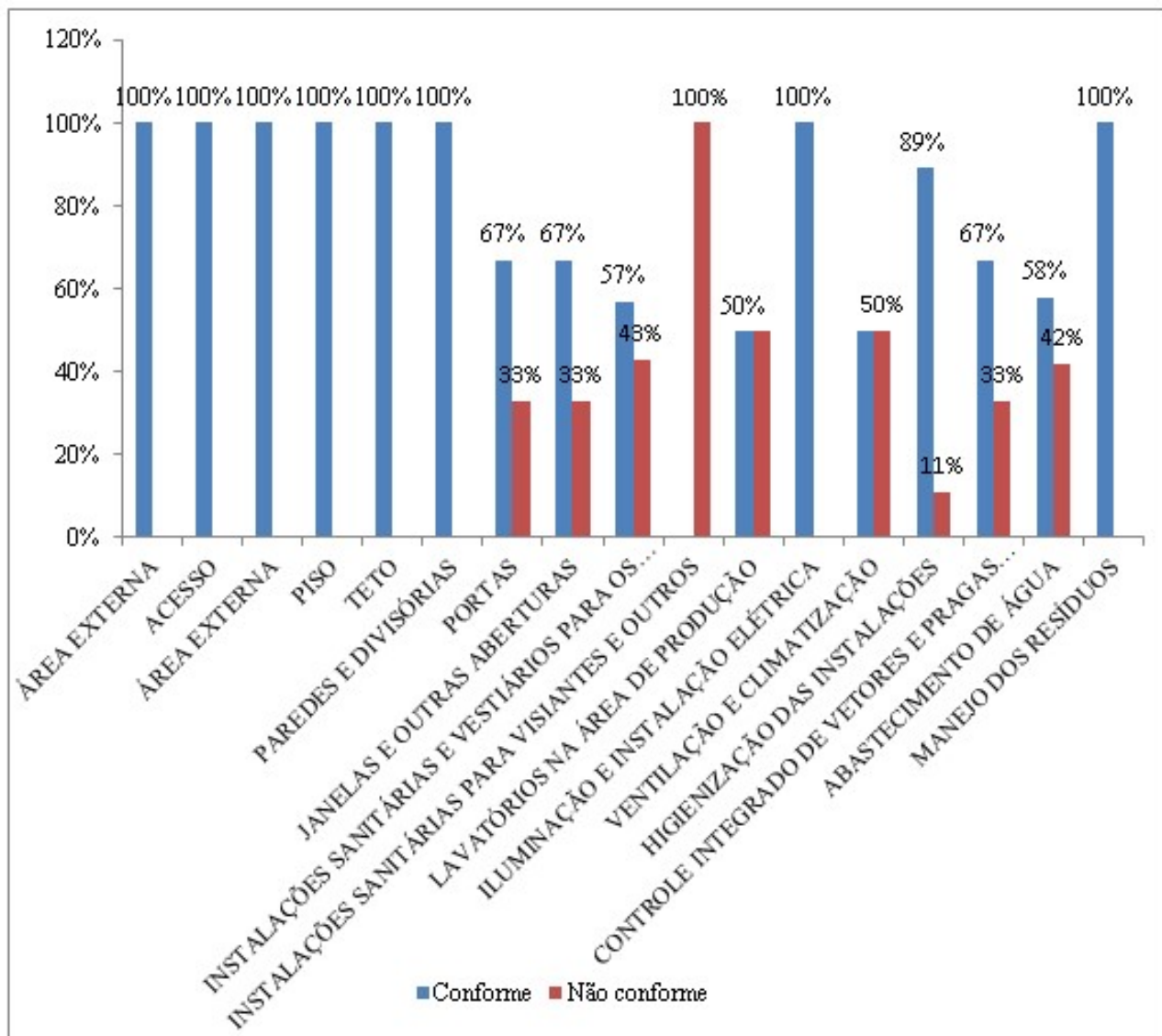
A partir dessa classificação, em uma etapa posterior, será elaborado um relatório da situação da hamburgueria, incluindo as sugestões de melhorias para que, no futuro, os proprietários possam implantar um plano de Boas Práticas de Fabricação (BPF) caso tenham interesse.

Resultados e Discussão

Edificação e instalações

A Figura 1 apresenta os resultados de conformidades e não conformidades na categoria de “Edificação e instalações”, encontrados durante a avaliação das condições higiênico-sanitárias.

Figura 1 - Resultados de itens conformes e não conformes na categoria “Edificação e instalações”



Fonte: Dos autores, 2022.

Como é possível observar na Figura 1, os itens referentes à “Área externa”, “Acesso”, “Piso”, “Área Externa”, “Teto”, “Paredes e Divisórias” e “Manejo dos resíduos” apresentaram adequação total sobre os itens exigidos pela legislação, sendo que, dos 78 itens analisados nessa categoria, 55 estavam em conformidade, o que representa 71% de itens exigidos de acordo com a legislação.

As não conformidades encontradas no local de processamento foram: portas sem fechamento automático e com barreiras adequadas para impedir entrada de vetores e outros animais; sistema de exaustão sem filtros adequados; direção da corrente de ar segue a direção da área contaminada para área limpa; lavatório sem sabonetes e toalhas de papel para higienização das mãos.

Em relação ao item “Instalações sanitárias” constatou-se 100% de inadequações, pois são as mesmas tanto para funcionários quanto para clientes; estão próximas ao local de produção; as portas não possuem fechamento automático; as lixeiras não possuem tampas com acionamento não manual; não existem cartazes com os procedimentos para lavagem das mãos e não há vestiário nem armários para os funcionários.

No que se refere ao “Abastecimento de água”, verificou-se que não há registro da higienização do reservatório de água ou comprovante de execução de serviço em caso de terceirização; não há planilha de registro da troca periódica do elemento filtrante; a potabilidade da água não é atestada por meio de laudos laboratoriais, com adequada periodicidade, assinados por técnico responsável pela análise; não há equipamentos necessários à análise da potabilidade de água realizadas no estabelecimento e não é feito um controle de potabilidade realizado por técnico comprovadamente capacitado.

As demais não conformidades encontradas foram: não há registros da higienização das instalações, nem adoção de medidas preventivas e corretivas em relação ao controle de vetores e pragas urbanas.

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, as edificações e as instalações devem ser localizadas em local isento de fumaça, pó, odores indesejáveis e outros contaminantes, impedir a entrada e o alojamento de insetos, roedores e/ou pragas, além de não estar sujeitas a inundações. Devem apresentar construção com design e materiais adequados, não transmitindo substâncias indesejáveis ao produto. A estrutura deve permitir uma limpeza adequada e devida inspeção quanto à garantia higiênico-sanitária do alimento (BRASIL, 1997).

Equipamentos, móveis e utensílios

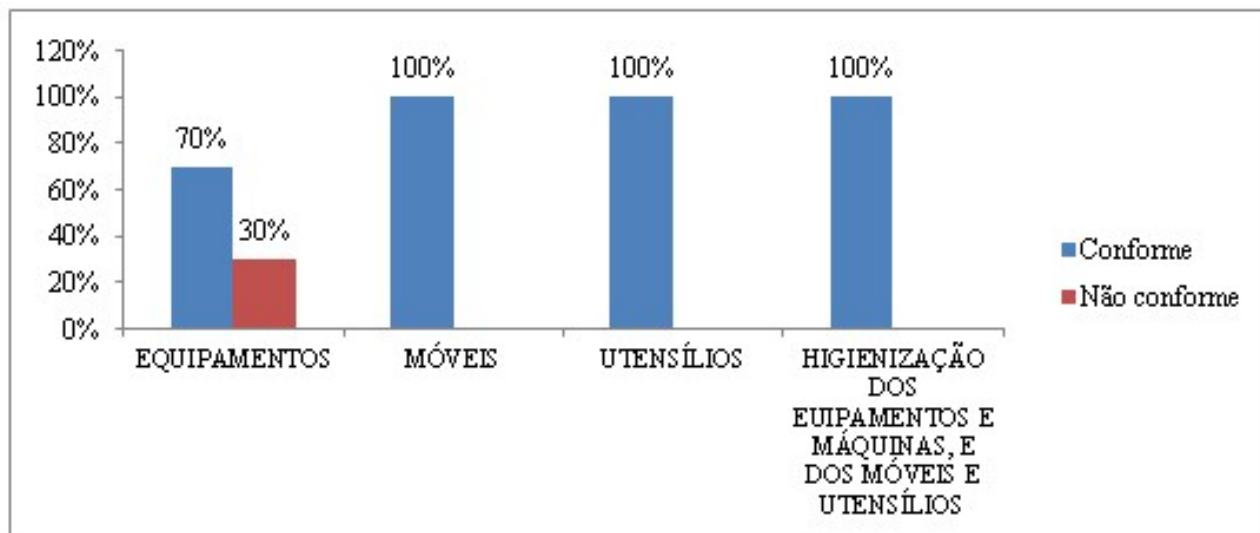
A Figura 2 apresenta os resultados expressos em porcentagem de itens conformes e não conformes obtidas para a categoria de “Equipamentos, móveis e utensílios”.

Dos 21 itens analisados nessa categoria, 18 estão em conformidade, representando 86% de itens exigidos de acordo com a legislação.

Apenas o item “Equipamentos” possui 30% de não conformidades, dentre elas, podem ser citados: não há planilhas de registro da temperatura; não há registros que comprovem que os

equipamentos e maquinários passaram por manutenção preventiva; e não existe um responsável pela operação de higienização comprovadamente capacitado.

Figura 2 - Resultados de itens conformes e não conformes na categoria “Equipamentos, móveis e utensílios”



Fonte: Dos autores, 2022.

Os equipamentos, móveis e utensílios devem ser higienizados na rotina diária da produção, pois, as más condições higiênicas podem favorecer o desenvolvimento de microrganismos e as superfícies que entram em contato com os alimentos podem contaminá-los durante o seu processamento (LIMA, 2020).

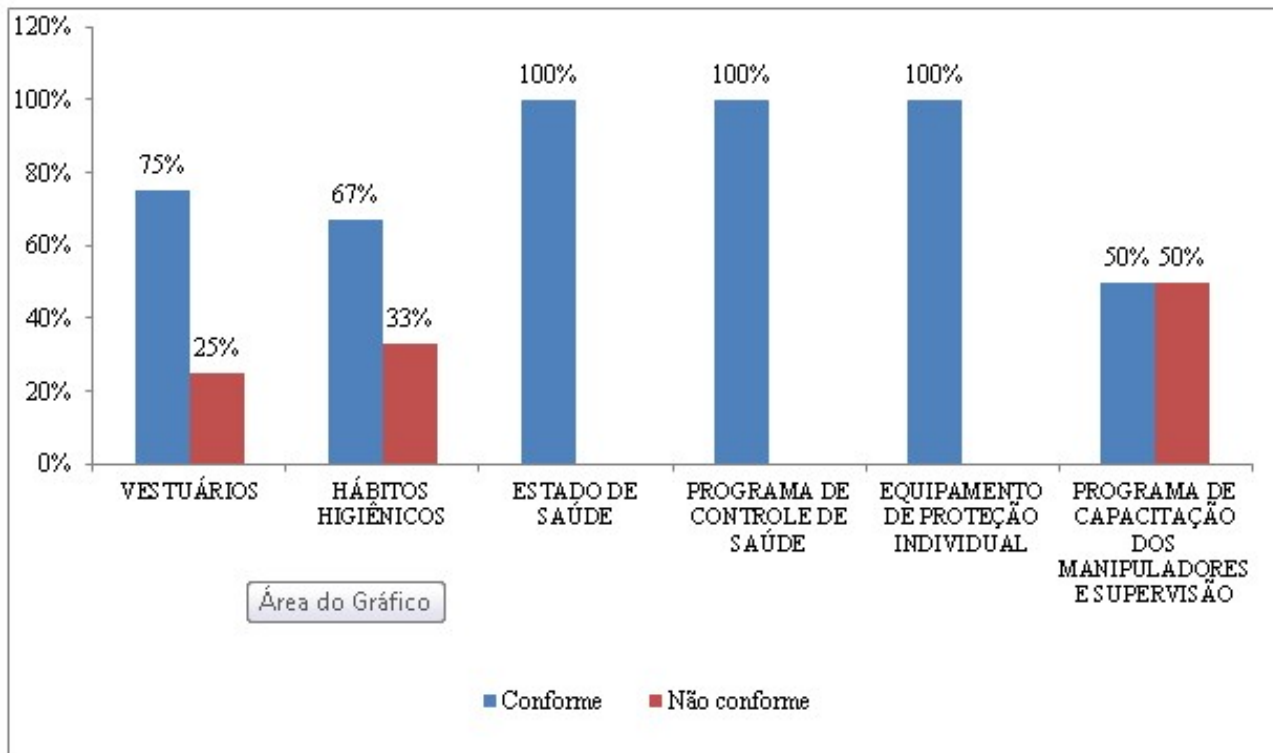
Manipuladores

A Figura 3 apresenta os resultados da categoria de “Manipuladores”, na qual foram avaliados itens relativos ao “Estado de saúde”, “Programa de controle de saúde” e “Equipamento de proteção individual”, que apresentaram 100% de conformidade dos itens exigidos pela legislação, e os itens “Vestuários”, “Hábitos higiênicos” e “Programa de capacitação dos funcionários”, que, dos 15 itens analisados, 11 estavam em conformidade, representando 73% de itens exigidos de acordo com a legislação.

Os manipuladores devem ser capacitados quanto às condições higiênico-sanitárias e em relação à higiene pessoal devem ser orientados em treinamentos à: tomar banho todos os dias, manter o uniforme limpo, fazer exames médicos nos períodos corretos ou quando houver necessidade, evitar espirros, tosse, e conversar sobre os alimentos; lavar e sanitizar as mãos após uso dos sanitários, antes de iniciar os trabalhos ou quando se fizer necessário; usar unhas curtas, aparadas, limpas e sem esmaltes; usar de

uniformes e botas, tocas, máscaras, aventais e equipamentos de proteção individual (EPI) quando necessário; não utilizar adornos; manipuladores devem estar barbeados e com os cabelos protegidos; não fumar, cuspir ou escarrar no local de processamento (GERMANO; GERMANO, 2011).

Figura 3 - Resultados de itens conformes e não conformes na categoria “Manipuladores”



Fonte: Dos autores, 2022.

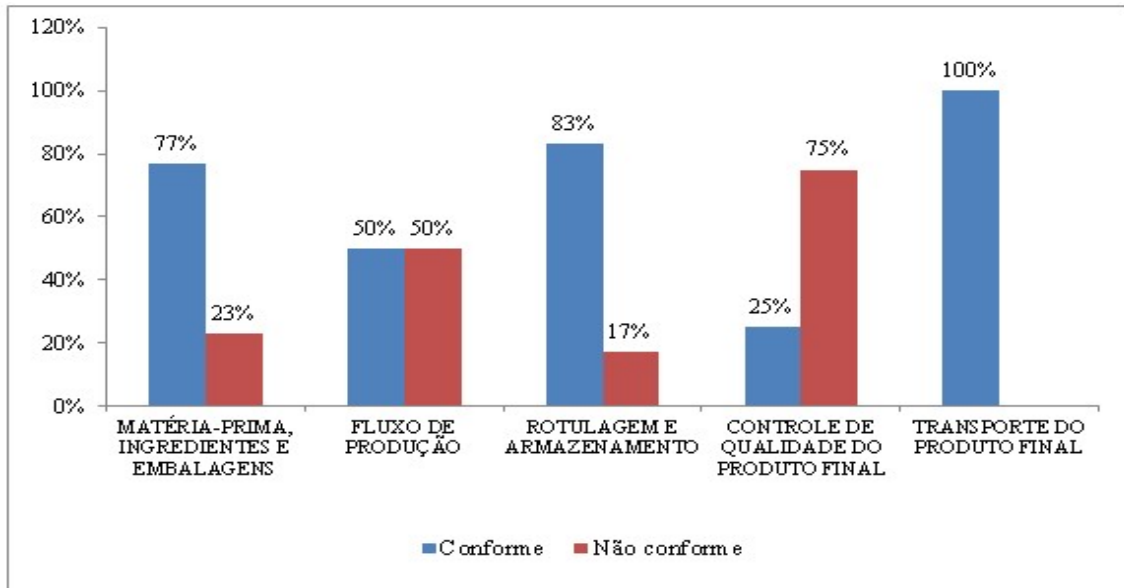
Dentre as não conformidades encontradas nesse item, estão: a presença de manipuladores com barba e sem máscara, ausência de cartazes de orientação aos manipuladores sobre a lavagem correta das mãos e demais hábitos de higiene afixados em locais apropriados; ausência de programa de capacitação contínuo e registros relacionados à higiene pessoal e à manipulação correta dos alimentos.

Estudos afirmam que a higiene do manipulador e de todos os utensílios, equipamentos e superfícies que entram em contato com os alimentos devem ser muito rigorosos, sendo de extrema importância para a produção segura e inócua do produto final. Mesmo os manipuladores aparentando estar saudáveis, possuem bactérias capazes de contaminar os alimentos pela microbiota presente no nariz, na boca, na garganta e no trato intestinal. A manipulação inadequada é uma das principais fontes de contaminação e está relacionada, na maioria das vezes, à higienização incorreta para o exercício da função (SHINOHARA *et al.*, 2016).

Produção e transporte do alimento

A Figura 4 apresenta os resultados expressos em porcentagem de itens conformes e não conformes para a categoria “Produção e transporte do alimento”. Dos 33 itens analisados, 19 estavam de acordo com a legislação, o que leva a um total de 58% de conformidade.

Figura 4 - Resultados de itens conformes e não conformes na categoria “Produção e transporte do alimento”



Fonte: Dos autores, 2022.

Em relação às não conformidades encontradas nos itens “Matérias-primas, ingredientes e embalagens”, “Fluxo de produção” e “Rotulagem e armazenamento”, estão: a recepção da matéria-prima, ingredientes e embalagens não são realizadas em local protegido e isolado da área de processamento; não há planilhas de controle na recepção (temperatura e características sensoriais, condições de transporte e outros); não há locais para pré-preparo (“área suja”) isolados da área de preparo por meio de uma barreira física ou técnica; o fluxo de produção não é ordenado, linear e sem cruzamento e não há um controle adequado nem existência de planilhas de registro de temperatura para ambientes com controle térmico.

Dentre as não conformidades do item relativo ao “Controle de qualidade do produto final”, estão: inexistência de um programa de amostragem para análise laboratorial do produto final; ausência de laudo laboratorial atestando o controle de qualidade do produto final, assinado pelo técnico da empresa responsável pela análise ou expedido por empresa terceirizada e inexistência de equipamentos e materiais necessários para análise do produto final realizadas no estabelecimento.

Nas áreas de produção, processamento, manipulação e transporte, os alimentos devem ser protegidos de contaminações químicas, físicas e microbiológicas. Produtos deteriorados devem ser descartados e não reutilizados para reprocessamento. Torna-se necessário a elaboração de um manual de operações de serviço para as etapas dos processos a serem realizados (PRATI; PARISI, 2015).

Marmentini; Ronqui; Alvarenga (2015) afirmam que durante o processo de produção do alimento, as práticas inadequadas facilitam a contaminação, a sobrevivência e a multiplicação de microrganismos causadores de DTA's. O conhecimento dos principais pontos de contaminação durante o processamento dos alimentos é fundamental para garantir qualidade microbiológica e segurança ao consumidor.

Segundo São José (2012), longos períodos de permanência das preparações quentes em temperaturas inadequadas aumentam a probabilidade de consumo de alimentos em condições higiênicas insatisfatórias, logo, o binômio tempo/temperatura a que as preparações são expostas durante a etapa de distribuição das refeições possuem grande importância para a segurança do alimento e saúde de quem consome.

A Vigilância Sanitária do Estado de Santa Catarina (2017) cita fatores que influenciam na contaminação dos alimentos por agentes patogênicos, alguns deles são: higiene inadequada, práticas inadequadas de manipulação, recipientes tóxicos, aditivos acidentais ou intencionais. Há fatores que também influenciam na proliferação dos agentes patogênicos oriundas da manipulação e armazenamento. E também, existem fatores que influenciam na sobrevivência dos agentes patogênicos, como o aquecimento ou cocção insuficiente e reaquecimento insuficiente.

Documentação

A Documentação apresentou-se com 100% de não conformidade, pois o estabelecimento não dispõe de Manual de BPF, Procedimentos Operacionais Padronizados e Registros de Pontos de Controle. Desta forma, não estão disponíveis para os funcionários e nem disponíveis às autoridades sanitárias, caso seja necessário.

Nos serviços de alimentação, a implantação das BPF além de ser uma exigida pela legislação, eleva a qualidade dos produtos, preserva a saúde pública, reduz gastos com internações hospitalares e oferece maior segurança e satisfação ao consumidor (VERONEZI; CAVEIÃO, 2015).

Outro ponto de grande importância para o bom funcionamento de qualquer estabelecimento que manipule alimentos é a elaboração dos POP's, que consistem em descrever em detalhes todas as operações necessárias para realizar um determinado procedimento, ou seja, "um roteiro padronizado

para realizar uma determinada atividade”, fundamental em qualquer processo para garantir a uniformização dos resultados desejados (SÉRVIO *et al.*, 2019).

De acordo com os dados obtidos da lista de verificação, a hamburgueria possui 66% de conformidades baseadas na RDC nº 275/2002, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da avaliação das condições higiênico-sanitárias da hamburgueria artesanal

Área de Inspeção	Conformidades	Não Conformidades
Edificações e Instalações	55	20
Equipamentos, Móveis e Utensílios	18	3
Manipuladores	11	4
Produção e Transporte do Alimento	19	9
Documentação	0	17
Total	103	53
Porcentagem	66%	34%

Fonte: Dos autores, 2022.

A hamburgueria se enquadra no Grupo II, que corresponde à classificação “Satisfatória” de acordo com a RDC nº 275/2002, significando, portanto, que possui a maior parte dos itens avaliados em conformidade, mas, precisa melhorar em alguns aspectos para que possa assegurar que o hambúrguer comercializado não represente um perigo à saúde dos consumidores.

Preparação para implantação das Boas Práticas de Fabricação

As não conformidades foram classificadas ainda em: necessárias (itens que não representam risco direto para a segurança do produto, mas devem ser atendidos sem tanta urgência) ou indispensáveis (itens críticos que oferecem alto risco à qualidade e segurança do produto e necessitam de correção imediata quando não atendidos) (Tabela 2).

A partir dessa classificação, em uma etapa posterior, será elaborado um relatório da situação da hamburgueria, incluindo as sugestões de melhorias para que, no futuro, os proprietários possam implantar um plano de Boas Práticas de Fabricação (BPF) caso tenham interesse.

Tabela 2 - Classificação das não conformidades em necessárias e indispensáveis

		Itens	
		Não conformidades	Necessários Indispensáveis
Produção	Portas sem fechamento automático e com barreiras adequadas para impedir entrada de vetores e outros animais		X
	Sistema de exaustão sem filtros adequados	X	
	Direção da corrente de ar segue a direção da área contaminada para área limpa		X
	Lavatório sem sabonetes e toalhas de papel para higienização das mãos		X
Instalações sanitárias	Portas não possuem fechamento automático		X
	Lixeiras não possuem tampas com acionamento não manual		X
	Não há cartazes com os procedimentos para lavagem das mãos		X
	Não há vestiário e armários para os funcionários		X
Abastecimento de água	Não há registro da higienização do reservatório de água ou comprovante de execução de serviço em caso de terceirização		X
	Não há planilha de registro da troca periódica do elemento filtrante		X
	Potabilidade da água não é atestada por meio de laudos laboratoriais, com adequada periodicidade, assinados por técnico responsável pela análise		X
	Não há equipamentos necessários à análise da potabilidade de água realizadas no estabelecimento	X	

	Não é feito um controle de potabilidade realizado por técnico comprovadamente capacitado		X
Instalações	Não há registros da higienização das instalações		X
Controle de vetores e pragas	Não há adoção de medidas preventivas e corretivas em relação ao controle de vetores e pragas urbanas		X
	Não há planilhas de registro da temperatura		X
Equipamentos	Não há registros que comprovem que os equipamentos e maquinários passaram por manutenção preventiva	X	
	não existe um responsável pela operação de higienização comprovadamente capacitado		X
	Presença de manipuladores com barba e sem máscara		X
Manipuladores	Ausência de cartazes de orientação aos manipuladores sobre a lavagem correta das mãos e demais hábitos de higiene afixados em locais apropriados		X
	Ausência de programa de capacitação contínuo e registros relacionados à higiene pessoal e à manipulação correta dos alimentos		X

Fonte: Dos autores, 2022.

Conclusão

Com o presente trabalho pode-se verificar que a hamburgueria alcançou uma porcentagem de

66% de conformidade, enquadrando-a no Grupo 2, que possui de 51% a 75% dos itens atendidos, ou seja, o estabelecimento possui um nível satisfatório quanto ao cumprimento das BPF.

A verificação das condições higiênico-sanitárias foi muito importante para servir como alerta ao estabelecimento das não conformidades existentes e quais melhorias devem ser implementadas com maior urgência para que não haja risco de contaminação dos produtos.

Portanto, apesar das condições higiênico-sanitárias da hamburgueria estarem satisfatórias, recomenda-se a implantação das Boas Práticas de Fabricação para garantir a segurança do alimento em todas as etapas de manipulação de seus produtos. Os resultados serão repassados ao proprietário do estabelecimento para que sejam feitas as adequações necessárias para a implantação das BPF no futuro.

Referências

BARBOSA, A. D. **Avaliação da sobrevivência microbiana em uma receita padronizada de hambúrguer gourmet termicamente processada sob diferentes parâmetros de cocção**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

BOAVENTURA, *et al.* Conhecimento de manipuladores de alimentos sobre higiene pessoal e boas práticas na produção de alimentos. **Revista Univap**, 23 (43), 53-62. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília: DF, 2002. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/anexos/anexo_res0275_21_10_2002_rep.pdf. Acesso em: 25 ago. 2022.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997**. Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 1997.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004**. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 setembro de 2004. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216_15_09_2004.html Acesso em: 25 ago. 2022.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. 4ª ed. São Paulo: Varela, 2011.

LIMA, T. A. de. **Aplicação de boas práticas de fabricação em uma fracionadora de alimentos em Lages/SC**. Trabalho de conclusão de curso (TCC) em Engenharia de Alimentos – Centro Universitário

FACVEST, Lages, 2020. 103 f.

MARMENTINI, R.P.; RONQUI, L.; ALVARENGA, V.A. A importância das boas práticas de manipulação para os estabelecimentos que manipulam alimentos. **Revista Facimed**, 40(8), 263. 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/6172068-A-importancia-das-boas-praticas-de-manipulacao-para-os-estabelecimentos-que-manipulam-alimentos.html>. Acesso em: 02 nov. 2021.

NASCIMENTO, *et al.* Indicadores de condições higiênicas sanitárias em preparações orientais servidas em restaurantes na cidade de Salvador – BA. **Anais...** Portal de Periódicos Científicos da UFRGS: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Alimentação: a árvore que sustenta a vida. Salvador-BA, 2016.

PRATI, P; HENRIQUE, C. M; PARISI, M. M. C. **Importância da higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Atena, 2015.

SÃO JOSÉ, J. F. B. Contaminação Microbiológica em Serviços de Alimentação. **Journal Brazilian Society Food**, São Paulo, v.37, n.1, p.78-92, 2012.

SÉRVIO, *et al.* Importância do Controle de Qualidade na Indústria de Alimentos. **Anais...** XII FAVE - Fórum Acadêmico da Faculdade Vértice – Univértix. 2019. Disponível em: <https://fave.univertix.net/2019/11/04/importancia-do-controle-de-qualidade-na-industria-de-alimentos/>. Acesso em: 25 out. 2022.

SHINOHARA, N. K. S. et al. Boas práticas em serviços de alimentação: não conformidades. **Revista Eletrônica "Diálogos Acadêmicos"**, v. 10, n. 1, p. 79-91, janeiro/junho 2016.

VERONEZI, C. T.; CAVEIÃO, C. A importância da implantação das boas práticas de fabricação na indústria de alimentos. **Revista Saúde e Desenvolvimento**, v.8, n.4, p. 90-103. 2016.

VIGILÂNCIA SANITÁRIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Doença Transmitida por Alimento (DTA)**. Santa Catarina. 2017. Disponível em: <http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/index.php/inspecao-de-produtos-e-servicos-de-saude/alimentos/91-area-de-atuacao/inspecao-de-produtos-e-servicos-de-saude/alimentos/415-doenca-transmitida-por-alimento-dta>. Acesso em: 02 nov. 2022.

CAPÍTULO 2

Análise microbiológica de queijo Minas artesanal de Porteirinha, MG

Lívia Caroliny Almeida Santos Souza¹; Tawana Silva Cardoso*¹; Bárbara Clara Soares Fonseca¹; Larissa de Mattos Sarmento¹; Irene Menegali²; Maximiliano Soares Pinto^{2*}

Resumo

Minas Gerais sempre foi destaque como produtor de queijo artesanal. Mesclando pequenas e grandes produções, Minas representa cerca de 25% da produção nacional. Devido à grande importância econômica, cultural e social para a agricultura familiar, bem como para o estado, as pesquisas sobre queijos artesanais têm crescido em diferentes regiões, assim como as regulamentações por parte dos órgãos de fiscalização têm se tornado cada vez mais constantes. O queijo artesanal pode conter microrganismos diversos, incluindo aqueles potencialmente patogênicos. Dessa forma, é fundamental impedir a veiculação desses patógenos em produtos lácteos, uma vez que o queijo artesanal é produzido com leite cru. Portanto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os aspectos microbiológicos dos queijos artesanais do município de Porteirinha, MG. Foram analisadas 10 amostras de queijos comercializadas informalmente no município de Porteirinha. Verificou-se a presença de *Staphylococcus aureus*, coliformes a 35 °C e *Escherichia coli*. O principal contaminante indesejável presente nos queijos analisados foi *S. aureus*, sendo que todas as amostras apresentaram valores acima do permitido pela legislação vigente. Algumas amostras apresentaram valores aceitáveis para coliformes a 35 °C e *E. coli*. A presença de coliformes, *E. coli* e *S. aureus* acima dos valores fixados como máximos pela legislação vigente também foi constatada, indicando condições de higiene inadequadas durante o processo de fabricação e/ou armazenamento dos queijos. É necessário cuidado com a qualidade microbiológica do leite cru durante sua ordenha e manipulação, como também utilização de Boas Práticas de Fabricação (BPF) para a conservação e manutenção da qualidade final do queijo artesanal.

Palavras-chave: Contaminação. Lácteos. Qualidade. Segurança do alimento.

Introdução

Conhecidos por sua importância histórica e econômica, os queijos artesanais produzidos no estado de Minas Gerais são os mais antigos e tradicionais do Brasil (SOBRAL, 2012). Atualmente existem dez regiões dentro desse estado reconhecidas como produtoras de Queijo Minas Artesanal

¹ Discentes do Curso de Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

² Docentes do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

*Email: tawana.cardoso03@gmail.com

(QMA): Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Diamantina, Entre Serras da Piedade ao Caraça, Serra do Salitre, Serro, Serras da Ibitipoca e Triângulo Mineiro. Juntamente com o volume de produção dos Queijos Artesanais de Minas (QAM) e queijos artesanais não caracterizados, a produção total de queijos artesanais pelo estado chega a 32 mil toneladas anuais (FAEMG, 2022; SEAPA, 2023).

O sabor característico do queijo Minas artesanal proporcionou a esse produto o seu reconhecimento como Patrimônio Cultural Imaterial Brasileiro, pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), valorizando assim o conhecimento tradicional e um traço marcante da identidade cultural dessas regiões produtoras.

Produzidos de maneira tradicional, com técnicas transferidas de geração em geração, o queijo Minas artesanal possui as características particulares dos locais onde são produzidos. O “pingo”, fermento lácteo natural responsável pelo típico sabor dos queijos, insere uma microbiota diversificada no produto, que é representativa de cada região e confere ao queijo características sensoriais únicas e endêmicas tornando sua degustação um ato único (COSTA *et al.*, 2022).

Os queijos artesanais estão conquistando grande espaço na mesa do consumidor e, conseqüentemente, aumentando a economia local das cidades produtoras e a renda de famílias fabricantes desses produtos. Embora a produção informal de alimentos, em alguns casos, possa apresentar danos à saúde dos consumidores, a existência do mercado artesanal tem influência positiva no país, pois é uma fonte de renda relevante, tendo em vista as proporções da produção. O consumo é influenciado pela crescente valorização dos gostos regionais, na busca de “bons produtos” e também pela preocupação com problemas socioambientais, uma vez que a produção industrial pode provocar mais impactos no meio ambiente, além de ser menos benéfica economicamente para os pequenos produtores (RENK, 2014).

O Brasil, enquanto país em desenvolvimento e muito sujeito às variações do capital, não consegue ainda oferecer empregos formais para todos os cidadãos, e diante disso, o brasileiro se vê obrigado a buscar meios alternativos de sustento, o que provoca o crescimento do comércio informal.

Esse comércio, então, deixa de existir apenas em caráter temporário e intermitente e passa a fazer parte da dinâmica do sistema capitalista (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009).

A produção informal possui como principal característica a ausência de tecnologias avançadas e padronização de processos. Levando em consideração que a matéria-prima de elaboração do queijo é um alimento com características que propiciam o desenvolvimento de grande variedade de microrganismos (elevada atividade de água, disponibilidade de nutrientes) (PEIXOTO; CARVALHO; MAGALHÃES, 2022) e que esta não passa por tratamento térmico durante a elaboração dos queijos artesanais, torna-se importante um controle sobre as condições sob as quais esse alimento é processado, visando a garantia da qualidade do produto que é entregue ao consumidor.

A ingestão de queijos contaminados pode trazer consequências para a saúde da população. Nesse sentido, a qualidade do alimento é um problema de saúde pública. Para detectar possíveis contaminações nos alimentos utilizam-se grupos de microrganismos indicadores (MOMBA *et al.*, 2019). A presença desses microrganismos em alimentos fornece informações sobre as condições de higiene nas quais foi fabricado o produto. Os indicadores mais comuns são os coliformes totais (a 35 °C) e os coliformes termotolerantes (a 45 °C) (LANDGRAF, 2008).

Dentre os microrganismos patogênicos, pode-se destacar a *Salmonella spp.*, que causa infecção alimentar e o *Staphylococcus aureus*, que é produtor de uma toxina termoestável pré-formada no alimento (EHRHARDT; BECKER; GRASSL, 2023; KWIECINSKI; HORSWILL, 2020). Outro patógeno que também pode estar presente nos alimentos é a *Listeria spp.* que pode causar febre, náusea, dores, diarreia e até comprometimento do sistema nervoso central causando meningite, encefalite e abscessos (LANDGRAF, 2008).

O município de Porteirinha localiza-se no extremo norte do Estado de Minas Gerais, na microrregião da Serra Geral de Minas. Segundo o IBGE, sua população estimada em 2021 é de 37.823 habitantes (IBGE, 2023). Porteirinha foi reconhecida como produtora de queijo artesanal pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) no ano de 2018, possuindo um volume anual de produção significativo. No contexto exposto até aqui, o presente trabalho objetiva investigar os aspectos microbiológicos dos queijos artesanais comercializados no município de Porteirinha, MG.

Material e Métodos

Aquisição do queijo artesanal e amostragem

Foram analisadas 10 amostras de queijos comercializadas informalmente no município de Porteirinha, MG. Os queijos foram adquiridos aleatoriamente no mercado local e transportados até o Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal do Cento de Pesquisa em Ciências Agrárias (CPCA) do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais em caixas térmicas, sendo que os produtos estavam acondicionados em embalagens plásticas tal como são comumente comercializados. Não foi possível determinar com exatidão o tempo de fabricação de cada amostra de queijo. Estima-se, no entanto, que todas as amostras possuíam menos de dez dias de fabricação.

Avaliação microbiológica do queijo artesanal

As análises foram feitas em até 72 h após o recebimento das amostras e, durante esse período, os queijos foram mantidos sob refrigeração. Foram feitas análises de *S. aureus*, coliformes a 35 °C e *Escherichia coli*, parâmetros de qualidade de referência da legislação estadual e importantes indicadores das condições de higiene durante o processamento do produto.

Para as análises microbiológicas, foram retiradas de forma representativa porções de 25 g de cada amostra e adicionada a 225 mL de água peptonada estéril, homogeneizando-as e obtendo-se amostras com uma diluição inicial de 10^{-1} . A partir desta diluição foram preparadas as demais diluições sucessivas decimais de 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} . Para a contagem de coliformes a 35 °C e *E. coli* foi utilizado o Petrifilm Coliformes/*E. coli* (AOAC 991.14 – Contagem de Coliformes e *E. coli* em Alimentos, Película Reidratável Seca) de acordo com os procedimentos determinados pelo fabricante. Para as análises de *S. aureus*, utilizou-se o Petrifilm 3M – Rapid *S. aureus* (RSA) Count Plate (AOAC 981.15), de acordo com os procedimentos determinados pelo fabricante.

Resultados e Discussão

Qualidade microbiológica do queijo artesanal

Devido à dificuldade na detecção de alguns microrganismos patogênicos na rotina laboratorial para avaliação da segurança e higiene da água e de alimentos, os microrganismos indicadores vêm sendo cada vez mais utilizados. Estes pertencem a um grupo de microrganismos que quando presentes no alimento fornecem informações sobre: contaminação fecal, a presença de possíveis patógenos ou a deterioração do alimento e indicam as condições sanitárias inadequadas durante o processo de fabricação ou armazenamento (DA SILVA *et al.*, 2017; MOMBA *et al.*, 2019). Dentre os indicadores estão os coliformes totais, bactérias aeróbias mesófilas, coliformes termotolerantes, psicrotróficas, estafilococos, entre outros (LANDGRAF, 2008).

Para assegurar a qualidade microbiológica dos queijos artesanais, o estado de Minas Gerais regulamenta a produção através de normas instrutivas acerca da adoção das Boas Práticas de Fabricação (BPF) e requisitos sanitários mínimos que devem apresentar o produto final. Os parâmetros microbiológicos que garantem a segurança dos queijos artesanais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites máximos previstos na legislação para contaminação microbiológica de queijos artesanais

Microrganismo	Parâmetro (log UFC·g ⁻¹)
Coliformes a 35 °C	3,7
<i>E. coli</i>	2,7
<i>L. monocytogenes</i>	Ausência
<i>Salmonella</i> (25 g ⁻¹)	Ausência
<i>S. aureus</i>	2,0

Fonte: Minas Gerais, 2002; Minas Gerais, 2008.

Os resultados das amostras de queijo coletadas em Porteirinha são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores e resultados obtidos nas amostras analisadas de queijos produzidos artesanalmente

Amostras	<i>S. aureus</i>	Coliformes a 35 °C	<i>E. coli</i>
	log UFC·g ⁻¹		
1	5,34	4,08	3,38
2	4,01	4,41	2,65
3	3,76	3,58	2,08
4	4,45	4,23	3,38
5	4,97	4,73	4,28
6	3,90	4,11	3,54
7	4,41	4,76	3,08
8	2,92	3,83	1,95
9	3,03	3,40	1,60
10	5,49	5,06	3,58

Fonte: Autores, 2019.

Staphylococcus aureus

De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar que todas as amostras de queijo artesanal analisadas apresentaram resultado entre, 2,92 a 5,49 log UFC·g⁻¹ de *S. aureus*, ou seja, resultados acima do permitido para legislação estadual vigente (MINAS GERAIS, 2008). Isto indica falhas nos procedimentos de higiene de obtenção do leite e no processo de fabricação, interferindo na qualidade microbiológica do queijo.

Em estudo realizado por Castro *et al.* (2020), foram analisadas doze amostras de queijo, com maturação entre um e vinte e um dias, produzidos em uma propriedade rural localizada em Santa Vitória,

município de Minas Gerais. Segundo os resultados, foi possível observar que todas as amostras de queijo analisadas apresentaram resultado acima do permitido pela legislação vigente para *S. aureus*.

Estudo realizado por Pinto *et al.* (2011), na cidade de Santa Helena, no estado do Paraná, envolvendo 20 amostras de queijos artesanais demonstrou que 100% das amostras continham a presença inconforme de *S. aureus*.

Sá *et al.* (2021), ao analisar queijos artesanais comercializados em Campo das Vertentes, constataram a contaminação de 100% das amostras por *Estafilococos* coagulase positiva. Resultado semelhante foi encontrado por Campos *et al.* (2023), ao estudarem queijos artesanais comercializados na região de Pontal do Triângulo Mineiro, onde obtiveram contagens superiores aos limites legislativos em todas as amostras, apresentando qualidade microbiológica insatisfatória. Estes resultados corroboram com os valores encontrados neste trabalho, já que a média encontrada foi superior ao disposto em legislação. Pinto *et al.* (2011) e Li *et al.* (2022), acrescentam que concentrações superiores a 10^5 UFC·g⁻¹ podem propiciar a produção de enterotoxinas estafilocócicas.

Para a microbiologia de alimentos, o *S. aureus* é a espécie de maior interesse por provocar intoxicações de origem alimentar bastante frequentes em nosso meio, principalmente nas épocas quentes do ano (FISHER; OTTO; CHEUNG, 2018).

As principais fontes de contaminação por *Staphylococcus* spp. na maioria das amostras de queijos artesanais, são o leite cru, o “pingo” e a manipulação por pessoas portadoras assintomáticas deste microrganismo, por ser um produto altamente manipulado (ANDRETTA *et al.*, 2019; BONILLA-LUQUE *et al.*, 2023; CAMPOS *et al.*, 2021; VINHA; PINTO; CHAVES, 2018).

O *S. aureus* possui a capacidade de causar intoxicação alimentar, provocada pela ingestão de toxinas pré-formadas no alimento, quando ocorre a multiplicação das células. A ingestão de uma dose menor que 1 µg pode gerar os sintomas de intoxicação, e essa quantidade é atingida quando a população de *S. aureus* apresenta valores entre 10^5 a 10^6 UFC·g⁻¹ de alimento (SILVA *et al.*, 2010).

Vários alimentos já foram incriminados em surtos, incluindo os produtos lácteos e derivados (principalmente queijos). Segundo o Ministério da Saúde, no período de 2012 a 2021 ocorreram 6.347 surtos de origem hídrica e alimentar no Brasil, sendo que desses, 12,9% estavam associados à contaminação do alimento por *S. aureus*, que apareceu em 2º lugar no *ranking* dos microrganismos patogênicos responsáveis pelos surtos ocorridos dentro desse período (BRASIL, 2022). Alimentos muito manipulados durante a fabricação, ou os que permanecem a temperatura ambiente depois da preparação são os de maior risco de provocarem intoxicação estafilocócica (SILVA *et al.*, 2010).

Coliformes a 35 °C

Ao avaliar coliformes a 35 °C, oito (8) das 10 amostras analisadas apresentaram-se fora dos

limites legislativos, ou seja, apenas 20% encontraram-se dentro dos padrões exigidos.

Segundo Furtado (2019), a presença de coliformes em queijos está ligada a ocorrência de estufamento precoce, defeito tecnológico perceptível ao final do processo de prensagem ou até dois dias após a produção do queijo. O queijo apresenta-se abaulado, com olhaduras irregulares e sabor amargo, ocasionado pela produção de etanol e ácido acético a partir da fermentação da lactose, já o estufamento é devido, à produção de gás carbônico, resultante da fermentação da lactose por estes microrganismos.

Apesar de as amostras de número 3 e 9 não terem apresentado contagens de coliformes acima do limite máximo (limite superior) estabelecido, seus valores estão demasiado altos – uma vez que se encontram acima do limite mínimo (limite inferior) de referência existente na legislação –, o que possibilitaria sua multiplicação no produto até o momento do consumo do queijo, podendo ultrapassar os limites máximos, representando perigo à saúde do consumidor.

Segundo Mota e Farias (2020) e Martins *et al.* (2021), em estudo realizado com queijos artesanais das regiões da Zona da Mata mineira e Norte de Minas, foi possível observar que um percentual expressivo das amostras analisadas de queijos artesanais, excedeu aos limites legais para contagens de coliformes a 35 °C. De acordo com estes autores, falhas higiênico-sanitárias durante todo o processo, desde o momento da ordenha passando pela falta de higiene na manipulação durante a fabricação, utilização de equipamentos e utensílios mal higienizados, água com baixa qualidade microbiológica, dentre outros, podem exemplificar e explicar parte destas contaminações. Por isso, é necessário ressaltar que a implementação e utilização das BPF são muito importantes para diminuir contaminações por microrganismos (VINHA; PINTO; CHAVES, 2018).

Outra alternativa, seria o tratamento térmico (pasteurização) do leite utilizado na produção de queijos, contudo, diversos autores enfatizam que a produção de queijos no Brasil é realizada com leite cru, manipulado de maneira precária, sem qualquer higienização do manipulador, animal e utensílios (KOMATSU *et al.*, 2010; SILVA; COSTA, 2021).

O queijo é um dos produtos artesanais mais apreciados pela população brasileira, sendo comercializado em diversos estados de acordo com as tradições regionais. Portanto, sua fabricação, assim como a de alimentos industrializados, deve estar de acordo com as normas de higiene, cuja matéria-prima seja oriunda de animais sadios e que estejam em ambiente sanitariamente adequado, assim como há a necessidade de garantir que seu armazenamento e transporte mantenham os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e nutricionais exigidos. A não observância desses requisitos mínimos de qualidade coloca em risco a saúde dos consumidores deste produto (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Escherichia coli

A *E. coli* está incluída no grupo dos coliformes termotolerantes. São capazes de fermentar a

lactose, com formação de gás em 48 h a 44 – 45,5 °C (SILVA *et al.*, 2010).

A análise dos coliformes a 45 °C apresentou valores mínimo e máximo de 1,60 log UFC·g⁻¹ e 4,28 log UFC·g⁻¹. Das 10 amostras analisadas, 6 (seis) delas (60%) apresentaram contagens acima de 2,7 log UFC·g⁻¹ para coliformes a 45 °C, ou seja, contagem acima do limite preconizado pela legislação. Tais dados sugerem que os queijos artesanais podem ter sido contaminados durante a obtenção do leite na fazenda, no processamento ou manipulação inadequados, além de serem mantidas à temperatura ambiente (inadequada) no comércio.

Estudo realizado na cidade de Frutal, MG, também demonstrou elevado índice de amostras (80%) com positividade para coliformes termotolerantes (MARTINS; REIS, 2012).

Estudo com queijos Minas artesanais comercializadas no Mercado Municipal de Belo Horizonte mostrou a presença de coliformes termotolerantes em 44% das amostras com níveis superiores aos padrões estabelecidos pela legislação e de *Estafilococos* coagulase positiva em 100% das amostras (LOPES *et al.*, 2020).

Campos *et al.* (2021) avaliaram 78 queijos Minas artesanais da Serra da Canastra, encontrando contagens acima do preconizado pela legislação em relação a coliformes totais (19%) (sendo que dessas, 18% testaram positivo para *E. coli*), *S. aureus* (42%) e *Listeria monocytogenes* (1%).

Em trabalho realizado na região da Canastra, em Minas Gerais, com o objetivo de conhecer e contribuir para a qualidade de queijos artesanais, foram analisadas 47 amostras de queijos, sendo que 4,26% das amostras estavam contaminadas por coliformes a 45 °C (COURA *et al.*, 2020). Em trabalho semelhante, Zafari *et al.* (2007), analisaram 80 amostras para avaliar a qualidade microbiológica de queijos artesanais comercializados em estradas litorâneas no norte do Rio Grande do Sul, em seus resultados encontraram 84% das amostras com contagens de coliformes termotolerantes acima do limite permitido pela legislação brasileira vigente no ano do estudo (RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001, da ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária).

De acordo com Salotti *et al.* (2006), a ocorrência de coliformes a 45 °C em produtos lácteos é evidenciada com frequência quando estes são derivados de leite ordenhado em locais inadequados e oriundos de processos produtivos com deficiências higiênico-sanitárias, sendo *E. coli* a principal representante deste grupo. Em avaliações realizadas, Meier *et al.* (2021) constataram que 40% das amostras avaliadas apresentaram contagens superiores a 10³ UFC·g⁻¹ de coliformes a 45 °C. Lucas *et al.* (2012) também verificaram que 75% das amostras de queijo estudadas estavam impróprias para o consumo humano devido aos resultados de coliformes a 45 °C superiores a 5,0 x 10² UFC·g⁻¹.

Segundo Barbosa e Salomão (2021) e Oliveira *et al.* (2021), medidas efetivas para o controle de contaminação são, particularmente, a higiene rigorosa na manipulação dos alimentos, os cuidados para evitar contato direto ou indireto de alimentos preparados com utensílios e equipamentos utilizados no

manuseio de matérias-primas, minimizando, portanto, a possibilidade de recontaminação ou contaminação cruzada, a refrigeração adequada de alimentos preparados e a cocção dos produtos antes do consumo. Portanto, sempre é importante salientar, que a implementação de BPF é imprescindível para obtenção de um produto com melhor qualidade de consumo, tentando assim evitar a ocorrência de contaminações alimentares por microrganismos.

Conclusão

A presença de coliformes 35 °C, *E. coli* e Estafilococos coagulase positiva acima dos valores fixados como máximos pela legislação vigente no estado de Minas Gerais demonstra condições de higiene inadequadas durante o processo de fabricação e/ou armazenamento dos queijos. O principal contaminante indesejável dos queijos analisados foi *S. aureus*, uma vez que todas as amostras apresentaram valores muito acima do permitido pela legislação. Apenas duas amostras apresentaram valores inferiores ao limite máximo aceitável pela legislação para coliformes a 35 °C e a 45 °C.

A qualidade higiênico-sanitária dos queijos artesanais analisados e comercializados em feiras-livres é muito precária, constituindo riscos à saúde do consumidor devido a qualidade inadequada das matérias-primas e/ou condições impróprias de processamento, estocagem e comercialização. São necessários cuidados com a qualidade do leite cru e manipulação desde a ordenha até o produto final, como também utilização de boas práticas para conservação e manutenção da qualidade final do queijo artesanal.

Referências

- ANDRETTA, M. *et al.* Microbial safety status of Serro artisanal cheese produced in Brazil. **Journal of Dairy Science**, v.102, n.12, p.10790-10798, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3168/jds.2019-16967>>. Acesso em: 17 out. 2023.
- BARBOSA, S. B.; SALOMÃO, P. E. A. Boas práticas para produção de queijo. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v.1, 2021. ISSN 2178-6925.
- BONILLA-LUQUE, O. M. *et al.* Tracking microbial quality, safety and environmental contamination sources in artisanal goat cheesemaking factories. **Food Microbiology**, v.114, p. 104301, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fm.2023.104301>>. Acesso em: 17 out. 2023.
- BRASIL. **Surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar no Brasil**. Ministério da Saúde. 2022. Disponível em: www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha/publicacoes/surtos-de-doencas-de-transmissao-hidrica-e-alimentar-no-brasil-informe-2022. Acesso em: 05 mai. 2023.

CAMPOS, G. Z. *et al.* Microbiological characteristics of Canastra cheese during manufacturing and ripening. **Food Control**, v. 121, p. 107598, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107598>>. Acesso em: 17 out. 2023.

CAMPOS, S. K. *et al.* Avaliação microbiológica de queijos Minas artesanal da região do Pontal do Triângulo Mineiro. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 3, p. e21712340282, 2023.

CASTRO *et al.* Evaluation of the innocuousness and microbiological characterization of Minas artisanal cheese produced in Santa Vitória City, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e480974004, 2020.

COSTA, R. G. B. *et al.* Os queijos Minas artesanais: Uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v.11, n.8, p. e16911830012, 2022.

COURA, F. M. *et al.* Queijo Minas artesanal produzido na região de Canastra: Características dos parâmetros de produção, qualidade da água e dos queijos. **Revista ARS Veterinária**, v. 36, n. 2, p. 78-87, 2020.

DA SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos e água**, 5. ed. São Paulo: Blucher, 2017, 560p.

DIAS, J.C. **Uma longa e deliciosa viagem: O primeiro livro da história do queijo no Brasil**, 1. ed. São Paulo: Barleus, 2010, 168 p.

EHRHARDT, K.; BECKER, A. L.; GRASSL, G. A. Determinants of persistent *Salmonella* infections. **Current Opinion in Immunology**, v.82, p. 102306, 2023.

FAEMG. Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. **Produtoras de queijos Minas artesanais**. 2022. Disponível em: www.sistemafaemg.org.br/noticias/regioes-produtoras-de-queijos-minas-artesanais Acesso em: 20 maio 2023.

FISHER, E. L.; OTTO, M.; CHEUNG, G. Y. C. Basis of virulence in enterotoxin-mediated staphylococcal food poisoning. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, n. 436, 2018.

FURTADO, M. M. **Queijos semiduros**, 1. ed. São Paulo: Setembro, 2019, 154p.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2023. Disponível em: www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/porteirinha.html Acesso em: 20 maio 2023.

KOMATSU, R. S. *et al.* Queijo artesanal comercializado em Uberlândia – MG. **Biociência**, v.26, n.2, p.311-315, 2010.

KWIECINSKI, J. M.; HORSWILL, A. R. *Staphylococcus aureus* bloodstream infections: pathogenesis and regulatory mechanisms. **Current Opinion in Microbiology**, v.53, p.51-60, 2020.

LANDGRAF, M. Cap. 3 – Microrganismos indicadores. *In*: FRANCO, B. D. G. de M; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008, p. 27-31.

LI, H. *et al.* Effects of cuminaldehyde on toxins production of *Staphylococcus aureus* and its application in sauced beef. **Food Control**, v.137, p. 108960, 2022.

LOPES, V. C. *et al.*, Qualidade microbiológica de queijos tipo Minas comercializados em Belo Horizonte, MG, Brasil. **Revista Infarma Ciências Farmacêuticas**, v. 32, n. 4, p. 344-352, 2020.

LUCAS, S. D. M. *et al.* Padrão de identidade e qualidade de queijos colonial e prato, comercializados na cidade de Medianeira – PR. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.67, n.386, p.38-44, 2012.

MARTINS, E. S.; REIS, N. E. V. Determinação de coliformes e *Staphylococcus* coagulase positiva em queijo Minas frescal. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.6, n.2, p.842-851, 2012.

MARTINS, R. T. *et al.* Avaliação microbiológica do queijo Minas comercializado na região de Montes Claros/MG. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 11, n. 2, p. 257-263, 2021.

MEIER *et al.* Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química de queijos maturados produzidos com leite cru. **Revista Científica da Universidade de Barra Mansa**, v. 23, n. 44, p. 180-192, 2021.

MINAS GERAIS. Decreto Lei nº 42.645, de 05 de junho de 2002. Dispõe sobre o processo de produção do Queijo Minas Artesanal. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, MG, 05 jun. 2002. Disponível em: www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/42645/2002/?cons=1. Acesso em: 10 maio 2023.

MINAS GERAIS. Decreto nº 42.645 de 05 de junho de 2002. Aprova o Regulamento da Lei nº 14.185, de 31 janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de Queijo Minas Artesanal. **Diário Executivo de Minas Gerais**, Poder Executivo, Belo Horizonte, MG, 06 jun. 2002. Disponível em: www.almg.gov.br/. Acesso em: 04 mai. 2023.

MINAS GERAIS. Decreto nº 44.864 de 01 de agosto de 2008. Altera o regulamento da lei nº 14.185 de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal. **Diário Executivo de Minas Gerais**, Poder Executivo, Belo Horizonte, MG, 02 de ago. 2008. Disponível em: www.almg.gov.br/. Acesso em: 29 abr. 2023.

MINAS GERAIS. Decreto nº 44.864, de 1º de agosto de 2008. Altera o Regulamento da Lei n. 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de Queijo Minas Artesanal. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, MG, 02 ago. 2008. Disponível em: www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/44864/2008/. Acesso em: 10 maio 2019.

MOMBA, M. *et al.* Cap. 2 – Using indicators to assess microbial treatment and disinfection efficacy. *In*: ROSE, J. B.; JIMÉNEZ-CISNEROS, B. **Water and Sanitation for the 21st Century: Health and Microbiological Aspects of Excreta and Wastewater Management (Global Water Pathogen Project)**. Michigan: UNESCO, 2019.

MOTTA, B. C.; FARIAS, L. M. Determinação da qualidade físico-química e microbiológica do queijo Minas frescal artesanal comercializado em uma cidade da Zona da Mata mineira. **Revista Saúde Dinâmica**, v. 3, n. 1, 2020.

NETTO, M. M. O mercado central de Belo Horizonte: Entre queijos e sabores. **Geograficidade**, v.2, n.1, p. 53-67, 2012.

OLIVEIRA, M. C. de. *et al.* Parâmetro microbiológico de queijos produzidos e comercializados no Brasil: Revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v.10, n.14, p. e472101422196, 2021.

PEIXOTO, M. G. C. D.; CARVALHO, M. R. S.; MAGALHÃES, V. M. A. de. **O leite bovino que produzimos e consumimos**. 1ª. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 28p.

PINTO, F.G.S. *et al.* Qualidade microbiológica de queijo Minas frescal comercializado no município de Santa Helena, PR, Brasil. **Revista Arquivos do Instituto Biológico**, v.78, n.2, p.191-198, 2011.

SÁ, L. F. C. de. *et al.* Qualidade microbiológica do queijo Minas artesanal do Campo das Vertentes. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 110013-110028, 2021.

SALOTTI, B. M. *et al.* Qualidade microbiológica do queijo Minas frescal comercializado no município de Jaboticabal, SP, Brasil. **Revista Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.73, n.2, p.171-175, 2006.

SEAPA. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de avaliação desenvolvido por pesquisadores mineiros será utilizado em Concurso Internacional de Queijo**. 2023. Disponível em: www.agricultura.mg.gov.br/index.php/ajuda/story/5268-sistema-de-avaliacao-desenvolvido-por-pesquisadores-mineiros-sera-utilizado-em-concurso-internacional-de-queijo Acesso em: 20 maio 2023.

SILVA, L. N. R. da; COSTA, M. de R. Condições de comercialização e qualidade de queijos Minas frescos em feiras livres e mercado municipal de Campo Grande, MS. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 75, n. 4, p. 266-280, 2021.

SILVA, N. *et al.* **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. São Paulo: Varela, 2010. 295 p.

SOBRAL, D. **Efeito da nisina na contagem de *Staphylococcus aureus* e nas características do queijo Minas artesanal da região de Araxá**. 2012. 116f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

VINHA, M. B.; PINTO, C. L. de O.; CHAVES, J. B. P. Estafilococos coagulase positiva em queijos Minas frescal produzidos em agroindústrias familiares. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.73, n.2, p.62-72, 2018.

WILKINSON, J. **Mercados, redes e valores: O novo mundo da agricultura familiar**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008.

ZAFFARI, C. B. *et al.* Qualidade Bacteriológica de queijos artesanais comercializados em estradas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p. 862-867, 2007.

ZOCHE, F. *et al.* Estafilococos coagulase positiva em queijos Minas frescal e Minas padrão comercializados em Pelotas, Rio Grande do Sul. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 119-124, 2012.

CAPÍTULO 3

Extrato etanólico de *Mangifera indica* L. reduz adesão de *Staphylococcus* spp. isolados de leite mastítico

Roberta Torres Careli^{*1}; Diogo França Arruda²; Camila Ribeiro Rocha³; Emanuely Gomes Alves Mariano⁴; Adriana Gonçalves Freitas⁵; Eduardo Robson Duarte⁶

Resumo

Objetivou-se avaliar a atividade antibacteriana do extrato etanólico de *Mangifera indica* L. sobre células de *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus haemolyticus* aderidas por 48 h em superfície de aço inoxidável na presença de leite desnatado. Efeitos antibacterianos do extrato foram avaliados para a amostra *S. aureus* ATCC 25923 e dois isolados (S178 e S182) provenientes de leite de vacas com mastite, para determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM), Concentração Bactericida Mínima (CBM), potencial de biotransferência, adesão bacteriana e sua ação sanitizante. A CIM foi de 0,625 mg·mL⁻¹ para as três bactérias analisadas, e uma CBM de 2,5 mg·mL⁻¹ para S178 e S182 e 1,25 mg·mL⁻¹ para *S. aureus* padrão. A média de células bacterianas biotransferidas dos cupons de aço inoxidável para o leite foi de 8,61 log UFC·mL⁻¹, enquanto a adesão média foi de 7,06 log UFC·cm⁻². Estes resultados indicam alto potencial de biotransferência e formação de biofilme das células de *S. aureus* em aço inoxidável na presença de leite bovino. A solução do extrato de manga promoveu uma redução de 1,36 log UFC·cm⁻² a contagem de *S. aureus* ATCC 25923; em 4,08 log UFC·cm⁻² a contagem de S178 e em 4,04 log UFC·cm⁻² a de S18, por um tempo de 10 min, na superfície de aço. O extrato etanólico de manga verde apresentou efeito bacteriostático e bactericida em *S. aureus* e *S. haemolyticus* isolados do leite mastítico, com uma eficácia média do extrato de 55,31% para S178 e S182 e 12,98% para a cepa padrão quando há formação de biofilme.

Palavras-chave: Adesão bacteriana. Extrato de manga. Sanitizante. Segurança de alimentos.

¹ Professor Associado; Universidade Federal de Minas Gerais.

² Engenheiro de Alimentos; Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Doutoranda em Biotecnologia; Universidade Estadual de Montes Claros.

⁴ Mestre em Produção Animal; Universidade Federal de Minas Gerais.

⁵ Engenheira de Alimentos; Universidade Federal de Minas Gerais.

⁶ Professor Titular; Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: robertacareli@ufmg.br.

Introdução

O leite é um produto com alto valor nutritivo e de importância para a alimentação humana, porém bastante perecível, com alto teor de umidade e todos os nutrientes que favorecem a proliferação de micro-organismos (SHABBIR *et al.*, 2020). Dessa forma, a presença de patógenos provenientes das glândulas mamárias infectadas dos animais resulta na contaminação subsequente do leite, nos equipamentos e utensílios de ordenha, dos tanques de expansão, influenciando assim seu padrão microbiológico (PACHA *et al.*, 2020).

Dentre as doenças que podem acometer o rebanho trazendo grandes prejuízos para a produção leiteira está a mastite, que é a inflamação da glândula mamária em que um dos principais agentes causadores são as bactérias do gênero *Staphylococcus* (ABRIL *et al.*, 2020; PACHA *et al.*, 2020). A contaminação por esses micro-organismos pode representar um risco de segurança alimentar, pois quando encontram condições favoráveis para sua multiplicação, produzem enterotoxinas termorresistentes, muitas vezes não sendo eliminadas quando submetidas aos tratamentos térmicos empregados no processamento do leite (GONET *et al.*, 2023).

Várias espécies bacterianas possuem a capacidade de mudar um estado individual (planctônico) para uma condição de comunidade, aonde melhoram sua capacidade de sobreviver em ambientes adversos (GUZMÁN-SOTO *et al.*, 2021). Esse arranjo auto-organizado, conhecido como biofilme, consiste em uma estrutura microbiana tridimensional (3D) com células fixadas e envolvidas por uma matriz extracelular autoproduzida, composta por água, nutrientes, polissacarídeos, DNA e proteínas, que pode ser anexada a um substrato. Este processo dinâmico de biofilmes estabelece uma importante estratégia de proteção para as bactérias envolvidas nessa matriz, aumentando a sua resistência a agentes antimicrobianos (GEBREYOHANNES *et al.*, 2019).

Na cadeia produtiva de leite, um dos materiais comumente utilizado é o aço inoxidável. O uso desse tipo de superfície deve-se às características de resistência a corrosão, a altas temperaturas, por ser inerte, liso, impermeável, de fácil higienização e por apresentar custo relativamente baixo. Em razão dessas propriedades, esse material é utilizado nos tanques de expansão, nas tubulações de pasteurização e troca de calor e em diversos outros equipamentos envolvidos na produção de leite e derivados (ANDRADE, 2008). Porém, patógenos como *S. aureus* possuem a capacidade de aderir e formar biofilmes em superfícies desse material (LATORRE *et al.*, 2020; PACHA *et al.*, 2020).

O uso indiscriminado de antibióticos na produção de leite e de sanitizantes químicos tem contribuído para o desenvolvimento da resistência bacteriana aos antimicrobianos normalmente utilizados no processo de higienização. Como alternativa para a higienização de equipamentos e

utensílios de aço inoxidável, tem-se testado compostos extraídos de plantas com ação bacteriostática e bactericida (DE PAULA *et al.*, 2021; MANILAL *et al.*, 2020).

Vários estudos já foram conduzidos em extratos obtidos de folhas, cascas de frutas, raízes, cascas do caule e caroços de *Mangifera indica* L. para verificar suas atividades antimicrobianas (ALAIYA; ODENIYI, 2023; JAHURUL *et al.*, 2015; RAJU *et al.*, 2019). Jahurul *et al.* (2015) revisaram o uso de sementes e cascas de manga na indústria alimentícia, assim como a atividade dos compostos bioativos nas partes da planta. O estudo relatou que a semente e a casca da manga contêm principalmente compostos fenólicos, como mangiferina, flavonoides e taninos, os quais podem estar relacionados com as características antimicrobianas. Raju *et al.* (2019) verificaram que caroços de manga, que geralmente são descartados, têm propriedades antitumorais e antibacterianas.

A manga é uma fruta de grande importância econômica e segundo a FAO (2003) é a variedade de fruta tropical dominante produzida no mundo. O plantio é realizado para a exploração comercial assim como a fruta também é cultivada em pomares domésticos para autoconsumo. É consumida *in natura* ou utilizada como matéria-prima para produtos industrializados (MANICA *et al.*, 2001).

Quantidade considerável de frutos verdes da manga se desprendem da planta na época da safra pela queda fisiológica ou por ação do vento ou de outros fatores ambientais. Além disso, utiliza-se a técnica do raleio para mangas, onde é reduzido o número de frutas da planta para aquelas que permanecem nela se desenvolvam melhor (EMBRAPA, 2000). Esse resíduo que tem seu destino para o descarte pode ser utilizado para a produção de sanitizantes na indústria de alimentos, caso verificado seu poder antimicrobiano.

Entretanto, pouco se conhece sobre a eficácia antimicrobiana do extrato do fruto verde da manga para bactérias patogênicas que afetam a produção de leite. Sendo assim, esta pesquisa avaliou-se a ação antibacteriana do extrato etanólico de frutos verdes de *Mangifera indica* L. frente células de *Staphylococcus* spp. isoladas de leite mastítico, aderidas em superfície de aço inoxidável.

Material e Métodos

Coleta dos frutos e preparo do extrato

Frutos de *Mangifera indica* L., cultivar Ubá, foram coletados nos meses de setembro e outubro de 2021, na área de reserva do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), campus Montes Claros, MG (coordenadas 16°40'51,5"S e 43°50'32,1"W, altitude de 640 m). Foram selecionados os frutos em estágio de maturação verde, apresentando diâmetro de aproximadamente quatro centímetros.

Realizou-se a seleção dos frutos sem lesões, lavados com água clorada (200 ppm por 15 min) e posterior enxágue em água destilada. Os frutos inteiros foram triturados e o extrato etanólico foi obtido pela adição de 100 g do material vegetal em 1000 mL de etanol PA. Essa mistura foi armazenada em frasco âmbar por dez dias e acondicionada em local seco e isento de iluminação à temperatura de 23 °C. Foi realizada a filtração em funil com gaze e algodão e incubado em estufa com ventilação forçada a 40 °C por dois dias (NERY *et al.*, 2010 com modificações).

Obtenção e identificação dos isolados

O efeito antibacteriano dos extratos foi avaliado para a cepa padrão de *S. aureus* ATCC 25923 e para os isolados S178 e S182, provenientes de leite de vacas com mastite, da raça Girolando, com 5 ± 1 anos de idade, criadas na fazenda experimental do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

Para identificação molecular desses isolados, promoveu-se a extração e amplificação do DNA ribossomal, como descrito por Chapaval *et al.* (2008). Utilizou-se um par de iniciadores que se anelam em regiões conservadas dos genes 16S e 23S, 16-1A (5' GAATCGCTAGTAATCG 3') e 23-1B (5' GGGTTCCCCCAT TCGGA 3'). Sequenciou-se o gene 16S rRNA pelo método de Sanger, utilizando-se o sequenciador automático MegaBACETM 1000 e os primers utilizados foram o 27F (5' GAGTTTGATCCTGGCTCAG 3') e 1492R (5' GGTTACCTTGTTACGACTT 3') no Laboratório Myleus Biotechnology (REYSENBACH *et al.*, 2000). O resultado do sequenciamento foi verificado com o software SeqScanner, e os resultados comparados online no BLAST (banco de dados do NCBI). As bactérias foram identificadas com nível mínimo de 99% de similaridade.

Avaliação do efeito bacteriostático e bactericida

Para a avaliação dos efeitos bacteriostático e bactericida do extrato, foram realizados os testes de determinação de Concentração Inibitória Mínima (CIM) e de Concentração Bactericida Mínima (CBM). A determinação da CIM do extrato de manga foi realizada utilizando-se o método de macrodiluição em caldo (NCCLS, 2005). A concentração do extrato obtido foi 5,255 mg·mL⁻¹. A partir dessa concentração, realizou-se o preparo de 2,5 mL de soluções contendo caldo *Brain Heart Infusion* (BHI), nas concentrações de 0,15625; 0,3125; 0,625; 1,25; 2,5; e 5,0 mg·mL⁻¹ do extrato. Em seguida, 12,5 µL da suspensão de cada micro-organismo em cultura pura foram inoculadas, separadamente, em cada tubo contendo as soluções dos extratos previamente determinadas. Para o preparo das suspensões bacterianas, a cultura foi ativada por duas vezes consecutivas em caldo BHI e incubada a 37 °C por 24 h, obtendo-se uma concentração final de 10⁸ UFC·mL⁻¹, utilizando como referência o padrão de turbidez

da escala de McFarland 0,5. Os controles das concentrações dos extratos não continham a suspensão microbiana. Todos os tubos foram homogeneizados em vórtex por 1 min e incubados a 35 °C por 24 h.

Para a determinação da CBM, uma alçada das suspensões dos tubos que não apresentaram turvação foi transferida para placas contendo Ágar Triptona Soja (TSA), as quais foram incubadas a 37 °C ± 2 °C por 24 h para observação de crescimento microbiano (NCCLS, 2005).

Avaliação da adesão bacteriana

Para o estudo de adesão bacteriana, culturas ativas de cada estirpe foram centrifugadas a 9000 x g por 10 min e os *pellets* foram lavados com solução de cloreto de sódio a 0,85%. As suspensões bacterianas foram preparadas por ressuspensão dos *pellets* em água peptonada a 0,1% e inoculada em *Erlenmeyers* com 99 mL de leite desnatado esterilizado de modo a obter uma concentração celular de 10⁵ UFC·mL⁻¹, para cada sistema experimental. Em cada *Erlenmeyer* foram adicionados sete cupons de aço inoxidável AISI 304 # 4 com dimensões de 2,0 cm x 2,0 cm x 0,1 cm, previamente higienizados e esterilizados de acordo com Rossoni e Gaylarde (2000). A superfície de aço inoxidável AISI 304 # 4 foi escolhida por ser a mais empregada em tanques de expansão de leite. O uso do leite desnatado se deve ao fato de que os lipídios, presentes no leite integral, poderiam favorecer a adesão e a formação de biofilmes, superestimando-se, assim, a real capacidade do microrganismo (BOARI et al., 2009).

Esse sistema experimental foi mantido sob agitação constante em mesa agitadora orbital a 60 rpm de modo a simular a agitação do leite no tanque de expansão. Os cupons foram lavados com água destilada e transferidos para uma nova amostra de leite desnatado esterilizado, sem inoculação, após 24 h de condução do sistema experimental. Esse novo sistema foi mantido sob agitação de 60 rpm por mais 24 h, totalizando 48 h de adesão bacteriana (BOARI et al., 2009 com adaptações). Esse período foi dimensionado com base na legislação vigente para qualidade do leite cru, que estabelece como tempo máximo entre a ordenha e o recebimento do leite no estabelecimento onde será processado (MAPA, 2018). Para avaliação do potencial de biotransferência das células aderidas aos cupons para o leite desnatado sem inoculação, alíquotas de 1000 µL foram retiradas e submetidas a diluições decimais seriadas sucessivas seguidas de plaqueamento em Ágar Sal Manitol a 35 °C ± 2 °C por 24 h (BOARI et al., 2009 com adaptações).

Para quantificação das células bacterianas aderidas, os cupons foram retirados, lavados em 10 mL de solução de cloreto de sódio a 0,85% para retirada de células planctônicas, transferidos para 10 mL de solução de cloreto de sódio a 0,85% e submetidos a banho ultrassônico por 2 min para desprendimento das células sésseis. Realizaram-se diluições decimais de cada amostra, com

plaqueamento em Ágar Sal Manitol a $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ por 24 h e os resultados foram expressos em $\text{UFC} \cdot \text{cm}^{-2}$ (BOARI *et al.*, 2009 com adaptações).

Sensibilidade das células ao extrato

Para testar a sensibilidade das células aderidas frente à solução do extrato, os cupons foram lavados com solução de cloreto de sódio a 0,85%. Em seguida, foram transferidos para a solução sanitizante, composto pelo extrato e água destilada esterilizada, nas concentrações bactericidas mínimas encontradas em testes anteriores para cada estirpe de *Staphylococcus* spp. A solução controle foi formulada com os mesmos componentes da solução de extrato, no entanto, sem a presença deste. Os tempos de contato dos tratamentos com o extrato e controle foram 5; 7,5 e 10 min. Esses períodos foram baseados no tempo de higienização de superfícies e utensílios utilizados nas indústrias de alimentos. Para a quantificação das células bacterianas após o contato com as soluções do extrato, foram realizados os procedimentos para a retirada de células aderidas descritos por Careli *et al.* (2009) e os resultados expressos em $\text{UFC} \cdot \text{cm}^{-2}$.

Análise estatística

Esse experimento foi conduzido segundo delineamento inteiramente casualizado com três repetições por tratamento. Foi utilizado esquema fatorial 2 x 3 constituído por dois tratamentos (solução com extrato e controle) e três tempos de contato com o extrato (5; 7,5 e 10 min). Para verificar o efeito antibacteriano do extrato sobre as células aderidas, os valores de $\text{UFC} \cdot \text{cm}^{-2}$ foram transformados para $\log(x+1)$ a fim de atender a pressuposição de normalidade (CAIXETA *et al.*, 2012). Todas as análises estatísticas foram realizadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey utilizando o Sistema de Análises Estatísticas – SAEG versão 9.0 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

Resultados e Discussão

A análise molecular identificou o isolado S178 como *S. aureus* e o isolado S182 como *S. haemolyticus* com similaridade mínima de 99%.

No teste para a detecção da CIM foram obtidos valores de $0,625\text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ para a estirpe padrão e os isolados. No entanto, S178 e S182 mostraram-se mais resistentes ao efeito bactericida do extrato de manga, já que foi necessário o dobro de extrato em relação a cepa padrão (Tabela 1).

Tabela 1 - Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM), expressas em $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$, do extrato do fruto verde de *Mangifera indica* L. frente a cepas de *Staphylococcus* spp

Micro-organismo	CIM ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	CBM ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)
ATCC 25923	0,625	1,25
S178	0,625	2,5
S182	0,625	2,5

Fonte: Dos autores, 2022.

Outros estudos têm reportado valores de CIM e CBM superiores aos verificados nesta pesquisa. Bona *et al.* (2014) avaliaram o efeito antibacteriano de extratos etanólicos de outras frutas frente *S. aureus*. Verificaram uma CIM de $12,5 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ referente aos extratos etanólicos de jabuticaba (*Myciaria cauliflora*), goiaba (*Psidium guajava*) e jamelão (*Syzygium cumini*). O extrato de jamelão foi capaz de eliminar as células de *S. aureus* em CBM de $100 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$.

Osei-Djarbeng *et al.* (2020) conduziram um estudo para investigar e comparar a propriedade antimicrobiana de extratos etanólicos da casca de manga, folhas e caroço contra diferentes micro-organismos selecionados, através da diluição em caldo e método de difusão em poço de ágar. O estudo relatou que o extrato do caroço exibiu a maior atividade antimicrobiana entre os extratos. A concentração inibitória mínima (CIM) do extrato do caroço contra *S. aureus* foi de $125 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$.

Bshabshe *et al.* (2020) investigaram a atividade antibacteriana do extrato etanólico do caroço de manga em isolados clínicos de *S. aureus* e *S. aureus* resistente à meticilina (MRSA) usando o método de difusão em disco *in vitro*. A atividade antibacteriana do extrato foi comparada aos resultados obtidos pelos antibióticos padrões (vancomicina, ampicilina e penicilina). O estudo relatou que o extrato de caroço de manga demonstrou atividade antibacteriana contra ambas as categorias de bactérias. Verificou-se que as cepas de MRSA são mais sensíveis ao extrato de caroço de manga quando comparadas ao medicamento de referência vancomicina. Além disso, o estudo relatou que MRSA mostrou 100% de sensibilidade à vancomicina, 100% de resistência à ampicilina e 98% de resistência à penicilina.

O alto teor de taninos hidrolisados e de compostos fenólicos presentes na casca e na amêndoa da manga foram associados ao seu efeito antimicrobiano (JAHURUL *et al.*, 2015).

Pode-se atribuir a ação antimicrobiana dos extratos de plantas pelo efeito tóxico que causa na membrana citoplasmática dos micro-organismos. Os compostos ativos desses extratos com propriedades hidrofóbicas possibilitam o particionamento dessas membranas alterando funções a permeabilidade (GARCIA; ORLANDA, 2014). Esses efeitos podem promover ruptura do fluxo de elétrons, alteração no transporte de moléculas na membrana, inibição de atividade de enzimas e coagulação do conteúdo citoplasmático (COX *et al.*, 2000).

Não foi observada diferença ($p > 0,05$) entre os micro-organismos avaliados neste estudo quanto aos valores de potencial de biotransferência e adesão na superfície de aço inoxidável. De forma geral, a média de células das cepas bacterianas biotransferidas da superfície para o leite foi de $8,61 \log \text{UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$. Os valores do potencial de biotransferência encontrados são preocupantes pois indicam alta capacidade de contaminação e de multiplicação dessas bactérias em leite, que pode causar sérios prejuízos econômicos e de saúde pública. Latorre *et al.* (2020) reforçam que os biofilmes formados por *S. aureus* em equipamentos de ordenha podem atuar como fonte de contaminação, comprometendo assim a qualidade microbiológica do leite utilizado para a fabricação de produtos lácteos.

Verificou-se uma concentração média de $7,06 \log \text{UFC} \cdot \text{cm}^{-2}$ de células aderidas em cupons de aço inoxidável pelas cepas avaliadas. A alta contagem de micro-organismos para a adesão nesse estudo aponta que houve formação de biofilme. Vargová *et al.* (2023) também observaram que *S. aureus*, isolados de leite e superfícies de ambiente de ordenha, foram capazes de formar biofilme em aço inoxidável, com contagens superiores a $5 \log \text{UFC} \cdot \text{cm}^{-2}$.

A formação do biofilme é considerada uma adesão irreversível, sendo necessário aplicar força mecânica, agentes surfactantes, agentes sanitizantes e calor para a remoção dessa complexa comunidade microbiana aderida. Entretanto, após a higienização ainda podem ser encontradas células que possam contaminar os alimentos. Outro problema na indústria de alimentos é a capacidade de bactérias do biofilme se desprenderem e dispersarem por erosão ou abrasão, tornando-se uma fonte constante de contaminação (OLIVEIRA; BRUGNERA; PICCOLI, 2010).

Não houve diferença ($p > 0,05$) para os tratamentos controle de cada micro-organismo à medida que se aumentou o período de exposição (Tabela 2). Para a estirpe padrão, no tempo de 10 min obteve-se a maior redução do número de células aderidas. Desta forma, o extrato foi capaz de reduzir em $1,36 \log \text{UFC} \cdot \text{cm}^{-2}$ a contagem de *S. aureus* ATCC 25923. Apesar de o número de células aderidas ter diminuído ($p < 0,05$), essa redução não foi satisfatória, pois em contagens de *S. aureus* acima de $10^5 \text{UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ ou por grama de alimento é compatível com a formação da enterotoxina (SANTANA *et al.*, 2010).

As enterotoxinas produzidas por *Staphylococcus* spp. podem resultar em gastroenterite aguda de evolução rápida e os sintomas variam de acordo com a susceptibilidade de cada indivíduo. Uma mesma cepa de *S. aureus* pode produzir mais de um tipo de enterotoxina e doses baixas da enterotoxina é capaz de causar surtos, além disso é termorresistente e o período da intoxicação é de curto prazo de incubação (SANTANA *et al.*, 2010).

A eficácia do extrato frente a *S. aureus* ATCC 25923 mesmo no tempo de 10 min foi baixa comparada as outras cepas. Entretanto, a concentração do extrato utilizado para a cepa padrão foi metade da concentração para S178 e S182, conforme determinado em testes anteriores.

Para o isolado S178, houve diferença ($p < 0,05$) entre os tempos utilizados para o extrato de manga, porém o período de contato de 10 min reduziu em 4,08 log UFC·cm⁻² o número de células quando comparado a adesão (Tabela 2). Em todos os tempos de contato houve diferença entre o controle e o extrato de manga para a estirpe S182. A contagem de micro-organismos aderidos sobreviventes após 5,0 e 7,5 min de aplicação do extrato foi similar ($p > 0,05$). Após 10 min foi verificada redução de 4,04 log UFC·cm⁻² de células aderidas em relação ao valor verificado para o teste de adesão.

Tabela 2 – Contagem de células de *Staphylococcus* spp. aderidas em superfície de aço inoxidável, expressas em log UFC·cm⁻², após o tratamento com extratos do fruto verde de *Mangifera indica* L. nas concentrações bactericidas mínimas e solução controle expostas a diferentes tempos de contato

Micro-organismo (CBM)	Tempo**(min)	Log UFC·cm ⁻²		% eficácia*
		Controle	Extrato	
ATCC 25923 (1,25 mg·mL ⁻¹)	5,0	6,77 ^{Aa}	6,72 ^{Aa}	0,00 ^{Bb}
	7,5	6,61 ^{Aa}	6,56 ^{Ba}	1,71 ^{Bb}
	10,0	6,55 ^{Aa}	5,70 ^{Cb}	12,98 ^{Ab}
S178 (2,5 mg·mL ⁻¹)	5,0	7,13 ^{Aa}	6,73 ^{Aa}	5,45 ^{Cb}
	7,5	6,74 ^{Aa}	5,06 ^{Bb}	24,92 ^{Ba}
	10,0	6,84 ^{Aa}	2,98 ^{Cb}	55,40 ^{Aa}
S182 (2,5 mg·mL ⁻¹)	5,0	7,42 ^{Aa}	5,30 ^{Ab}	28,30 ^{Ba}
	7,5	7,10 ^{Aa}	5,38 ^{Ab}	24,29 ^{Ba}
	10,0	6,76 ^{Aa}	3,02 ^{Bb}	55,22 ^{Aa}

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: CBM: Concentração Bactericida Mínima.

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (comparação entre os tempos) e minúscula na linha (comparação entre tratamentos) não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

*Eficácia = 1 - (Controle) x 100, letras maiúsculas diferentes indicam diferença entre os tempos avaliados para o mesmo isolado e letras minúsculas iguais indicam similaridade entre os isolados avaliados nos mesmos tempos.

** Teste de adesão (tempo 0) - concentração média de 7,06 log UFC·cm⁻² para as três cepas.

Foi observada maior eficácia para isolado *S. aureus* 178 no tempo de 10 min e apesar de ser da mesma espécie, a cepa padrão é isolada de humanos, enquanto a S178 foi isolada de leites de bovinos com mastite. A eficácia para o isolado S182 foi maior no tempo de 10 min e bem próximo a eficácia encontrada para S178. O tratamento, o tempo de contato e a espécie de micro-organismo avaliado influenciaram a eficácia do extrato (Tabela 2).

Diversos autores relatam micro-organismos coagulase negativa como causadores de mastite bovina. Um exemplo de uma espécie com essa característica é *S. haemolyticus*, cepa

predominantemente isolada de leite bovino (HOSSEINZADEH; SAEI, 2014; PATE *et al.*, 2011). Porém, poucos estudos relatam o uso de extratos vegetais na inibição desse patógeno.

Manzur *et al.* (2019) avaliaram a atividade antimicrobiana de extratos de folha de manga em oito cepas de *S. aureus* isoladas de uma vaca com mastite e a cepa padrão *S. aureus* ATCC 25923. Todos os micro-organismos foram capazes de formar biofilmes em superfícies de aço inoxidável e borracha, com contagens de células superiores a $7 \log \text{UFC} \cdot \text{cm}^{-2}$. O extrato etanólico a $45,3 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ foi capaz de reduzir os biofilmes na borracha (média de redução $3,91 \log \text{UFC} \cdot \text{cm}^{-2}$) e aço inoxidável (média de redução $3,87 \log \text{UFC} \cdot \text{cm}^{-2}$) após 5 min de contato.

O extrato etanólico de manga apresentou pouca eficácia na redução da contagem de células da estirpe padrão e considerável redução para as estirpes S178 e S182 isoladas do leite de animais com mastite. Esses resultados podem ser justificados pelos mecanismos de resistência de células dentro de um biofilme e pela interação que pode ocorrer entre a matéria orgânica no leite e os compostos ativos do extrato. Para contornar tal situação, uma possível opção seria a utilização de maior tempo de contato e/ou o aumento da concentração do extrato de manga verde.

Conclusão

O extrato etanólico de manga verde apresentou efeito bacteriostático e bactericida em *S. aureus* e *S. haemolyticus* isolados do leite de vacas com mastite. A redução do número de células para a cepa padrão foi insatisfatório mesmo no tempo de contato de 10 min com eficácia de redução do extrato de 12,98%. Os isolados se mostraram menos resistentes a ação do extrato com eficácia do mesmo em torno de 55%. Os biofilmes possuem mecanismos de proteção que diminuem ou impedem a ação de agentes antimicrobianos. Para futuras investigações, sugere-se o aumento da concentração do extrato e/ou maior tempo de contato com as cepas aderidas. Assim como, avaliar a possibilidade do uso do extrato como possível agente sanitizante para equipamentos de ordenha bovina na cadeia de produção de leite.

Referências

ABRIL, A. G. *et al.* *Staphylococcus aureus* exotoxins and their detection in the dairy industry and mastitis. **Toxins**, v. 12, n. 9, p. 537, 2020.

ALAIYA, M. A.; ODENIYI, M. A. Utilization of *Mangifera indica* plant extracts and parts in antimicrobial formulations and as a pharmaceutical excipient: a review. **Future Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 9, n. 1, p. 29, 2023.

ANDRADE, N. J. **Higiene na indústria de alimentos: Avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos**. São Paulo: Varela, 2008, 412p.

BSHABSHE, A. A. *et al.* Clinical relevance and antimicrobial profiling of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) on routine antibiotics and ethanol extract of mango kernel (*Mangifera indica* L.). **BioMed Research International**, v. 2020, 2020.

BOARI, C. A. *et al.* Formação de biofilme em aço inoxidável por *Aeromonas hydrophila* e *Staphylococcus aureus* usando leite e diferentes condições de cultivo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 886-895, 2009.

CAIXETA, D. S. *et al.* Chemical sanitizers to control biofilms formed by two *Pseudomonas* species on stainless steel surface. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 1, p. 142-150, 2012.

CARELI, R. T. *et al.* The adherence of *Pseudomonas fluorescens* to marble, granite, synthetic polymers, and stainless steel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 29, n. 1, p. 171-176, 2009.

CHAPAVAL, L. *et al.* An alternative method for *Staphylococcus aureus* DNA isolation. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 299-306, 2008.

COX, S. D. *et al.* The mode of antimicrobial action of essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, n. 1, p.170-175, 2000.

DE PAULA, N. R. F. *et al.* Desenvolvimento de Blends de óleos essenciais e compostos majoritários no controle de microrganismos indicadores e patogênicos veiculados por alimentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 102290-310, 2021.

EMBRAPA, Ministério da Agricultura e do Abastecimento Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manga pós-colheita**. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <<http://www.frutvasf.univasf.edu.br/images/mangaposcolheita.pdf>>. Acesso em 2 jun. 2023.

FAO, Food and Agricultural Organization of the United Nations. Medium-term prospects for agricultural **Commodities: projections to the year 2010**. Roma, 2003. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/006/y5143e/y5143e1a.ht>>. Acesso em 2 jun. 2023.

GARCIA, A. P. M.; ORLANDA, J. F. F. Avaliação da atividade antimicrobiana *in vitro* do extrato bruto hidroalcoólico de *Mangifera indica* Linneau. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 19, n. 1, p. 189-198, 2014.

GEBREYOHANNES, G. *et al.* Challenges of intervention, treatment, and antibiotic resistance of biofilm-forming microorganisms. **Heliyon**, v. 5, n. 8, p. e02192, 2019.

GONET, M. *et al.* Stability and resistance to proteolysis of SEC and SEL enterotoxins produced by *Staphylococcus epidermidis* and *Staphylococcus aureus*. **Pathogens and Foodborne Diseases**, v. 20, n. 1, p. 32-37, 2023.

GUZMÁN-SOTO, I. *et al.* Simulating biofilm formation and development: Recent progress in *in vitro* and *in vivo* biofilm models. **Iscience**, v. 24, n. 5, p. 102443, 2021.

HOSSEINZADEH, S.; SAEI, H. D.; *Staphylococcal species* associated with bovine mastitis in the North West of Iran: Emerging of coagulase-negative staphylococci. **International Journal of Veterinary Science and Medicine**, v. 2, n. 1, p. 27-34, 2014.

JAHURUL, M. H. A. *et al.* Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: A review. **Food Chemistry**, v. 183, p. 173-180, 2015.

LATORRE, A. *et al.* On-farm surfaces in contact with milk: The role of *Staphylococcus aureus*-containing biofilms for udder health and milk quality. **Foodborne Pathogens and Disease**, v. 17, n. 1, p. 44-51, 2020.

MANICA, I. *et al.* **Manga**: tecnologia, produção, pós colheita, agroindústria e exportação. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. 617p.

MANILAL, A. *et al.* *In vitro* antibacterial activity of medicinal plants against biofilm-forming methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: efficacy of *Moringa stenopetala* and *Rosmarinus officinalis* extracts. **Heliyon**, v. 6, n. 1, p. e03303, 2020.

MANZUR, A.G.B. *et al.* Extract of *Mangifera indica* L. leaves may reduce biofilms of *Staphylococcus* spp. in stainless steel and teatcup rubbers. **Food Science and Technology International**, v. 26, n. 1, p. 11-20, 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 77, de 26/11/2018; **Diário Oficial da União (DOU)**, Brasília, No. 230, de 30/11/2018, p. 10. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2018/12/INSTRU%C3%87%C3%83O-NORMATIVA-N%C2%BA-77.2018.pdf>>. Acesso em 20 maio 2023.

NCCLS. **Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Fifteenth Informational Supplement**. [Online]. CLSI/NCCLS document M100-S15 [ISBN 1-56238-556-9]. Clinical and Laboratory Standards Institute, 940 West Valley Road, Suite 1400, Wayne, Pennsylvania 19087-1898 USA. 2005. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/clsi/clsi_OPASM100S15.pdf>. Acesso em 18 maio 2023.

NERY, P. S. *et al.* Effect of *Anacardium humile* on the larval development of gastrointestinal nematodes of sheep. **Veterinary Parasitology**, v. 171, n. 1, p. 361-364, 2010.

OLIVEIRA, M. M. M.; BRUGNERA, D. F.; PICCOLI, R. H. Microbial biofilms in the food industry: a review. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 3, 2010.

OLIVEIRA, M. M. M. *et al.* Biofilm formation by *Listeria monocytogenes* on stainless steel surface and biotransfer potential. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 97-106, 2010.

OSEI-DJARBENG, S. N. *et al.* Comparative antimicrobial activities of ethanolic extracts of leaves, seed and stem bark of *Mangifera indica* (Mango). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 1, p. 1240-1243, 2020.

PACHA, P. A. *et al.* Molecular diversity of *Staphylococcus aureus* and the role of milking equipment adherences or biofilm as a source for bulk tank milk contamination. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 3, p. 3522-3531, 2021.

PATE, M. *et al.* Coagulase-negative staphylococci from non-mastitic bovine mammary gland: characterization of *Staphylococcus chromogenes* and *Staphylococcus haemolyticus* by antibiotic susceptibility testing and pulsed-field gel electrophoresis. **Journal of Dairy Research**, s/n., p. 1-6, 2011.

RAJU, N. V. *et al.* In-vitro studies on antitumour and antimicrobial activities of Methanolic kernel extract of *Mangifera indica* L. cultivar Banganapalli. **Biomedical and Pharmacology Journal**, v. 12, n. 1, p. 357-362, 2019.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa., 2001. 301p.

ROSSONI, E. M. M.; GAYLARDE, C.C. Comparison of sodium hypochlorite and peracetic acid as sanitizing agents for stainless steel food processing surfaces using epifluorescence microscopy. **International Journal of Food Microbiology**, v. 61, n. 1, p. 81-85, 2000.

SANTANA, E. H. W. *et al.* Estafilococos em alimentos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, p. 545-554, 2010.

SHABBIR, M. A. *et al.* Effect of non-thermal processing techniques on pathogenic and spoilage microorganisms of milk and milk products. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 279-294, 2020.

VARGOVÁ, M. *et al.* Biofilm-producing ability of *Staphylococcus aureus* obtained from surfaces and milk of mastitic cows. **Veterinary Sciences**, v. 10, n. 6, p. 386, 2023.

WIRTANEN, G. *et al.* Microbial evaluation of the biotransfer potencial from surfaces with *Bacillus* biofilms after rinsing and cleaning procedures in closed food-processing systems. **Journal of Food Protection**, v. 59, p. 727-733, 1996.

CAPÍTULO 4

Não conformidades em estabelecimentos registrados na inspeção municipal de alimentos de origem animal de Caxias do Sul - RS

Vanessa Webber*¹; Daniela Jacobus²; Letícia Sopena Casarin³; Roberta Torres Careli⁴; Júnia Cápua de Lima Novello⁵

Resumo

As etapas de produção devem ser constantemente monitoradas e verificadas por meio de programas de controle específicos, como as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e os Procedimentos Operacionais Padrão (POP), para garantir a segurança de alimentos. Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas pela inspeção municipal são indicadores de qualidade e inocuidade dos alimentos e podem ser utilizados como subsídio para tomada de decisão do poder público e de profissionais da área de alimentos na prevenção de contaminações e fraudes. Portanto, o objetivo foi realizar um levantamento das não conformidades nos resultados das análises de produtos das agroindústrias registradas na inspeção municipal de alimentos de origem animal de Caxias do Sul, por meio de pesquisa exploratória e documental, com a utilização de dados oficiais. A presença de bactérias do grupo dos coliformes, *Staphylococcus coagulase positiva* e *Listeria monocytogenes* foi a principal causa de não conformidade microbiológica. Quanto às análises físico-químicas, o teor de umidade e a quantidade de nitrito residual, destacaram-se como as principais não conformidades. As agroindústrias processadoras de embutidos apresentaram o maior número de produtos não conformes. Os resultados indicam um possível risco à saúde pública e a importância da permanente ação fiscalizadora.

Palavras-chave: Segurança de alimentos; Fiscalização de alimentos; Indústrias de alimentos.

1 Aluna de Curso de Especialização. Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Unidade de Caxias do Sul.

2 Servidora Pública. Secretaria Municipal da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Prefeitura Municipal de Caxias do Sul.

3 Professora Adjunta. Departamento de Nutrição. Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

4 Professora Associada. Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Minas Gerais.

5 Professora voluntária. Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Unidade de Caxias do Sul.

* E-mail para correspondência: vanessa-webber@uergs.edu.br

Introdução

O conceito de segurança dos alimentos está relacionado à garantia de que o alimento não possua contaminação física, química ou microbiológica. Para assegurar a produção de alimentos seguros, as etapas de produção devem ser constantemente monitoradas e verificadas por meio de programas de controle específicos, como as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e os Procedimentos Operacionais Padrão (POP).

No Brasil, a inspeção industrial e sanitária dos produtos de origem animal é regulada por Legislações Federais, Estaduais e Municipais. De acordo com a Legislação Federal, os estabelecimentos que produzem alimentos de origem animal devem estar registrados junto à União, Estados ou Municípios, conforme seja a abrangência da comercialização do produto, respectivamente, para os mercados internacional ou interestadual, intermunicipal e intramunicipal (BRASIL, 2017).

Em Caxias do Sul, o Sistema de Inspeção Municipal (SIM) é denominado Controle de Produtos Agropecuários de Origem Animal (COPAS-POA). O COPAS-POA foi instituído em 2016, regulamentado em 2018 (CAXIAS DO SUL, 2018) e, em 2019, o serviço alcançou a equivalência ao Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SISBI-POA). Com esta adesão, os estabelecimentos registrados no Município podem requerer a equivalência de inspeção e ficam autorizados ao comércio intermunicipal e interestadual. Em 2021, foi homologada a adesão do COPAS-POA ao Sistema Unificado Estadual de Sanidade Agroindustrial, Artesanal e de Pequeno Porte – SUSAF-RS, o que autoriza o município a indicar agroindústrias familiares ou de pequeno porte ao credenciamento no SUSAF-RS, para que possam abrir o mercado para o comércio intermunicipal. Atualmente, existem 22 estabelecimentos registrados no COPAS-POA, desses estabelecimentos, cinco possuem equivalência ao SISBI-POA e quatro possuem equivalência ao SUSAF-RS, que é exclusivo para agroindústrias familiares ou de pequeno porte.

Conforme a legislação, os estabelecimentos registrados no COPAS-POA devem cumprir um cronograma oficial de análises físico-químicas e microbiológicas dos produtos, para garantir a segurança do alimento. A periodicidade das análises oficiais é estabelecida pelo COPAS-POA, respaldada no cálculo do risco estimado associado ao estabelecimento (RE) que considera o risco associado ao volume de produção (RVP); o risco associado à categoria dos produtos (RCP) e o risco associado ao desempenho do estabelecimento (RD) quanto ao atendimento à legislação aplicável a fiscalização (CAXIAS DO SUL, 2018; CAXIAS DO SUL, 2021).

As análises físico-químicas e microbiológicas dos produtos são importantes indicadores da qualidade e da inocuidade dos alimentos. Os resultados destas análises devem estar de acordo com os padrões microbiológicos sanitários para alimentos destinados ao consumo humano (BRASIL, 2022a).

Alguns dos principais micro-organismos contaminantes associados a surtos de doenças veiculadas por alimentos no Brasil são *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Clostridium perfringens* (BRASIL, 2013). Porém, outros micro-organismos ou grupos microbianos, como *Listeria monocytogenes*, coliformes e bactérias aeróbias mesófilas, são importantes indicadores das condições higiênicas sanitárias do processamento, armazenamento ou transporte de alimentos (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2010; FELÍCIO *et al.*, 2013).

Inconformidades nos resultados das análises físico-químicas podem indicar excesso de aditivos, falhas na tecnologia de produção ou fraude. Neste sentido, a legislação estabelece parâmetros que nos possibilitam avaliar se os alimentos produzidos apresentam os padrões estipulados para cada tipo de produto. Assim, os produtos devem seguir os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade (RTIQ) de Produtos de Origem Animal, que são documentos (Instruções Normativas, Portarias) que detalham as características e os padrões, inclusive físico-químicos, que cada produto regulado pelo Ministério da Agricultura (MAPA) deve atender (BRASIL, 2022b).

A publicação de dados de ocorrências de não conformidades nos resultados das análises oficiais dos produtos é importante tanto para os profissionais da área de produção de alimentos, quanto para os consumidores. Portanto, o objetivo foi diagnosticar, através de um levantamento de dados oficiais, a ocorrência de não conformidades nos resultados de análises microbiológicas e físico-químicas de produtos alimentícios dos estabelecimentos registrados no COPAS-POA, no período de janeiro de 2016 e setembro de 2022.

Material e Métodos

A metodologia de pesquisa utilizada foi do tipo exploratória, documental, com a utilização de dados oficiais dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas de produto das agroindústrias registradas no COPAS-POA de Caxias do Sul. Quanto à natureza, a pesquisa realizada foi quantitativa em relação ao levantamento e análise dos dados dos resultados das análises e qualitativa em relação à discussão para compreensão dos resultados dos eventos.

Primeiro, foi realizada reunião com o setor responsável pelos dados, COPAS-POA, da Secretaria Municipal da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Caxias do Sul, com a anuência do Secretário, responsável pela pasta. Foram discutidos os dados que o setor dispunha e que seriam relevantes e possíveis de serem publicados. Além disso, discutiu-se também dados que poderiam ser subsídios para tomada de decisões para definições de risco de estabelecimento e direcionamento de capacitações destinadas aos proprietários e responsáveis técnicos das agroindústrias registradas no COPAS-POA,

neste caso definiu-se utilizar os dados de não conformidades dos resultados das análises de produto (microbiológicas e físico-químicas). nos estabelecimentos produtores.

Posteriormente, os dados, contidos em um banco de dados do COPAS-POA, foram disponibilizados sem que fosse possível a identificação da agroindústria, a fim de não haver julgamento do estabelecimento a partir dos resultados. Os dados dos resultados analíticos foram registrados em planilha do *LibreOffice Calc* (Programa LibreOffice 7.1, 2021). Foram compilados os dados de 641 resultados de análises de produtos, sendo 113 resultados de análises físico-químicas (1 em 2016; 6 em 2017; 21 em 2018; 21 em 2019; 29 em 2020; 22 em 2021; 13 em 2022) e 528 resultados de análises microbiológicas (6 em 2016; 38 em 2017; 83 em 2018; 120 em 2019; 113 em 2020; 128 em 2021; 40 em 2022).

As amostras analisadas foram coletadas por fiscais municipais e encaminhadas ao laboratório credenciado conforme escolha da empresa fiscalizada (CAXIAS DO SUL, 2018). Os padrões físico-químicos e microbiológicos dos produtos analisados e os procedimentos referentes às exigências de análises laboratoriais observaram os parâmetros especificados pelo MAPA e suas atualizações. Os laboratórios credenciados utilizaram metodologias analíticas reconhecidas internacionalmente para a realização das análises dos produtos de origem animal.

O índice de conformidade de produtos de origem animal (InC) foi calculado conforme a Equação 1, de acordo com o Anuário dos Programas de Controle de Alimentos de Origem Animal do DIPOA (BRASIL, 2022c).

$$\text{InC} = (\text{n}^\circ \text{ de amostras conformes} / \text{n}^\circ \text{ de amostras analisadas}) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

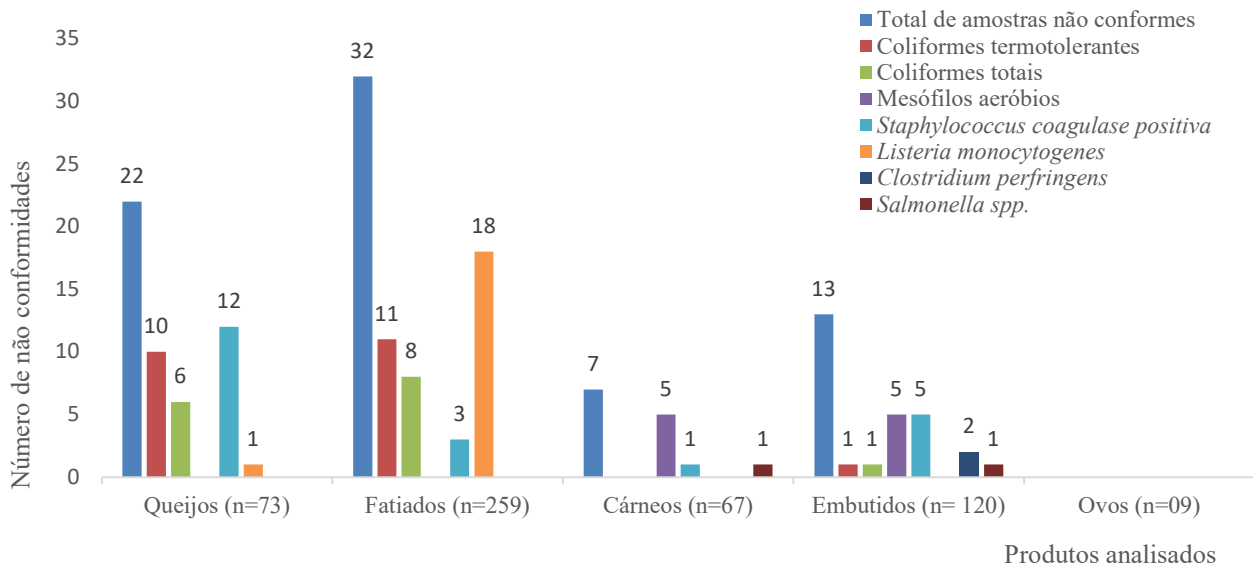
A partir dos resultados das análises realizadas, as amostras de produto analisadas foram consideradas conforme (C) ou não conforme (NC) para cada parâmetro analisado. As amostras foram estratificadas em categorias: queijos (queijos maturados): fatiados (produto cárneo ou lácteo fracionados, pronto para o consumo, como queijo fatiado e ralado, presunto, salame e copa fatiados e outros); cárneos (produtos cárneos *in natura* ou com adição de antimicrobianos, como carnes em pedaços e hambúrgueres); embutidos frescos ou cozidos (produtos cárneos que passam pelo processo de embutimento em envoltórios naturais ou artificiais, como linguiça frescal, linguiça mista - salsichão, salames, morcela e queijo de porco); ovos (ovos de galinha e codorna, inclusive em conserva) e mel. Os resultados foram analisados descritivamente sendo apresentados de acordo com a frequência das não conformidades encontradas.

Resultados e Discussão

Os resultados totais indicaram que 102 (15%) amostras de produtos apresentaram não

conformidade com relação à legislação – Instruções Normativas – IN e Resoluções de Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Portarias e Regulamentos Técnicos e Identidade e Qualidade (RTIQ) do MAPA – sendo 75 relacionadas às análises microbiológicas (Figura 1) e 28 relacionadas às análises físico-químicas (Figura 2).

Figura 1 – Gráfico das ocorrências de não conformidades nas análises microbiológicas das amostras de produtos de estabelecimentos registrados no COPAS-POA de Caxias do Sul em análise fiscal, de janeiro de 2016 a setembro de 2022



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: n= número de amostras analisadas.

Vinte e duas amostras apresentaram coliformes termotolerantes e 15 coliformes totais (Figura 1), portanto amostras em desacordo com os padrões legais em vigor (BRASIL, 2022a) ou anteriores, dependendo do período das análises e o tipo de produto. Entre os produtos que apresentaram não conformidades na contagem de coliformes destacam-se queijos e alimentos fatiados. As bactérias do grupo coliformes totais são as mais comumente encontradas no meio ambiente, sendo micro-organismos capazes de fermentar a lactose com produção de gás à 35 °C. Entretanto, as bactérias do grupo coliformes termotolerantes formam um subgrupo dos coliformes totais restrito àqueles organismos capazes de fermentar a lactose à 45 °C com produção de gás; abrangem micro-organismos de origem fecal (como *Escherichia coli*) e também aqueles de origem não fecal (como cepas de *Klebsiella pneumoniae*, *Pantoea agglomerans*, *Enterobacter cloacae* e *Citrobacter freundii*) (FELÍCIO *et al.*, 2013).

Das 73 amostras de queijos analisadas, 10 (13%) apresentaram contagem de coliformes termotolerantes e 6 (8,2 %) de coliformes totais acima dos limites permitidos pela legislação específica para cada tipo de amostra. Altas contagens de coliformes em lácteos podem estar associadas às

condições higiênico-sanitárias inadequadas durante a ordenha do leite, o processamento e o armazenamento do leite e do queijo, ou ainda, à recontaminação após tratamento térmico do leite (FELÍCIO *et al.*, 2013). Entre as 259 amostras de fatiados analisados, 11 (4%) apresentaram contagem acima do limite para coliformes termotolerantes e 8 (3%) para coliformes totais. O maior número de não conformidades para coliformes termotolerantes em relação à presença de coliformes totais em queijos e fatiados pode estar relacionado ao fato de que os limites máximos permitidos na legislação vigente eram maiores para coliformes totais.

Considerando os produtos embutidos, apenas uma das 120 amostras analisadas (0,8 %) apresentou não conformidade em relação à presença de coliformes totais e termotolerantes. A presença de coliformes em alimentos processados foi por muito tempo considerada uma indicação útil de contaminação pós-sanitização ou pós-processo, evidenciando práticas de higiene e sanitização aquém dos padrões requeridos para o processamento de alimentos. Entretanto, por ser um grupo em que os micro-organismos são isolados do meio ambiente, atualmente, possuem limitada relevância higiênica; assim, a família das bactérias *Enterobacteriaceae*, da qual os coliformes totais fazem parte, é mais indicada, não somente para indicar contaminação pós-processamento, mas também após tratamento térmico (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2010).

As não conformidades encontradas em relação ao número de micro-organismos aeróbios mesófilos auxiliam na avaliação da qualidade do produto e de sua conservação. Os resultados mostram que 5 (7%) amostras de produtos cárneos e 5 (4%) amostras de produtos embutidos apresentaram esta não conformidade (Figura 1). Os micro-organismos mesófilos são indicadores microbiológicos da adequação do controle de temperatura e condições higiênico-sanitárias durante o processamento, transporte e armazenamento (CUNHA, 2009; SILVEIRA *et al.*, 2019).

Vinte e uma amostras foram não conformes em relação aos padrões legais vigentes para *Staphylococcus* coagulase-positiva (Figura 1). Entre as 73 amostras analisadas, 12 amostras de queijo (16%) apresentaram *Staphylococcus* coagulase-positiva acima dos padrões legais vigentes (BRASIL, 2022a) ou anteriores, a depender do período da análise. Este número é preocupante sob o ponto de vista de saúde pública, sobretudo por se tratar de produtos que foram submetidos ao tratamento térmico. A contaminação de queijos por *Staphylococcus* pode ter ocorrido após tratamento térmico do leite, nas etapas seguintes ao processamento, durante a manipulação do alimento pela falta ou inadequada aplicação das Boas Práticas de Fabricação, por exemplo durante ou após imersão do alimento em salmoura (BENNETT; WALSH; GOULD, 2013).

É relevante destacar que os alimentos fatiados e embutidos, apresentaram relativamente poucas amostras contaminadas com *Staphylococcus* coagulase-positiva. Das 259 amostras de fatiados e das 117 de embutidos apenas 3 (1%) e 5 (4%) estavam contaminadas, respectivamente (Figura 1). Além disso,

apenas 1 (2%) amostra de produtos cárneos das 63 amostras analisadas apresentou *Staphylococcus* coagulase-positiva acima dos padrões legais vigentes (BRASIL, 2022a) ou anteriores, dependendo do período da análise. Apesar da porcentagem de amostras contaminadas ser baixa, é um importante dado para questões de saúde pública, considerando que se trata de um micro-organismo produtor de enterotoxinas termoestáveis que podem estar presentes no alimento mesmo após o cozimento (BENNETT; WALSH; GOULD, 2013).

Os resultados mostram que 19 (4%) das 528 amostras analisadas apresentaram não conformidade em relação à contaminação por *Listeria monocytogenes*. Destas 19 amostras não conformes para detecção de *L. monocytogenes*, 18 foram amostras de produtos fatiados e 1 amostra de queijo (Figura 1). Isto representa aproximadamente 7% das amostras de fatiados e 2% das amostras de queijo analisadas. Geralmente, a presença deste micro-organismo associa-se à contaminação cruzada, devido à exposição do alimento por longo período em ambiente com precárias condições higiênico-sanitárias em decorrência de procedimentos ineficazes de higienização em partes de equipamentos e instalações de difícil acesso. Uma carga bacteriana inicial mínima é necessária para que as bactérias persistam em um local de difícil higienização, por isso, a limpeza e sanitização realizadas previamente são a principal maneira de evitar a persistência de *L. monocytogenes* nos equipamentos e utensílios. Este patógeno se multiplica em condições ambientais e pode persistir em equipamentos e instalações da indústria de alimentos devido à sua capacidade de formar biofilmes, inclusive em baixas temperaturas (CARPENTIER; CERF, 2011).

O maior número de amostras de fatiados contaminada por *L. monocytogenes* pode ser explicado devido a sanitização ineficaz em locais específicos de difícil higienização da fatiadeira ou das câmaras frias (como cantos de prateleiras e em dobras de materiais como silicone), considerando que se trata de uma bactéria psicrófila. Além disso, o resultado pode estar relacionado à utilização de material anti-higiênico ou às incrustações em utensílios e equipamentos, o que facilita a multiplicação da bactéria e a formação de biofilmes. Após a formação de biofilme, a bactéria fica protegida, por isso pode resistir a alguns sanitizantes, sendo a eliminação deste patógeno difícil. A ocorrência da presença de *L. monocytogenes* representa alto risco para grupos como grávidas e pessoas com sistema imune comprometido, neste caso, idosos e crianças (BRASIL, 2013; CARPENTIER; CERF, 2011).

A presença de *Clostridium perfringens* foi detectada em 2 (3%) amostras de embutidos das 117 amostras de embutidos analisadas (Figura 1). *C. perfringens* é uma bactéria anaeróbica Gram-positiva formadora de esporos encontrada no trato intestinal de animais e humanos (ROOD; COLE, 1991). A multiplicação de *C. perfringens* ocorre em uma ampla faixa de temperatura (12 °C a 54 °C), por isso pode ocorrer durante o resfriamento, reaquecimento e retenção de calor de alimentos cozidos. Esporos dessas cepas são resistentes a altas temperaturas e podem, portanto, sobreviver aos procedimentos de

cozimento. Após a germinação dos esporos e quando em ambiente apropriado, as células se multiplicam em grande número sem competição, pois a maioria das bactérias teria sido eliminada durante o processo de cozimento. Algumas cepas *C. perfringens* também são capazes de produzir enterotoxina e causar intoxicação alimentar, que se pode agravar em imunodeprimidos, como a população idosa (DOLAN *et al.*, 2016). A presença de *C. perfringens* é mais comum em produtos cárneos, sendo que a principal causa é a falta de controle de temperatura durante a manipulação e o armazenamento dos alimentos. No caso dos embutidos, a contaminação pode ter ocorrido nas primeiras etapas do processamento que envolvem manipulação (como desossa, corte, moagem e mistura) devido à falta de controle do tempo e da temperatura de exposição do alimento. Além disso, a multiplicação do micro-organismo pode ter aumentado se o resfriamento da mistura ocorreu lentamente, a uma temperatura não tão baixa quanto o necessário para evitar a proliferação microbiana. Deve-se considerar também, que após o embutimento, há a presença de uma matriz alimentícia microaerofílica, o que propicia a multiplicação de *C. perfringens*.

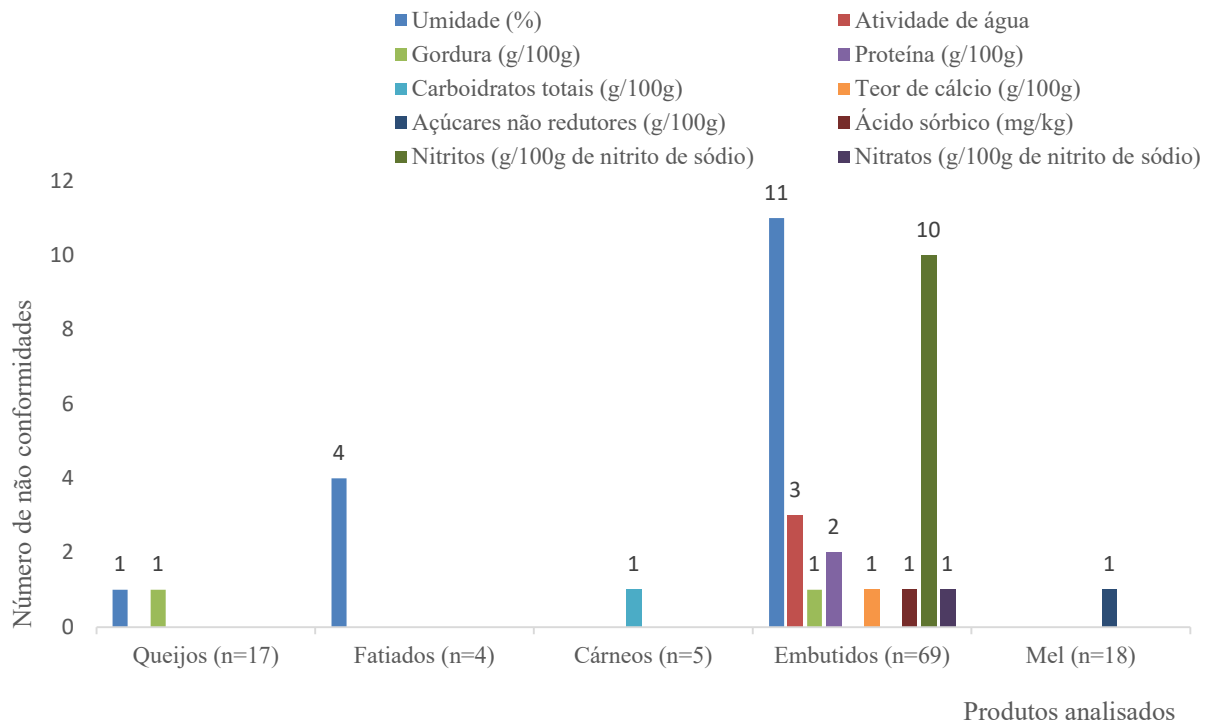
Salmonella spp. foi isolada em uma amostra de produto cárneo e em um produto embutido. Dentre as possíveis causas, destacam-se a contaminação pela água, por recipientes contaminados e pela manipulação humana durante o processo de embalagem. No caso do produto cárneo, se trata de pertences suínos congelados para feijoada, que passa por preparação por cozimento em temperaturas superiores a 70 °C anterior ao consumo humano, por isso não representa risco elevado à saúde. O produto embutido positivo para *Salmonella* spp. foi uma linguiça de carne suína, a qual também é geralmente cozida em temperaturas superiores a 70 °C. Porém, é importante destacar que, se o alimento não for tratado termicamente de maneira adequada pelo consumidor, o seu consumo pode ocasionar risco à sua saúde. A salmonelose é uma doença veiculada por alimentos de ocorrência frequente em todo o mundo, sendo que a existência de portadores assintomáticos e sua permanência no ambiente e nos alimentos contribuem para que este micro-organismo assuma um papel de grande relevância na saúde pública mundial (BRASIL, 2013; SHINOHARA *et al.*, 2008).

Em relação aos resultados das análises físico-químicas apresentados, podemos observar que os embutidos são os produtos que mais apresentaram não conformidades (30%). Do total das amostras de produto analisadas foram encontradas 39 não conformidades nas análises físico-químicas, dessas 39 amostras não conforme, 31 (79%) foram em produtos embutidos (Figura 2).

Das 113 amostras analisadas para o teor de umidade, 16 (14%) apresentaram valores acima dos padrões da legislação em vigor, que varia conforme o produto. Entre estas 16 amostras, podemos observar uma amostra de queijo, 4 de fatiados e 11 de embutidos (Figura 2). Todas as quatro amostras de fatiados analisadas apresentaram teor de umidade em desacordo com o limite. Essas amostras são de queijo parmesão ralado e apresentaram um teor de umidade acima do limite máximo permitido que é

de 30% (30g/100g) (BRASIL, 1997), que ocorreu, provavelmente, devido a mistura de queijo de média umidade ao queijo parmesão, que é classificado como de baixa umidade.

Figura 2 – Gráfico das ocorrências de não conformidades (NC) nas análises físico-químicas das amostras de produtos de estabelecimentos registrados no COPAS-POA de Caxias do Sul em análise fiscal, de janeiro de 2016 a setembro de 2022



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: n= número de amostras analisadas.

Em relação às não conformidades para o teor de umidade em embutidos, o processo de secagem e maturação pode ter sido ineficiente ou podem ter sido armazenados em locais muito úmidos ocasionando retenção de umidade. O teor de umidade fora do padrão pode afetar a estabilidade do produto, resultando na perda da qualidade e afetando a vida de prateleira do alimento. Um alto teor de umidade também pode indicar fraude, pois quanto maior a umidade, maior é o peso do alimento e o valor desses alimentos é relacionado a este parâmetro. Adicionalmente, alguns aditivos alimentares, como a maltodextrina, podem afetar o teor de umidade dos alimentos (FELLOWS, 2006).

Em relação à análise de atividade de água, 3 amostras de embutidos (salames) apresentaram não conformidade (Figura 2). Os salames apresentaram atividade de água acima do máximo permitido para este produto que é de 0,92 (BRASIL, 2000a), o que pode ter ocorrido devido a falhas no processo de secagem e maturação ou no armazenamento. A atividade de água representa a quantidade de água disponível para participação em reações enzimáticas, químicas ou microbiológicas no alimento e, portanto, está relacionada à estabilidade e à conservação do produto. O salame é conservado pela soma

dos fatores concentração de sal e atividade de água máxima de 0,92. Valores de atividade de água acima do permitido podem favorecer a multiplicação microbiana e modificações químicas indesejadas, reduzindo a vida de prateleira do produto (FELLOWS, 2006).

Não conformidades na quantidade de gordura encontradas em uma amostra de queijo e uma amostra de embutido, indicam falta dos padrões físico-químicos de identidade e qualidade dos produtos (Figura 2). No caso do queijo, o produto pode estar em desacordo com a classificação do queijo quanto ao teor de gordura na sua identificação. No caso do produto embutido, a quantidade de gordura foi maior que o limite estabelecido pela legislação (BRASIL, 2000b) e pode estar relacionado à fraude. Isso pode ocorrer em linguiças especiais que são adicionadas de queijo ou outros ingredientes mais gordurosos. Dois produtos embutidos apresentaram resultados não conforme para a análise de quantidade de proteína, ou seja, não havia a quantidade mínima de proteína estabelecida no RTIQ para o produto (BRASIL, 2000b), indicando baixa quantidade de carne na formulação, o que está relacionado à fraude. Isso pode ocorrer em linguiças adicionadas de outros ingredientes menos proteicos. Um produto cárneo apresentou não conformidade para a quantidade de carboidrato, indicando que a quantidade deste macronutriente foi maior que o limite máximo estabelecido na legislação (BRASIL, 2000c). Isso pode ocorrer no caso de hambúrgueres em que na preparação é adicionado amido para emulsionar ou maltodextrinas que aumentam a absorção de água (FELLOWS, 2006) e conseqüentemente o peso do produto, indicando fraude.

O teor de cálcio maior que o permitido pela legislação foi encontrado em um produto embutido (Figura 2), o que indica que pode ter sido adicionado de ossos triturados na mistura ou de algum ingrediente com maior teor de cálcio (como carne mecanicamente separada), indicando fraude.

As amostras de mel são submetidas à análise de açúcares não redutores, sendo que uma das 17 amostras de mel analisadas apresentou não conformidade para este parâmetro (Figura 2), considerando a legislação em vigor (BRASIL, 2000d) ou anterior, dependendo do período de realização da análise. Isso indica uma possível fraude por adição de outros açúcares (como xarope de glicose), ou ainda pode indicar problemas de tecnologia, na colheita do mel.

Apenas uma amostra de produto embutido apresentou não conformidade na quantidade do conservante ácido sórbico (Figura 2). Atualmente, o limite máximo para adição em carnes e produtos cárneos é de 0,02 g de ácido para cada 100 g de produto, expresso como ácido sórbico, somente para uso externo, tratamento de superfície (ausência na massa) (BRASIL, 2019).

Em alimentos de origem animal, nitratos e nitritos são usados como aditivos para melhorar a qualidade dos alimentos e proteger contra multiplicação microbiana e alterações químicas. A ANVISA permite a adição de nitritos (nitrito de sódio – INS 250, nitrito de potássio – INS 249) e nitratos (nitrato de sódio – INS 251, nitrato de potássio – INS 252) como aditivos alimentares. A ANVISA determina

que a quantidade máxima permitida de nitritos é de 0,03 g e de nitratos é de 0,015 g para cada 100 g de produto para uso em carnes e produtos cárneos, sendo que a soma dos nitritos e nitratos, determinados como resíduo máximo, não deve superar 0,015 g para cada 100 g, expressa como nitrito de sódio ou potássio (BRASIL, 2019). Para avaliação da conformidade ou não das amostras foi considerada a quantidade máxima permitida de nitrito residual. A presença desses conservantes em produtos em que não é permitida a sua utilização não foi considerada como não conformidade nesta pesquisa.

Os resultados das não conformidades encontradas nas concentrações de nitratos e nitritos (Figura 2) mostram que 11 amostras de embutidos (16% das amostras de embutidos analisadas) apresentaram não conformidade em relação aos padrões definidos pela legislação quanto à utilização de nitratos e nitritos. Essas não conformidades são preocupantes, considerando que o consumo de nitratos/nitritos tem sido relacionado ao risco de desenvolvimento de câncer, uma vez que potencialmente se convertem em nitrosaminas que apresentam efeitos cancerígenos (KARWOWSKA, KONONIUK, 2020).

O índice de conformidade de produtos de origem animal (InC) é utilizado no Programa de Avaliação de Conformidade de Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos de Produtos de Origem Animal – PACPOA do MAPA (BRASIL, 2022c) para subsidiar a avaliação dos controles de produtos e de processos realizados pelos estabelecimentos. Em 2021, o InC dos produtos de origem animal (incluindo os parâmetros microbiológicos e físico-químicos) foi de 87%. Para as análises microbiológicas, o InC nacional foi de 90% e para as análises físico-químicas foi igual a 83% (BRASIL, 2022c). Nesta pesquisa, o InC para as análises microbiológicas de produto foi de 87% e o InC para as análises físico-químicas foi de 85% (Tabela 3). Comparativamente, o InC das análises microbiológicas foi maior no âmbito nacional no ano de 2021 quando comparado aos resultados desta pesquisa e o InC das análises físico-químicas foi maior nos resultados desta pesquisa quando comparado ao InC de âmbito nacional do ano de 2021.

Nesta pesquisa, o InC do queijo para as análises microbiológicas foi o menor (70%) dentre os tipos de produtos analisados, seguido dos embutidos (87%), fatiados (88%), cárneos (90%) e ovos (100%) (Tabela 3). O menor InC para o produto queijo pode estar relacionado ao fato de que alguns tipos, como o queijo serrano, não passam pelo processo de pasteurização. Os embutidos apresentaram o segundo menor InC, provavelmente, pelo risco de contaminação cruzada que ocorre devido à falta de Boas Práticas de Fabricação.

Tabela 3 - Valores do Índice de Conformidade dos Alimentos (InC) para as análises microbiológicas e físico-químicas das amostras de produtos de estabelecimentos registrados no COPAS-POA de Caxias do Sul em análise fiscal, de janeiro de 2016 a setembro de 2022

Produtos	InC (%)	
	Análises Microbiológicas	Análises Físico-Químicas
Queijos	70	94
Fatiados	88	-
Cárneos	90	80
Embutidos	87	70
Ovos	100	-
Mel	-	94
Total	87	85

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Para mel não são realizadas análises microbiológicas e para ovos não são realizadas análises físico-químicas. O InC dos fatiados não foi considerado pois o número de amostras (4) não seria representativo.

Nesta pesquisa, o InC para as análises físico-químicas dos produtos foi de 80% para produtos cárneos e 70% para embutidos, sendo a média dos índices desses dois produtos de 75%, enquanto o InC nacional para carnes e produtos cárneos (que inclui os produtos cárneos e embutidos) para o ano de 2021 foi de 79%, conforme dados do PACPOA (BRASIL, 2022c). Portanto, a média dos InCs das análises físico-químicas dos produtos cárneos e embutidos desta pesquisa foi menor quando comparada ao InC nacional das carnes e produtos cárneos do ano de 2021 (BRASIL, 2022c). Para queijos e méis os valores para InC das análises físico-químicas foram de 94%, valores superiores quando comparados aos índices nacionais para o ano de 2021 que foram de 85% e 83%, respectivamente (Tabela 3).

Conclusão

O resultado dessa pesquisa é um importante subsídio para orientação dos responsáveis técnicos e manipuladores de alimentos na busca de soluções para os riscos dos processos de produção de alimentos e para os profissionais que realizam as inspeções, que poderão orientar aos produtores industrializadores atuando na prevenção de novas ocorrências, redução de riscos associados à produção das agroindústrias e consequente otimização do serviço público de inspeção.

É importante salientar que esses resultados indicam a possibilidade de risco à saúde da população e uma necessidade da aplicação efetiva das Boas Práticas de Fabricação, além da permanente ação fiscalizadora. Com o aperfeiçoamento das ações e das Boas Práticas nas agroindústrias de produtos de origem animal é possível otimizar o serviço público de inspeção municipal ao mesmo tempo evitar riscos à saúde pública.

As atuais intervenções em saúde pública devem se concentrar na redução da contaminação na fonte de produção de alimentos, educando manipuladores de alimentos, sobre a importância de prevenir a exposição dos alimentos a temperaturas inadequadas e de melhores práticas de manipulação de alimentos.

Agradecimentos

Agradecemos à Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, que através da Secretaria Municipal da Agricultura, Pecuária e Abastecimento cedeu os dados oficiais do setor de Inspeção Municipal, COPAS-POA.

Referências

BENNETT, S.D.; WALSH, K. A.; GOULD, L.H. Foodborne disease outbreaks caused by *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, and *Staphylococcus aureus* - United States, 1998–2008. **Clinical Infectious Diseases**, v. 57, p. 425-433, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 357 de 04 de setembro de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, ed. 171, p. 17, 08 set. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde do Brasil. **Manual Integrado de Prevenção e Controle de Doenças Transmitidas por Alimentos**. Brasília: [s.n.], 2013a. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_integrado_prevencao_doencas_alimentos.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

BRASIL. Decreto n. 9.013, de 29 de março de 2017. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, ed. 62, p.3, 30 mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 272, de 14 de março de 2019. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 52, p. 194, 18 mar. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 4 de 31 de março de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 66, p. 6, 05 abr. 2000b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 22, de 31 de julho de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, ed. 149, 03 ago. 2000a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 20 de 31 de julho de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 66, p. 7, 03 ago. 2000c.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 11 de 20 de outubro de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 204, p. 23 out. 2000d.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa nº 161 de 1º de julho de 2022. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, ed. 126, p. 235, 06 jul. 2022a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Produtos de Origem Animal**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1>. Acesso em: 10 nov. 2022b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Anuário dos Programas de Controle de Alimentos de Origem Animal do DIPOA**. 8 vol. Brasília: MAPA, 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/arquivos-publicacoes-dipoa/anuario-dipoa-volume-8-2022.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2022c.

CARPENTIER, B.; CERF, O. Persistence of *Listeria monocytogenes* in food industry equipment and premises. **International Journal of Food Microbiology**, v. 145, p. 1-8, 2011.

CAXIAS DO SUL. Decreto nº 19.882, de 29 de novembro de 2018. **Diário Oficial Eletrônico do Município de Caxias do Sul – Edição Extra**, Caxias do Sul, RS, n. 878, p. 1-3, 30 nov. 2018.

CAXIAS DO SUL. Portaria nº 5, de 17 de dezembro de 2021, da Secretaria Municipal da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diário Oficial Eletrônico do Município de Caxias do Sul – Edição Extra**, Caxias do Sul, RS, n. 2809, p. 1-14, 27 dez. 2021.

CUNHA, M. A. D. Métodos de Detecção de Microrganismos Indicadores. **Saúde & Ambiente em Revista**, v. 1, n. 1, p. 09-13, 2009.

DOLAN, G. P.; FOSTER, K.; LAWLER, J.; AMAR, C.; SWIFT, C.; AIRD, H.; GORTON, R. An epidemiological review of gastrointestinal outbreaks associated with *Clostridium perfringens*, North East of England, 2012-2014. **Epidemiology and Infection**, v. 144, p. 1386-1393, 2016.

FELÍCIO, B. A.; LEMPK, M. W.; PINTO, M. S.; BRANDI, I. V.; REZENDE, J. P. Efeito in vitro de nisina sobre pool de *Staphylococcus aureus* isolados de Queijo Minas artesanal da região do Campo das Vertentes – MG. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 68, n. 391, p. 19-13, 2013.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípio e Prática**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

KARWOWSKA, M.; KONONIUK, A. Nitrates/Nitrites in Food—Risk for Nitrosative Stress and Benefits. **Antioxidants**, v. 9, p. 1-17, 2020.

ROOD, J. I.; COLE, S. T. Molecular genetics and pathogenesis of *Clostridium perfringens*. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 55, p. 621-648, 1991.

SHINOHARA, N. K. S; BARROS, V. B.; JIMENEZ S. M. C.; MACHADO, E. C. L.; DUTRA R. A. F.; LIMA, J. L. F. *Salmonella* spp., importante agente patogênico veiculado em alimentos. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 13, p. 1675-1683, 2008.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos**. 4ª ed. São Paulo: Varela, 2010.

SILVEIRA, D. R.; KAEFER, K.; PORTO, R. C.; LIMA, H. G.; TIMM, C. D.; CERESER, N. B. Qualidade microbiológica de produtos de origem animal encaminhados para alimentação escolar. **Ciência Animal Brasileira**, v. 20, p. 1-8, 2019.

ROOD, J. I.; COLE, S. T. Molecular genetics and pathogenesis of *Clostridium perfringens*. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 55, p. 621-648, 1991.

PARTE 6

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS:

Embalagens de alimentos, desenvolvimento e
processamento de alimentos



Foto: Victor Maurício, 2019.

CAPÍTULO 1

Ozonização de farinha integral de sorgo e avaliação dos efeitos na qualidade química

Bianca Rocha da Silva¹; Cintia Nanci Kobori¹; Lanamar de Almeida Carlos¹; Valéria Aparecida Vieira Queiroz²; Felipe Machado Trombete*¹

Resumo

Uma forma de conservar os grãos de cereais e reduzir contaminações é através da aplicação do ozônio, uma tecnologia ainda considerada emergente que tem sido investigada devido a sua alta capacidade oxidante, podendo ser utilizada para prevenir, reduzir ou eliminar a contaminação dos alimentos, principalmente quando relacionados a infestação por insetos e ácaros, contaminação por fungos, contaminação por agrotóxicos e micotoxinas, dentre outros. Apesar do sorgo ainda ser pouco industrializado para a alimentação humana é uma cultura com grande potencial para a indústria de alimentos, com possibilidade de inclusão da farinha integral de sorgo em diferentes formulações. O objetivo deste trabalho foi ozonizar farinha integral de sorgo, em diferentes concentrações e, avaliar os efeitos deste processo de oxidação em determinadas características químicas da farinha. Os resultados das análises de umidade, acidez total, taninos, fenólicos totais, atividade antioxidante, antocianinas e cor não diferiram entre si ($p > 0,05$). Por outro lado, os valores de acidez e peróxidos foram influenciados pelo ozônio ($p < 0,05$), sendo que ambas as variáveis aumentaram à medida em que aumentou a concentração do gás ozônio. Quanto a contagem de fungos totais, observou-se uma pequena redução de 0,7 log. Nas menores concentrações de ozônio estudadas nessa pesquisa (100 mg de O_3 /Kg de farinha) os valores de peróxidos já foram elevados, ultrapassando o limite máximo considerada referência por exemplo para a farinha de trigo integral.

Palavras-chave: Compostos bioativos, farinha integral, ozônio, *Sorghum bicolor* L.

Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é classificado como o quinto cereal mais produzido no mundo, sendo os maiores produtores o EUA, México, Nigéria, Sudão e Índia (FAO, 2017). Apesar de ser possível a sua inclusão na alimentação humana, na forma de biscoitos, bolos e diversos outros produtos, seu uso ainda é baixo, sendo praticamente todo o cultivo destinado a alimentação animal (QUEIROZ,

¹ Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de São João Del - Rei, UFSJ - CSL.

² Embrapa Milho e Sorgo.

* E-mail: trombete@ufsj.edu.br

2021). É um cereal que não possui glúten, com rica composição nutricional, podendo ser destacado o elevado teor de fibra alimentar (cerca de 8%), proteínas (8-12%) e compostos bioativos, tais como vitaminas, fitosteróis, compostos antioxidantes e antocianinas (SALAZAR- LOPEZ *et al.*, 2018).

Segundo a Conab, 2023 (Companhia Nacional de Abastecimento), apesar do sorgo ainda ser pouco industrializado para a alimentação humana é uma cultura com grande potencial pois sua área plantada é de 1.237,2 mil hectares no Brasil. Isso representa um grande potencial para a indústria de alimentos, com possibilidade de inclusão da farinha integral de sorgo em diferentes formulações.

Grispoldi *et al.* (2022) estudaram a aplicação de extratos naturais de sorgo como alternativa ao nitrito de sódio em carnes processadas e os resultados mostraram que o pigmento vermelho de sorgo (*Sorghum bicolor*) pode ser adicionado como aditivo natural, mantendo a cor vermelha/rosa da carne enlatada. Já Barbosa *et al.* (2023) demonstraram que o corante em pó obtido a partir do pericarpo de sorgo genótipo SC 319 pode ser utilizado como corante natural de gomas de gelatina, contribuindo com o fornecimento de compostos bioativos para a dieta.

Pintu (2019) estudou a otimização de bebida láctea fermentada à base de sorgo, o produto desenvolvido com 4,7% de farinha de sorgo teve boa aceitação pelos consumidores. Já Pereira *et al.* (2017) avaliaram sensorialmente pães de forma elaborados a partir de farinha de sorgo, e a adição da farinha em maiores proporções influenciou positivamente os resultados de aceitação dos pães, indicando que o sorgo tem potencial para ser utilizado também no setor de panificação.

A aplicação de ozônio nos grãos ou na farinha de sorgo pode contribuir com a redução da contaminação microbiológica, principalmente relacionadas com fungos. Quando aplicados diretamente em grãos de cereais, o O₃ molecular e os radicais hidroxila (*OH) gerados no processo podem reagir com as micotoxinas, promovendo sua degradação em produtos de menor peso molecular, eliminando ou reduzindo sua atividade biológica em termos de toxicidade (FREITAS-SILVA *et al.*, 2022; LUO *et al.*, 2014; TIWARE *et al.*, 2010).

A reação do O₃ com a farinha depende de alguns fatores, sendo os principais a concentração de O₃ e o tempo de exposição do alimento ao processo. Essas duas variáveis influenciam diretamente na qualidade do produto, podendo promover alterações positivas, como por exemplo, favorecendo o aumento do volume de pães e bolos, aumento da tenacidade e a claridade da farinha de trigo (LI *et al.*, 2012). No entanto, a ozonização também pode causar alterações indesejadas, como a oxidação lipídica, formação de aromas desagradáveis, degradação de pigmentos e compostos bioativos, com alterações negativas também na qualidade reológica da farinha de trigo (PATIL *et al.*, 2009; GABLER *et al.*, 2010).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi ozonizar farinha integral de sorgo, em diferentes concentrações e, avaliar os efeitos deste processo de oxidação em determinadas características químicas

da farinha.

Material e Métodos

Amostra

Foi utilizada farinha integral de sorgo, genótipo BRS 305 caracterizado por possuir pericarpo marrom, testa pigmentada (com taninos) e endosperma mais farináceo, cedido pela Embrapa Milho e Sorgo. A farinha (Figura 1) contendo 10,5 % de umidade foi armazenada em refrigeração até o início dos ensaios de ozonização.

Figura 1 - Farinha integral de sorgo utilizada na pesquisa



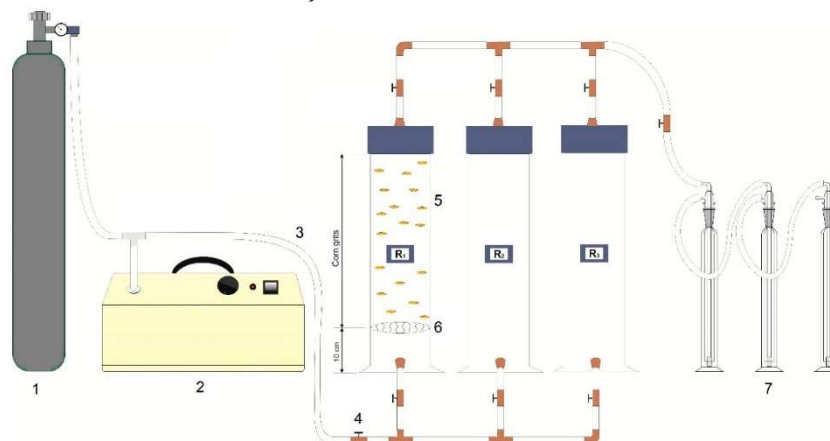
Fonte: Dos autores, 2023.

Ensaio de ozonização

Para a produção de ozônio foi utilizado um ozonizador industrial com produção por descarga de corona (O&L 3,0 RM, Ozone&Life®) com capacidade de 3g de O₃/h, alimentado com oxigênio industrial em fluxo de 0,5 L/min. O ozônio foi então injetado em silos experimentais de PVC (60 X 15 cm, altura x diâmetro) preenchido com 3 Kg da farinha e, a concentração de O₃ foi verificada constantemente, utilizando o método iodométrico APHA (1988). Foi utilizado no experimento a exposição em diferentes concentrações de O₃, variando de 100 a 1066 mg de O₃/Kg de farinha (P1-100 mg de O₃/Kg, P2-200 mg de O₃/Kg, P3-266,6mg de O₃/Kg, P4-400 mg de O₃/Kg, P5-1066 mg de

O₃/Kg de farinha), tais valores foram obtidos a partir da variação do tempo de exposição de 6 a 66 min. Essa faixa de concentração foi adotada pois abrange a maioria dos estudos envolvendo ozonização de cereais para degradação de micotoxinas, pesticidas, eliminação de fungos e bactérias e eliminação de pragas de armazenamento, possibilitando relacionar os dados obtidos com diversas áreas de aplicação.

Figura 2 - Esquema do sistema de ozonização utilizado



Fonte: Adaptado de Porto *et al.*, 2019.

Legenda: 1- Cilindro de O₂ com válvula de controle; 2- Gerador de ozônio; 3- mangueiras de silicone; 4- Conexões; 5- Cilindros de PVC contendo a farinha de sorgo; 6- Disco de suporte de silicone; 7- Frascos lavadores de gás com solução de 2% iodeto de potássio.

Análises químicas realizadas na farinha ozonizada

Foram realizadas análises físico-químicas de acordo com os métodos recomendados pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), como segue: umidade (método 012/IV), acidez total por titulação (método 016/IV), a cor instrumental foi avaliada pelo colorímetro Chroma Meter (Konica Minolta CR 400, Minolta Corporation, Osaka, Japão, no sistema CIELAB, escala L* a* b*. A análise de fenólicos totais foi realizada utilizando o reagente Folin Ciocalteu, de acordo com o método descrito por Singleton *et al.* (1999), com modificações, e leitura em espectrofotômetro a 600 nm.

Os taninos condensados foram determinados pelo método da Vanilina/HCL, de acordo com o descrito por Maxson e Rooney, (1972) e Price *et al.* (1978), com quantificação em espectrofotômetro a 500 nm. Também foi realizada a determinação da capacidade antioxidante, baseada no método ABTS, conforme descrito por Awika *et al.* (2003). As antocianinas foram determinadas conforme descrito por Fuleki and Francis (1968) e detalhado por Awika *et al.* (2005).

A extração de lipídeos foi realizada pelo método a frio, segundo Bligh e Dyer (1959). Determinou-se o índice de peróxido através da fração lipídica (miscela com clorofórmio) seguindo o método 8-53 da American Oil Chemists' Society (1997). Para esta determinação, foram utilizados 10 mL de miscela de cada amostra, acrescidos de 30 mL de ácido acético e 0,5 mL de solução de iodeto de

potássio saturado. Antes da titulação com tiosulfato de sódio 0,01N, foi adicionado 30 mL de água destilada e 1 mL de amido. O cálculo do índice de peróxido foi feito utilizando-se a fórmula prevista no método oficial, considerando-se o peso do óleo de cada amostra. O mesmo critério foi utilizado para a determinação do índice de acidez (método Ca-5^a-40 da AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY, 1997), determinados em 10 mL da miscela.

Contagem de fungos totais

A contagem de fungos totais (bolores e leveduras) foi realizada através da metodologia da American Association of Cereal Chemists (AACC, 2010), método 42-50.01, utilizando o ágar extrato de malte (MEA) acidificado com ácido tartárico 10%. Para cada amostra, 11 g foram transferidos para um frasco reagente de vidro contendo 99 mL de diluente fosfato de potássio monobásico, agitando por 25 vezes e então foram coletados 11 mL de alíquota e diluído em 99 mL de diluente, obtendo-se as diluições seriadas de 10⁻¹, 10⁻² e 10⁻³. Para cada diluição foram plaqueadas, em profundidade, alíquotas de 1 mL em placas de Petri e então adicionado o ágar MEA acidificado até pH 3,5.

As placas foram incubadas invertidas, em incubadora tipo B.O.D a 22-25 °C e, as contagens de colônias ocorreram nos dias 3 e 5. O resultado foi expresso em unidades formadoras de colônia (UFC/g de farinha de sorgo). A contagem de fungos foi realizada em duplicata, com três diluições seriadas, conforme recomendação da metodologia.

Análise estatística

Os dados obtidos na pesquisa foram avaliados por estatística descrita e Análise de Variância (ANOVA) com comparação das médias pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o software SISVAR 5.6 (DEX- UFLA).

Resultados e Discussão

As análises de umidade, acidez total, fenólicos totais, taninos, antocianinas e atividade antioxidante não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as amostras ozonizadas de 100 a 1066 mg de O₃/Kg. A análise de umidade apresentou uma média de 10,5±0,2 %, condição considerada adequada para o armazenamento, impedindo o desenvolvimento de insetos e fungos no produto.

Já o valor da média de acidez total foi de 1,86±0,6 mL, não havendo redução na qualidade da farinha. No trabalho realizado por Silva *et al.* (2019), onde foi realizada a caracterização química e

física de farinha de sorgo, o resultado da acidez total foi próximo ao encontrado na presente pesquisa, correspondendo a 1,45%.

A análise de fenólicos totais, taninos e antocianinas resultaram em médias de $18,67 \pm 0,43$ mg GAE·g⁻¹, $55,3 \pm 1,08$ mg CE·g⁻¹ e $0,18 \pm 0,006$ mg LUT·g⁻¹, sendo considerados componentes desejáveis pela sua atividade antioxidante que são capazes de inibir a oxidação de lipoproteínas. Montagner *et al.* (2022), analisaram farinha de sorgo vermelho integral e encontraram os seguintes valores: para fenólicos totais $79,0 \pm 2,16$ mg GAE·g⁻¹, taninos $10,4 \pm 0,85$ mg CE·g⁻¹ e antocianinas $0,71 \pm 0,10$ mg LUT·g⁻¹. Na presente pesquisa nenhum destes parâmetros foram influenciados pela ozonização.

A análise de atividade antioxidante resultou em uma média de $262,82 \pm 6,67$ μMol TE·g⁻¹. Correia *et al.* (2020) estudaram a caracterização físico-química e tecnológica de farinha extrudada de sorgo do genótipo BRS 305, e o resultado da atividade antioxidante foi relativamente menor ao encontrado na presente pesquisa, correspondendo a $156,08 \pm 13,78$ μMol TE·g⁻¹. Na tabela 01 estão apresentadas as médias dos parâmetros de qualidade avaliados que não sofreram influência pela ozonização.

Tabela 1 - Resultados médios das análises de qualidade que não apresentaram influência pela ozonização

Análise	Resultados médios
Análise de Umidade (%)	10,5± 0,2
Acidez total (%)	1,86±0,6
Fenólicos totais (mg GAE·g ⁻¹)	18,67±0,43
Taninos (mg CE·g ⁻¹)	55,3±1,08
Antocianinas (mg LUT·g ⁻¹)	0,18±0,006
Atividade antioxidante (μMol TE·g ⁻¹)	262,82±6,67
Cor: L*	71,21±7,0
a*	5,24±0,31
b*	13,42±0,65

Fonte: Dos autores, 2023.

Na avaliação instrumental da cor também não foi verificada alteração pela ozonização da farinha integral de sorgo, conforme apresentado na tabela anterior. Porto *et al.* (2022), estudaram a ozonização de grits de milho (*Zea mays* L.), realizando a análise instrumental de cor e o valor de L* diferiu significativamente do controle ($p < 0,05$), demonstrando aumento da intensidade do branco, enquanto o valor de b* também foi menor ($p < 0,05$), demonstrando perda da intensidade da cor amarela, causado provavelmente pela perda de carotenoides devido a oxidação. Na presente pesquisa não foi verificada tal influência do ozônio na coloração da farinha ozonizada.

Em relação as análises de índice de acidez e peróxidos, houve diferença significativa ($p < 0,05$) dos tratamentos com a amostra controle já a partir da primeira concentração estudada (P1: ozonizado a 100 mg de O_3/Kg), demonstrando que concentrações diferentes de ozônio interferem diretamente em tais parâmetros de qualidade lipídica da farinha. O índice de acidez para a amostra controle correspondeu a $84 \pm 0,04$ (mg KOH/100g), sendo que as demais amostras tiveram aumento neste parâmetro, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises de índice de acidez e peróxidos

Parâmetro de qualidade	Amostra	Resultados
Índice de acidez (mg KOH/100g)	P0	$84 \pm 0,04$
	P1	$248 \pm 0,95$
	P2	$280 \pm 1,09$
	P3	$304 \pm 0,43$
	P4	$330 \pm 0,42$
	P5	$420 \pm 0,20$
Índice de peróxidos (meq/ Kg)	P0	$45,18 \pm 4,60$
	P1	$55,80 \pm 7,60$
	P2	$93,01 \pm 40,06$
	P3	$130,21 \pm 32,11$
	P4	$414,93 \pm 97,78$
	P5	$707,20 \pm 104,24$

Fonte: Dos autores, 2023.

No Brasil, não existe legislação para farinha de sorgo, mas, comparando com a legislação da farinha de trigo (Instrução Normativa 8/2005), para o qual o índice de acidez máxima permitido é de 100 mg KOH/100g de produto, comparando com os resultados obtidos nos tratamentos P1 a P5 já ultrapassam esse valor, demonstrando que a ozonização nas concentrações de 100 a 1066 mg de O_3/Kg de farinha não são viáveis neste sentido, causando alterações na qualidade da farinha.

Em um trabalho feito por Obadi *et al.* (2018), onde foi realizada ozonização de farinhas de grãos integrais em fluxo de O_3 em 5L/min, com exposição de 5g/h por 5 a 45 minutos, o tempo de ozonização também teve um efeito significativo sobre o valor da acidez. O valor da acidez do óleo extraído da farinha de trigo tratado com ozônio diminuiu de 20 mg de KOH/100g de farinha para 15 mg de KOH/100g, segundo os autores, possivelmente devido à formação de ácido clorídrico durante a reação do ozônio com os componentes da farinha. Langlais *et al.* (2019) relataram que a exposição ao ozônio pode oxidar carboidratos, aminoácidos e compostos de ácidos graxos insaturados, levando à formação de produtos da degradação ácidos.

Em um trabalho feito por Li *et al.* (2013), se fez o armazenamento de farinha de trigo tratada com ozônio em concentração de 5 g/H, fluxo de 5 L/min e exposição de 5 a 30 min, demonstrando que o valor de ácidos graxos livres não aumentou imediatamente após o tratamento com ozônio, porém,

amostras expostas por 20 e 30 min apresentaram um resultado de 60 mg KOH/100g de farinha, valores bem abaixo do que os encontrados no presente estudo. Os valores de ácidos graxos livres das farinhas tratadas por 5, 10 e 15 min foram menores do que a farinha controle no final do armazenamento, resultando em um valor de 45 mg KOH/100g de farinha, segundo os autores, este resultado inesperado indicou que mudanças em outros componentes parece induzir um efeito protetor sobre a pequena quantidade de gordura presente na farinha de trigo. Os autores reportaram também que o ozônio induziu um efeito letal sobre os micro-organismos e larvas de insetos que existiam na farinha de trigo, assim como um efeito inibitório sobre algumas hidrolases, consideradas causadoras de oxidação e decomposição da gordura, demonstrando que o tratamento com ozônio em um nível adequado pode inclusive retardar o aumento do valor de ácidos graxos livres do produto (OLPIN, 2004).

Quanto ao índice de peróxidos, os valores apresentados na Tabela 2 demonstraram que quanto maior a concentração do O₃, maior foi o índice de peróxidos obtidos nas amostras.

Em um estudo realizado por Obadi *et al.* (2018) também foi avaliado o índice de peróxido da farinha de trigo integral após a ozonização em concentração de 5 g/h, e fluxo de 5 L/min de O₃ variando de 5 a 45 min de exposição, onde, no tempo de 0 min o valor do peróxido era de 3,31 meq/Kg e, após 35 min de exposição, subiu para 47,42 meq/Kg, demonstrando que, assim como no presente trabalho, a ozonização causou uma oxidação lipídica no alimento.

Em um outro trabalho conduzido por Mei, Jin e Cols (2016), foram estudados os efeitos do tratamento com ozônio na qualidade da farinha de trigo (*Triticum aestivum L*), onde todas as amostras foram expostas ao gás em concentração de 5 mg/L, em vazão de 3,3 L/min, com tempos de tratamento variando de 0,5 a 2,0 h, sendo reportado uma taxa de oxidação mais alta e também uma maior degradação do amido, níveis reduzidos de amido prejudicam a qualidade dos produtos de trigo, promovendo a degradação enzimática durante a fabricação da massa.

Kehinde *et al.* (2017) desenvolveram uma pesquisa a partir de misturas de farinhas de batata-doce de polpa alaranjada, sorgo e soja, e o valor de peróxido durante o período de armazenamento variou de 0,05 a 1,28 meq/Kg. Durante o armazenamento, o valor de peróxido aumentou significativamente à medida que o período de armazenamento aumentou, sendo o maior valor evidenciado na 8ª semana de armazenamento (1,28 meq/Kg). Devido ao ozônio possuir alto poder oxidativo, é necessária a verificação do comportamento dos lipídios presentes na amostra ao longo da vida de prateleira, já que, em alguns casos, ele pode promover oxidação e degradação dos constituintes químicos, como ácidos graxos, que são facilmente oxidados e podem produzir subprodutos indesejados (KHADRE *et al.*, 2001).

Quanto a contagem de fungos totais, o tratamento P5 (1066 mg de O₃/ Kg de farinha) promoveu uma pequena redução de 0,7 log na contagem. Como forte agente oxidante, o ozônio é utilizado há

muito tempo na indústria de alimentos, ele possui efeitos letais não térmicos sobre microrganismos devido à permeabilização e danos da membrana celular (PATIL, BOURKE, FRIAS, TIWARI & CULLEN, 2009). No entanto, outras pesquisas reportaram maiores reduções na contagem microbiológica, como o trabalho realizado por Trombete *et al.* (2017), utilizando amostras de grãos de trigo que foram contaminadas com conídios fúngicos de *Aspergillus spp.* e *Fusarium spp.*, sendo então submetidas a tratamentos de ozonização com 60 mg/L de O₃ expostas por 300 min. A contagem total de fungos reduziu aproximadamente 3,0 ciclos log, valor bem maior do que o encontrado na presente pesquisa. Resultado semelhante foi descrito por Porto *et. al* (2019), utilizando amostras de grãos de milho expostos com concentração de ozônio de 20 a 60 mg/L, tempo de 120 a 480 min e massa de grãos de 1 a 5 kg, obtendo-se reduções de até 3 ciclos log na contagem.

Junior *et al.* (2018) em um estudo com grãos de milho concluíram que o processo de ozonização foi eficaz ao controle de fungos durante seu armazenamento. O gás foi aplicado na concentração de 2,14 mg.L⁻¹ em fluxo de 5,8 L.min⁻¹, com 50 h de exposição, o que reduziu a ocorrência de *Aspergillus spp.* e *Penicillium spp.* em 78,5% e 98,0%, respectivamente, confirmando assim o efeito fungicida do ozônio nos grãos.

Conclusão

Os resultados das análises de umidade, acidez total, taninos, fenólicos totais, atividade antioxidante, antocianinas e cor não diferiram entre si ($p > 0,05$) demonstrando que a ozonização da farinha integral de sorgo, nas condições estudadas nessa pesquisa, não influencia os valores de tais parâmetros de qualidade. Por outro lado, os valores de acidez e peróxidos foram influenciados pelo ozônio ($p < 0,05$), sendo que ambas as variáveis aumentaram à medida em que aumentou a concentração do gás ozônio. Quanto a contagem de fungos totais, observou-se uma pequena redução de 0,7 log. Visto que a ozonização de alimentos é considerada uma tecnologia ainda emergente e que possui diversas aplicações na indústria de alimentos, são necessários mais estudos a fim de otimizar a ozonização da farinha integral de sorgo, visto que, já nas menores concentrações de ozônio estudadas nessa pesquisa (100 mg de O₃/Kg de farinha) os valores de peróxidos já foram elevados, ultrapassando o limite máximo considerado referência por exemplo para a farinha de trigo integral.

Agradecimentos

À Universidade Federal de São João del-Rei/CSL e ao seu Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC-UFSJ) e à Embrapa Milho e Sorgo.

Referências

AACC Approved Methods of Analysis. **American Association of Cereal Chemists**. Method 42-50.01. Mold and Yeast Counts. 11 ed. 2010.

AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY. **Official methods and recommended practices of AOCS**. 5ed. Champaign, 1997. 3 v.

APHA. **American Public Health Association**. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 th edition. 1988.

AWIKA, J.M. *et al.* Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 51, n. 23, p. 6657-6662, 2003. Disponível em: < <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf034790i> >. Acesso em: 22 out. 2023.

AWIKA, J. M.; McDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 16, p. 6230-6234, 2005. DOI: 10.1021/jf0510384.

BARBOSA, M.P. *et al.* Optimization of extraction, characterization, and stability of the natural pigment from sorghum genotype SC 319. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 3, p. 10783-10798, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n3-126>.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959. DOI: 10.1139/o59-099.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. Acompanhamento da safra brasileira grãos- safra 2022/23- Oitavo levantamento. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> . Acesso em: 25 maio 2023.

CORREIA, VT de V. *et al.* **Caracterização físico-química e tecnológica de farinha extrusada de sorgo do genótipo BRS 305**. 2020. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1123585/caracterizacao-fisico-quimica-e-tecnologica-de-farinha-extrusada-de-sorgo-do-genotipo-brs-305>>. Acesso em: 22 out. 2023.

FAO, **Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database-FAOSTAT**, (2017), The food and agriculture organization corporate statistical database. Rome: Faostat

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFPA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS-SILVA, O. *et al.* Degradação Química de Aflatoxinas. In: **Aflatoxinas em Alimentos: Uma Perspectiva Recente**. Cham: Springer International Publishing, p. 233-258, 2022.

FULEKI, T.; FRANCIS, J., Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of food science**, v. 33, n. 1, p. 72-77, 1968. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1968.tb00887.x>.

GABLER, F.M. *et al.* Influence of fumigation with high concentrations of ozone gas on postharvest gray mold and fungicide residues on table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v.55, p85-90,

2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.09.004>.

GRISPOLDI, L. *et al.* Um estudo sobre a aplicação de extratos naturais como alternativas ao nitrito de sódio em carnes processadas. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 3, p. e16351, 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4th Ed., ZENEBO, O.; PASCUER, N. S. Edição digital. 2008. Disponível em: http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf. Acessado em 25/03/2022.

INSTRUÇÃO NORMATIVA MAPA n° 8, de 8 de junho de 2005, **Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo**. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

JUNIOR, J.G.B. *et al.* Efficacy of ozone in the microbiological disinfection of maize grains. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.21, n. 0, jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.02217>.

KEHINDE A.E. *et al.* Some quality attributes of complementary food produced from flour blends of orange flesh sweetpotato, sorghum, and soybean. **Croatian journal of food science and technology**, v. 9, n. 2, p. 122-129, 2017. DOI:10.17508/CJFST.2017.9.2.06.

KHADRE, M. A.; YOUSEF, A. E.; KIM, J.-G. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. **JFS: Concise Reviews in Food Science**, Washington, v. 66, n. 9, p. 1242- 1252, jul. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15196.x>.

LANGLAIS, B; RECKHOW, D.; BRINK, D. (Org.). **Ozônio no tratamento de água: aplicação e engenharia**. Routledge, 2019.

LI, M. *et al.* Evaluation the quality characteristics of wheat flour and shelf-life of fresh noodles as affected by ozone treatment. **Food Chemistry**, v.135, p.2163-2169, 2012. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.06.103.

LI, M. *et al.* Delineating the microbial and physical–chemical changes during storage of ozone treated wheat flour. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 20, p. 223-229, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.06.004>.

LUO X. *et al.* Desintoxicação de aflatoxina em farinha de milho por ozônio. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 11, pág. 2253-2258, 2014.

MAXSON ED, ROONEY LM. Evaluation of methods for tannin analysis in sorghum grain. **Cereal Chem.** 49:719-729, 1972.

MEI, JIN E COLS. Efeitos do tratamento com ozônio na qualidade e desempenho da farinha de trigo meio duro (*Triticum aestivum* L.) na panificação no vapor. **CyTA-Journal of Food**, v. 14, n. 3, pág. 449-456, 2016.

MONTAGNER, G.E. *et al.* Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante de farinhas de sorgo. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 17, p. 61566, 2022. DOI: <https://doi.org/10.12957/demetra.2022.61566>.

OBADI, M. *et al.* Characterization of oil extracted from whole grain flour treated with ozone gas. **Journal of Cereal Science**, v. 79, p. 527-533, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.12.007>.

OLPIN, S.E. Implications of impaired ketogenesis in fatty acid oxidation disorders. **Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids**, v. 70, n. 3, p. 293-308, 2004. DOI: 10.1016/j.plefa.2003.06.003.

PATIL, S., *et al.* Inactivation of *Escherichia coli* in orange juice using ozone. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, n. 4, p. 551-557, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.05.011>.

PATIL, S. *et al.* Safety and quality assessment during the ozonation of cloudy apple juice. **Journal of Food Science**, v.75, p.437-443, 2010. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01750.x.

PEREIRA, E. N. *et al.* Aceitação sensorial de pão de forma a base de farinha de sorgo. **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, [S. 1.], v. 3, n. 2, p. 49–55, 2017. Disponível em: <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/438>. Acesso em: 22 out. 2023.

PINTU, RAGHWENDRA KUMAR; VERMA, B. B. Optimization of Rabadi-like sorghum based fermented milk beverage: Climate smart agriculture. **Journal of AgriSearch**, v. 6, n. 4, p. 194-198, 2019. Disponível em: < <https://jsure.org.in/journal/index.php/jas/article/view/430> >. Acesso em: 22 out. 2023.

PORTO, Y.D. *et al.* Ozonização gasosa para reduzir os níveis de aflatoxinas e contaminação microbiana em grãos de milho. **Microorganismos**, v. 7, n. 8, p. 220, 2019.

PORTO, Y.D. *et al.* Ozonização de grits de milho (*Zea mays L.*) em altas concentrações promove alteração na cor e aroma do produto. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e46311528462-e46311528462, 2022. DOI:10.33448/rsd-v11i5.28462.

PRICE, M.L., VAN SCOYOC, S., AND BUTLER, L.G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60219a031>.

QUEIROZ, Valéria Aparecida Vieira *et al.* **Sorgo para alimentação humana**. 2021. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS-2010/22430/1/Circ-133.pdf> >. Acesso em: 22 out. 2023.

SALAZAR L. *et al.* Technologies applied to sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*): changes in phenolic compounds and antioxidant capacity. **Food Science and Technology**, 2018. doi: <https://doi.org/10.1590/fst.16017>.

SILVA, L. *et al.* Cinética de secagem dos grãos e caracterização física e química durante o armazenamento de farinha de sorgo granífero. 2019. Disponível em: < <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/617> >. Acesso em: 22 out. 2023.

SINGLETON, V.L. *et al.* Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152- 177, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).

TILTON, ELVIN W.; BROWER, J. H.; COGBURN, R. R. Insect control in wheat flour with gamma irradiation. **The International Journal of Applied Radiation and Isotopes**, v. 25, n. 7, p. 301-305, 1974. DOI: [https://doi.org/10.1016/0020-708X\(74\)90039-8](https://doi.org/10.1016/0020-708X(74)90039-8).

TIWARI, B. K. *et al.* Application of ozone in grain processing. **Journal of Cereal Science**. 2010; 51(3), 248-255. doi: 10.1016/j.jcs.2010.01.007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.01.007>.

TROMBETE, F.M, *et al.* Eficácia do tratamento com ozônio em micotoxinas e redução de fungos em grãos de trigo mole contaminados artificialmente. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 3, pág. e12927, 2017.

CAPÍTULO 2

Elaboração e caracterização de balas de goma de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

Bruna Fernandes de Souza Santos^{1*}; Michelle Aparecida Teixeira Ribeiro¹; Amanda Dias Martins¹; Ana Carolina Fonseca e Silva¹; Daniela Schreiber Sant'Anna¹; Cintia Nanci Kobori²

Resumo

Balas de goma são confeitos elaborados a base de açúcar que possuem características elásticas, transparentes e brilhantes, sendo o agente gelificante responsável por sua textura gomosa. A inclusão das polpas de frutas em balas é uma alternativa para substituição da utilização de aditivos artificiais, como corantes e aromas, visto que elas transferem sua coloração e sabor para o produto em que estão sendo inseridas. O tamarindo é um fruto de sabor ácido-adocicado, rico em fibras, compostos bioativos e antioxidantes como flavonoides, flavonas, fenóis e alcaloides. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo elaborar balas de gelatina e de amido com polpa de tamarindo, comparando-as em relação as suas características físico-químicas. Foram elaboradas três formulações distintas com percentuais de sacarose e agentes gelificantes diferentes: (1) gelatina tradicional (GT); (2) gelatina com redução de açúcar refinado (GR) e; de amido (AD). Na polpa de tamarindo, foram realizadas as análises de sólidos solúveis, acidez titulável e pH. Para a caracterização das balas, foram feitas as análises de cor instrumental, dureza, acidez titulável, pH e umidade. As balas GT se mostraram com coloração próxima da polpa, textura de goma e umidade característica de balas mastigáveis. Já, as balas GR apresentaram menor luminosidade e maior dureza. As balas AD resultaram em características diferentes, obtendo coloração amarronzada, maior umidade e luminosidade e, menor acidez e pH. Com isso, é possível concluir que os diferentes agentes gelificantes (gelatina e amido) resultaram em produtos com características finais distintas e que, mesmo não utilizando aditivos sintéticos, como corantes e aromas artificiais, os aspectos gerais da bala de gelatina foram mantidos. Além disso, o uso da polpa de tamarindo pode conferir benefícios para a saúde devido à maior proporção de fibras, agregando também, um maior valor a este fruto nativo do Cerrado.

Palavras-chave: Confeito. Doce. Guloseima. Jujuba.

¹Discentes, Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia de Alimentos (DEALI), Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

²Docente, Departamento de Engenharia de Alimentos (DEALI), Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

*E-mail: brunasantos1540@aluno.ufsj.edu.br

Introdução

O tamarindo (*Tamarindus indica* L.), fruto do tamarindeiro, é originado da parte tropical do Continente Africano, entretanto, com a colonização se disseminou pelos biomas brasileiros, consolidando-se no Cerrado. Possui aparência alongada, com casca ligeiramente escura e quebradiça, chegando a aproximadamente 15 centímetros de comprimento. Já seu interior conta com aproximadamente 8 sementes circundadas por uma polpa agridoce de coloração amarronzada (GURJÃO *et al.*, 2006).

Por ser fonte de madeira de qualidade, o tamarindeiro, é conhecido por ser uma árvore “multiuso”, graças ao seu aproveitamento integral, desde a semente que é utilizada em extratos medicinais até seu fruto de sabor ácido e refrescante, utilizado na produção de refrescos, licores, sorvetes e balas que, auxiliam na renda dos pequenos produtores rurais (PEREIRA *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2016).

O tamarindo é um fruto extremamente benéfico à saúde, sendo composto por um alto teor de proteínas, elementos minerais (potássio, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas A, B e C) e glicídios. Além disso, a polpa é rica em compostos fenólicos, que a confere característica antioxidante e reduz os níveis de colesterol, altamente associado a doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), como a obesidade e diabetes (SILVA *et al.*, 2020).

O fruto possui três ácidos em sua composição, o tartárico que proporciona seu sabor azedo adocicado, e os ácidos málico e cítrico, que possuem papel conservante ocasionado pelo abaixamento do pH. A polpa ainda possui alto valor glicêmico e de fibras solúveis, que auxiliam no trato intestinal (AMARAL *et al.*, 2022). Entretanto, por ser considerado exótico e não ser tão conhecido popularmente pelas suas propriedades farmacológicas, o tamarindo não é muito explorado economicamente e possui baixo valor agregado (FERREIRA, 2018).

Pela Resolução nº 265 de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), balas se enquadram na definição de produtos à base de açúcar e/ou outros ingredientes que podem conter recheio, cobertura com formatos e consistência diversos (BRASIL, 2005). Já, balas de goma, caracterizam-se por serem elásticas, transparentes e brilhantes, com o agente gelificante sendo determinante para a textura, os principais utilizados são a gelatina e o amido, entretanto, também se utilizam as gomas: pectina, carragena, xantana e arábica (LAZAROTTO *et al.*, 2008; AZEVEDO, 2013).

A gelatina é obtida da extração direta do colágeno ou por meio de tratamentos ácidos nos ossos, conferindo ao produto uma textura flexível que derrete na boca. Os principais amidos utilizados pela indústria de confeitos são o de milho e o quimicamente modificado, que através da hidrólise ácida que

é submetido, reduz a viscosidade do amido, facilitando assim o cozimento e a formação do gel (JACQUES; CHIM, 2018).

O Brasil está entre os 9 países que mais produzem confeitos de açúcar e goma de mascar mundialmente, ficando atrás da China, Estados Unidos, Alemanha, Índia, Japão, Rússia, México e Indonésia, respectivamente. Somente em 2021, faturou mais de R\$9,6 bilhões com uma produção de 242 mil toneladas, sendo só para exportação cerca de 106,1 mil toneladas (ABICAP, 2022).

Porém, estudos realizados pelas Universidades de Binghamton e da Estadual de Nova York apontaram que a ingestão do aditivo alimentar químico, dióxido de titânio, comumente encontrado em balas de goma, reduz consideravelmente a absorção de nutrientes e a capacidade das células do intestino delgado combaterem agentes causadores de doenças (EXAME, 2017).

Em uma alimentação saudável, o consumo de frutas é indispensável, pois são fontes de fibras, água, carboidratos, sais minerais e vitaminas que ajudam na prevenção de doenças crônicas e na manutenção das atividades do funcionamento do corpo (BRASIL, 2016). A utilização de polpas de frutas em doces se adequa a demanda mundial sobre alimentos funcionais, saudáveis e saborosos, pois, são potenciais substitutos da sacarose pela quantidade de sólidos solúveis além de reduzir o uso dos aditivos pela sua coloração própria que se transfere ao produto (AVELAR, 2016; MAFALDO, 2018).

Diante disso, o presente trabalho objetivou desenvolver balas de goma de tamarindo com diferentes agentes gelificantes e concentrações distintas de sacarose, além de avaliar as características físico-químicas, cor e textura dos produtos elaborados.

Material e Métodos

Material

Os tamarindos foram colhidos diretamente de tamarindeiros localizados em Sete Lagoas - MG e região, em sua safra de 2022. Os frutos foram selecionados, higienizados e deixados imersos em água potável (1:3) durante 12 horas para serem despulpados mediante liquidificador e peneira de uso doméstico. A polpa foi envasada e congelada em pote hermético para posterior utilização na elaboração das balas e nas análises. Os demais ingredientes necessários (açúcar refinado, xarope de glicose de milho, gelatina sem sabor e amido de milho) foram adquiridos em estabelecimentos comerciais da mesma cidade, estes estavam com a embalagem lacrada e dentro do prazo de validade.

Testes preliminares para bala com amido

Para determinar a quantidade de amido de milho na formulação das balas, assim como do método de preparo, foram realizados testes preliminares contendo diferentes concentrações de amido, água, açúcar e xarope de glucose (Tabela 1).

Tabela 1 - Formulações testes para elaboração da bala de amido

Ingredientes (g)	A1	A2	A3	A4	A5
Amido	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2
Açúcar refinado	54	54	-	25	10
Xarope de glucose	-	-	54	25	54
Água	50	50	50	50	25
Polpa de tamarindo	-	-	-	-	50

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda:A1: Teste realizado com adição simultânea dos ingredientes; A2: Teste realizado com adição do açúcar após a gelatinização do amido; A3: Teste realizado com adição simultânea dos ingredientes; A4: Teste realizado com adição simultânea dos ingredientes; A5: Teste realizado com adição simultânea dos ingredientes.

Os testes A1 e A2 se diferiram pelo método de preparo empregado, uma vez que o açúcar foi adicionado somente após a gelatinização do amido em A2. O teste A3 avaliou a substituição total do açúcar pelo xarope de glucose e o A4 avaliou a utilização de 50% de cada tipo de açúcar. Já, o teste A5, foi realizado com a adição da polpa de tamarindo.

Assim, nestes testes preliminares, foi possível avaliar se o açúcar influenciava na textura das balas obtidas pelo tipo (sacarose ou glucose), pela variação da concentração nas formulações ou por interações intermoleculares formadas durante ou após a formação do gel. Em conclusão, devido ao teste A3 ter apresentado o melhor resultado em relação à formação de gel e firmeza, esta foi à formulação escolhida para a elaboração do teste A5 com a polpa de tamarindo, com adição de apenas 10 g de açúcar refinado para aumentar a doçura da bala devido à acidez do fruto.

Elaboração das balas

A elaboração das balas foi realizada no Laboratório de Óleos e Gorduras e Desenvolvimento de Novos Produtos da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), seguindo a formulação descrita na Tabela 2 e respeitando as Boas Práticas de Fabricação. Para a redução de 40% na quantidade de açúcar refinado (sacarose) adicionado à bala de gelatina (GR), utilizou-se como valor padrão uma

formulação de balas de gelatina tradicional (GT) desenvolvida por Santos *et al.* (2022) e Avelar *et al.* (2016).

Tabela 2 - Formulação das balas de goma de gelatina e amido com polpa de tamarindo

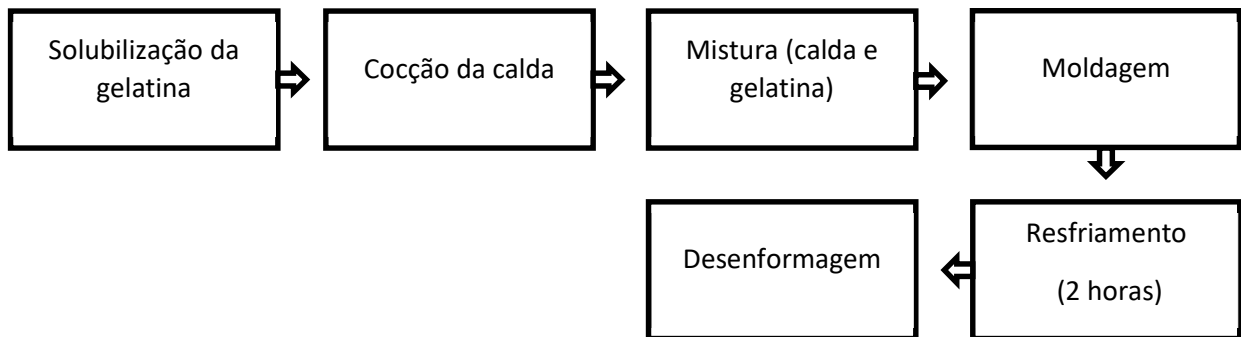
Ingredientes (g)	GT	GR	AD
Polpa de tamarindo	120	120	120
Açúcar refinado	120	72	24
Xarope de glucose	90	90	120
Amido	-	-	34,1
Gelatina	24	24	-
Água	-	-	60

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: GT = Bala de gelatina tradicional; GR = Bala de gelatina com redução de açúcar refinado; AD = Bala de amido desenvolvida.

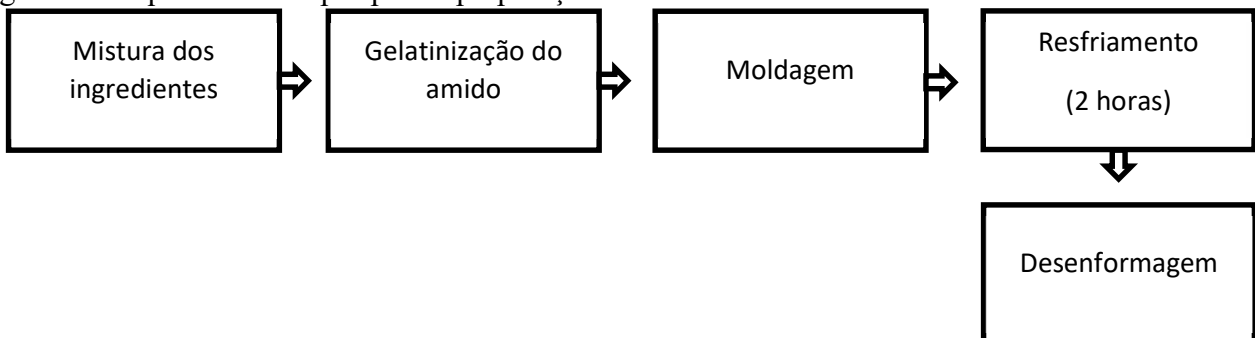
As Figuras 1 e 2 apresentam as etapas de processamento das balas de gelatina e amido, respectivamente.

Figura 1 - Esquema das etapas para a preparação das balas de gelatina tradicional e com redução de açúcar



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 2 - Esquema das etapas para a preparação das balas de amido



Fonte: Dos autores, 2023.

Análises de caracterização da polpa de tamarindo e das balas desenvolvidas

Todas as análises de caracterização da polpa de tamarindo e das balas de gelatina e de amido elaboradas foram realizadas em triplicata.

Análise de sólidos solúveis totais na polpa (SST)

Mensurada através do refratômetro digital portátil pal-2 da ATAGO expressos em °Brix e calibrado previamente com água.

Análise de acidez total titulada (AT)

Realizada por titulometria pelo método da viragem de coloração descrita no IAL (2008), com diluição em 75 mL de água, utilizando NaOH 0,1 M e 1 como fator de correção.

Análise de pH

Determinado por potenciometria, utilizando 10 g da amostra diluídas em 75 mL de água através do pHmetro de bancada modelo PHS-3E da marca EVEN, calibrado com soluções tampões 4,0 e 7,0 (IAL, 2008).

Análise de umidade

Realizada com o auxílio do determinador de umidade infravermelho modelo ID 200 da marca MARTE.

Análise de cor

Determinada com colorímetro portátil modelo CR-400 da marca KONICA MINOLTA, pelo método CIELAB, onde L expressa a luminosidade em escala de 0 (preto) a 100 (branco), a* o eixo vermelho-verde onde os valores positivos são avermelhados e negativos esverdeados e, por fim, b* sendo o eixo amarelo (valores positivos) azul (valores negativos) (PATHARE *et al.*, 2013).

Análise de dureza

Determinada em temperatura ambiente, pelo analisador de textura modelo TA XT^{P/US} Stable Micro Systems da marca EXTRALAB BRASIL (ExponentLits) com os dados de entrada descritos em TPA (*Texture Profile Analysis*), força (Newton), distância em (*strain*), velocidade no pré-teste, teste preliminar e final em 4,0 mm·s⁻¹, *strain* em 73%, tempo em 0,50 s, *trigger force* em 20 g.

Análise Estatística

Mensurada pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2011), versão 5.6, para realizar a Análise de Variância e Teste de comparações múltiplas Tukey ao nível de 5% de probabilidade das formulações.

Resultados e Discussão

Desenvolvimento das balas de amido

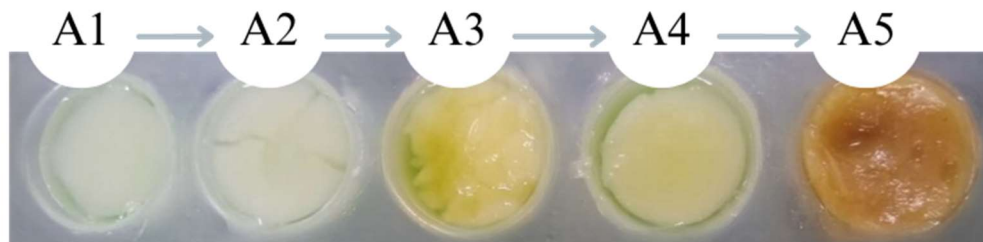
Nos testes preliminares para a elaboração das balas de amido, foi possível verificar que tanto a concentração de açúcar refinado como o modo de preparo interferiram na formação de um gel estável (Figura 3). Quanto maior a concentração de açúcar refinado (sacarose) na formulação, mais maleável e exsudativa foi a bala obtida (A1), dificultando a moldagem. A introdução do açúcar refinado após a gelatinização do amido, não apresentou resultados favoráveis, uma vez que beneficiou o aparecimento de grumos (A2). No entanto, a utilização de xarope de glucose, ao invés do açúcar refinado, resultou na formação de um gel mais firme e uniforme (A3), reduzindo a sinérese e a exsudação da água na bala elaborada também com a polpa de tamarindo (A5). Porém, ainda assim, o gel de amido resultou numa qualidade visualmente inferior ao gel formado na bala de gelatina em relação à textura.

De acordo com Hermansson *et al.* (2004) e Gozzo (2008), a formação de gel em alimentos contendo amido que são submetidos ao aquecimento é influenciada pela: composição do amido (concentração de amilose e amilopectina); efeito da temperatura e conteúdo de sólidos; concentração de açúcar e; teor de ácidos (pH). Destes fatores, o açúcar é uma variável importante do processo de gelificação, podendo corroborar para formação de géis mais macios por aumentar a retenção de água, tornando a concentração em que está presente a sacarose proporcional à temperatura de gelatinização do amido, no entanto, este efeito é inferior na presença de outros açúcares, como frutose e glicose.

Para a elaboração das balas de tamarindo com amido, a concentração de sacarose (do açúcar refinado) obteve maior impacto na formação de um gel firme que o teor de sólidos da polpa de tamarindo

e/ou sua acidez. O teor de sólidos solúveis da polpa de tamarindo utilizada neste trabalho foi de $24,67 \pm 0,58$ °Brix, valor semelhante aos reportados nos estudos de Maia (2018), que após a caracterização físico-química e composição centesimal, obteve valores entre 26,07 e 28,37 °Brix para polpas de tamarindo provenientes das safras de 2015 e 2016.

Figura 3 - Imagem dos géis formados nos testes preliminares com amido nos moldes



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: A1: teste realizado com adição simultânea dos ingredientes com açúcar (54 g); A2: Teste realizado com adição do açúcar após a gelatinização do amido; A3: Teste realizado com adição simultânea dos ingredientes com glucose (54 g); A4: Teste realizado com adição simultânea dos ingredientes com glucose e açúcar (25 e 25 g); A5: Teste realizado com adição simultânea dos ingredientes com a polpa de tamarindo.

Elaboração e caracterização das balas de tamarindo

De modo geral, as balas desenvolvidas possuíram características visuais e palatáveis desejáveis. O rendimento das formulações das balas de gelatina foi de 163,88 g, sendo equivalente a 28 balas de, aproximadamente, 5,85 g. As balas de amido renderam 21 balas de aproximadamente 10,37 g cada (217,77 g, no total).

Foi possível observar visualmente uma variação nas características das balas como cor e textura ao longo do processo de moldagem em formas de silicone enquanto ainda estavam líquidas, e, durante a degustação. As balas de amido apresentaram-se mais pegajosas e com coloração amarronzada clara, enquanto as balas de gelatina obtiveram uma tonalidade mais escurecida, parecida com a polpa do fruto, e a textura gomosa, mais característica das balas de goma, conforme imagens apresentadas na Figura 4.

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados obtidos da comparação das amostras das balas de gelatina e de amido, caracterizadas segundo as suas propriedades de dureza, umidade e cor. Observa-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) para todas as balas elaboradas nestes parâmetros avaliados, com exceção do cromatoma b^* , para a bala de gelatina tradicional (GT) e a bala desenvolvida com amido (AD).

Figura 4 - Fotografia das balas de gelatina e amido desenvolvidas com polpa de tamarindo, após retiradas do molde



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: GT = Bala de gelatina tradicional; GR = Bala de gelatina com redução de açúcar refinado; AD = Bala de amido desenvolvida.

Tabela 3 - Caracterização (dureza, umidade e cor) das balas de goma desenvolvidas com polpa de tamarindo

Amostra	Dureza (N)	Umidade (%)	Cor		
			L*	a*	b*
GT	13,69 ± 3,15 ^b	1,63 ± 0,13 ^c	39,83 ± 0,87 ^b	4,46 ± 0,33 ^a	12,87 ± 0,8 ^a
GR	32,58 ± 3,93 ^a	8,2 ± 1,37 ^b	33,30 ± 1,58 ^c	3,51 ± 0,47 ^b	8,19 ± 1,31 ^b
AD	0,94 ± 0,16 ^c	32,57 ± 3,35 ^a	43,78 ± 1,16 ^a	0,84 ± 0,11 ^c	11,49 ± 0,29 ^a

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: GT: Bala de gelatina tradicional; GR: Bala de gelatina com redução de açúcar refinado; AD: Bala de amido desenvolvida

Nota: Médias ± Desvios Padrão seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparação entre tratamentos) não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os resultados da dureza demonstram a força necessária para romper o produto, quanto menor o valor obtido mais macio é e, quanto maior o resultado mais dura é a amostra (CARVALHO *et al.*, 2015). A bala desenvolvida com amido (AD) apresentou resultado inferior às desenvolvidas com gelatina e, a bala com redução de sacarose (GR) obteve elevada resistência, indicando uma maior firmeza, uma vez que esta referência está associada com a mastigabilidade humana. Como a formação de gel pode ser afetada pela concentração de açúcares adicionados (GARCIA, 2021), ao ser cortada, a bala de gelatina se apresentou mais coesa do que a de amido (Figura 5).

A umidade é um importante parâmetro para proliferação de microrganismos patogênicos e deteriorantes, causando a perda nutricional e a redução da vida de prateleira dos produtos (IAL, 2008; SILVA; AZEVEDO, 2021). Marcelino e Marcelino (2012) relatam que balas mastigáveis devem conter cerca de 2 e 3% de umidade, neste estudo somente a formulação da bala de gelatina tradicional (GT) obteve valores dentro desta faixa indicada. Os valores superiores encontrados podem ser explicados devido a não obtenção do cozimento industrial, que variam entre 140 e 150 °C. Além disso, nas amostras das balas de amido (AD), podem ter ocorrido a retrogradação do amido, influenciando no resultado obtido. O uso de amido modificado pode contribuir com a redução da exsudação da água nas balas.

Figura 5 - Visão parcial das balas de tamarindo elaboradas com gelatina e amido de milho



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: GR = Bala de gelatina com redução de açúcar refinado; AD = Bala de amido desenvolvida.

Ao examinar os valores do teste de colorimetria, é possível constatar que a bala de gelatina tradicional (GT) apresentou luminosidade intermediária, coloração mais avermelhada e amarelada se comparada com as demais, já com relação à desenvolvida com redução de açúcar refinado (GR) adicionado apresentou-se mais escura que as demais. A bala de amido desenvolvida (AD) obteve os maiores índices de luminosidade (mais clara), com a coloração menos avermelhada.

Estudos realizados por Silva *et al.* (2019) demonstraram que as polpas de tamarindo integrais obtiveram 26,25, 8,18 e 13,08 para valores de luminosidade e intensidades a^* e b^* , respectivamente. No presente trabalho, pode-se comprovar que o tratamento térmico e a adição de açúcar nas polpas aumentaram a luminosidade, mas diminuíram os índices de cromaticidade, obtendo um produto menos marrom-avermelhado do que a polpa em si. As amostras das balas AD podem ter ficado mais claras devido à elevação de maltodextrina contida no amido (SILVA *et al.*, 2019).

A Tabela 4 apresenta os dados de pH e acidez para a polpa de tamarindo e para as diferentes composições das balas desenvolvidas. Para os valores encontrados nas análises de pH, foi possível constatar que não houve diferença significativa entre os tratamentos, a polpa de tamarindo apresentou resultado semelhante ao relatado no trabalho de Maia (2018), uma média de 2,36 para polpa de tamarindo concentrada proveniente da safra de 2015.

Todavia, tais medidas estão inferiores a faixa de potencial hidrogeniônico característico da formação de géis firmes, que é de 3,0 a 3,5, valor este que confere resistência ao fenômeno nomeado de sinérese, que ocorre devido à interação retomada entre as cadeias de amido, resultando na exsudação da água (LOBO; SILVA, 2003).

As balas desenvolvidas com gelatina também não apresentaram um gel fraco, como pode ser observado nos testes de dureza. Portanto, a qualidade do produto pode não ser comprometida, uma vez que não se distingue das características especificadas para o produto e do fruto empregado no preparo (ABREU; MOURA; DAMIANI, 2020).

Tabela 4 - Análise de pH e acidez da polpa de tamarindo e das balas de gelatina desenvolvidas

Amostra	pH	Acidez (%)
GT	2,71 ± 0,00 ^a	1,16 ± 0,05 ^c
GR	2,89 ± 0,01 ^a	1,53 ± 0,11 ^b
AD	2,42 ± 0,03 ^a	1,08 ± 0,00 ^c
P	2,29 ± 0,03 ^a	2,58 ± 0,01 ^a

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: GT: Bala de gelatina tradicional; GR: Bala de gelatina com redução de açúcar refinado; AD: Bala de amido desenvolvida; P: Polpa de tamarindo.

Nota: Médias ± Desvios Padrão seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparação entre tratamentos) não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Conclusão

Diante do exposto, conclui-se que foi possível a elaboração de balas de goma compostas com gelatina ou amido utilizando da polpa natural de tamarindo, além da redução do açúcar refinado adicionado. A bala de gelatina se destacou em comparação a de amido por apresentar características mais semelhantes as balas comerciais, resultou em um produto com boa textura e cor adequada, podendo ser uma alternativa para este tipo de produto com foco em saudabilidade, pela redução de uso de aditivos sintéticos, como corantes e aromas artificiais. As balas de goma com adição de polpa de frutas naturais que exploram a biodiversidade devem continuar sendo pesquisadas por serem uma boa alternativa de adição de fibras e nutrientes aos confeitos muito apreciados por crianças e jovens, principalmente.

Agradecimentos

À Universidade Federal de São Joao del-Rei (UFSJ) a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPE) e a Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis (PROAE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Referências

ABESO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E SÍNDROME METABÓLICA. **Mapa da Obesidade**, 2019. Disponível em: <https://abeso.org.br/obesidade-e-sindromemetabolica/mapa-da-obesidade/>. Acesso em: 29 mai. 2023.

ABICAP - Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas. **Mercado de Balas**, 2022. Disponível em: <https://www.abicab.org.br/paginas/balas/mercado-2019-1/>. Acesso em 09 jun. 2023.

ABREU, D. J. M. de; MOURA, P. L. D.; DAMIANI, C. Development of pasty and bulk sweet of tamarind: physical-chemical parameters and evaluation of antioxidant capacity. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e841974834, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.4834. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4834>. Acesso em: 22 oct. 2023.

AMARAL, S. M. B. *et al.* Uso do tamarindo no desenvolvimento de produtos alimentícios: uma revisão. **Recima21 -Revista Científica Multidisciplinar**, [S. l.], v. 3, n. 5, p. e351403, 2022. DOI: 10.47820/recima21.v3i5.1403. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/1403>. Acesso em: 22 out. 2023.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 265, de 22 de setembro de 2005. Aprova Regulamento Técnico sobre Normas Técnicas para Balas, Caramelos e Similares. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: ANVISA, 22 set 2005.

AVELAR, M. H. M *et al.* Desenvolvimento de balas de goma elaboradas com frutas do Cerrado. **Magistra**. [S. l.], v. 28, n. 1, p. 21–28, 2017. Disponível em: <https://www3.ufrb.edu.br/magistra/index.php/magistra/article/view/163>. Acesso em: 22 out. 2023.

AZEVEDO, R. A. *et al.* Bala de fruta estruturada com colágeno e gelatina. **Anais do Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica**, Campinas - SP, Brasil, 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 265 de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Balas, Bombons e Gomas de mascar. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0265_22_09_2005.html.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Na cozinha com as frutas, legumes e verduras**. Brasília: Ministério da Saúde. 2016.

BRASIL. MS - MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Biblioteca Virtual em Saúde: Obesidade**. 2009. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/obesidade-18/>. Acesso em: 29 mai. 2023.

BRASIL. MS - MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Sobrepeso e obesidade como problemas de saúde pública**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/eu-queiro-terpeso-saudavel/noticias/2022/sobrepeso-e-obesidade-como-problemas-de-saude-publica>. Acesso em: 29 mai. 2023.

CARVALHO, R. N. *et al.* Procedimento de determinação da dureza e pegajosidade de arroz polido cozido em texturômetro. **EMBRAPA**. Goiás, 2015. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138723/1/Com-Tec-227.pdf> >. Acesso em: 22 out. 2023.

EXAME. **Aditivos presentes em doces e chiclete afeta células digestivas**, 2017. Disponível em: <https://exame.com/ciencia/aditivo-presente-em-doces-e-chiclete-afeta-celulas-digestivas/>. Acesso em 09 jun. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFPA)*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

FERREIRA, K. C. **Caracterização integral de frutos tamarindo (*Tamarindus indica* L.) do cerrado de Goiás, Brasil e aplicação em produtos drageados**. 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência

e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

GARCIA, E. I. *et al.* Balas mastigáveis de tamarindo produzidas no vale do São Francisco. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 62098–62116, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n6-541. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/31799>. Acesso em: 22 oct. 2023.

GOZZO, A. M. **Comportamento reológico e térmico de sistemas amido de amaranto-caseinato de sódio: efeito da adição de açúcar e tempo de acidificação**. 2008. 320p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2008.414564>. Acesso em 10 jun. 2023.

GURJÃO, K. C. O. *et al.* Desenvolvimento de frutos e sementes de tamarindo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000300004>.

HERMANSSON, N. M. *et al.* Differences in amylose aggregation and starch gel formation with emulsifiers. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, n. 1, p. 7-13, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.06.013>.

IAL – Instituto Adolf Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4 ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolf Lutz, 2008, 1020p

JACQUES, A. C.; CHIM, J. G. **Livro Didático na área de Tecnologia de Açúcar, Balas e Caramelo**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2021. Disponível em: < <https://meridapublishers.com/tabc/tabc.pdf> >. Acesso em: 22 out. 2023.

LAZZAROTTO, E. *et al.* Bala de gelatina com fibras: caracterização e avaliação sensorial. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 2, n. 1, p. 22-34, 2008. DOI: 10.3895/S1981-36862008000100003.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista De Nutrição**, v. 16, n. 2, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732003000200009>.

MAIA, J. L. **Estudo do despulpamento de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) e desenvolvimento de suco com acidez reduzida**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: < <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/41257> >. Acesso em: 22 out. 2023.

MAFALDO, I. M. **Elaboração de bala de goma adicionada de polpa de sapota (*Manilkarazapota* L.)**. 2018. 55f. Dissertação (Tecnólogo em Alimentos) - Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/26600>. Acesso em 10 jun 2023.

MARCELINO, J. S.; MARCELINO, M. S. **Doces industrializados**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2012. 41p.

PATHARE, P. B.; OPARAP.U. L.; AL-SAID, F. A-J. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, p. 36-60, 2013.

PEREIRA, P.C. *et al.* **A cultura do tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.)**. [S.I]: Virtual Books, 2011. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/tamarindo.htm#7%20-%20CLIMA>. Acesso em: 18 mai 2023.

SANTOS, B. F. S. *et al.* Balas artesanais biofortificadas com polpa de frutos do Cerrado. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**. 1ed. Editora Científica Digital, v. 5, p. 61-72, 2022. Disponível em: < <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/balas-artesanais-biofortificadas-com-polpa-de-frutos-do-cerrado> >. Acesso em: 22 out. 2023.

SILVA, E. I. G.; AZEVEDO, L. C. Balas mastigáveis de tamarindo produzidas no vale do São Francisco. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 6, p. 62098-62116, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-541>.

SILVA, E. O. *et al.* Evaluation of color in freeze-dried and integral tamarindo pulps. *In*: IV CONGRESS INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2019. **Anais eletrônicos [...]** CointerPDVAgro, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0108>. Acesso em: 08 jun 2023.

SILVA, M. S. *et al.* Produtos do tamarindo (*Tamarindus indica* L.) no sertão pernambucano: uma experiência de extensão tecnológica. **Revista Semiárido De Visu**, v. 8, n. 1, p. 105-116, 2020.

SOUZA, F. G.; BARBOSA, F. F.; RODRIGUES, F. M. Avaliação de geleia de tamarindo sem pectina e com pectina proveniente do albedo do maracujá amarelo. **Journal of Bionergy and Food Science**, v. 3, n. 2, p. 78-88, 2016.

CAPÍTULO 3

Elaboração de farinha de beterraba por secagem: otimização do processo e avaliação da composição nutricional

Isabela Garcia Ribeiro*¹, Lucas André Xavier da Silva², Lara Maria dos Santos Ferraz e Silva³, Gabriel Sthefano Lourenço Pereira³, Mariuze Loyanny Pereira Oliveira⁴, Claudia Regina Vieira⁵

Resumo

A beterraba (*Beta vulgaris subsp. Vulgaris conditiva*) é uma planta herbácea bienal, com flores, pertencente à família *Chenopodiaceae*, que inclui uma variedade de raízes comestíveis. A beterraba é um alimento extremamente versátil, com ampla aplicação na indústria alimentícia. Desta forma o objetivo deste estudo foi desenvolver uma farinha de beterraba, avaliando o método de obtenção, bem como avaliar a composição centesimal do produto elaborado. A beterraba foi submetida ao processo de secagem em temperaturas de 60, 70 e 80°C por um período de 10 horas. Através da curva de secagem, determinou-se que a combinação de temperatura de 80°C e tempo de 5 horas resultaram na farinha de beterraba com 8% de umidade, ideal para consumo. Após a secagem caracterizou a farinha quanto ao teor de proteína, umidade, cinzas, carboidratos totais, lipídeos e valor energético. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando a análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey para comparação de médias. O estudo revelou que a secagem da beterraba é um processo eficaz para obter farinha com baixa umidade e atividade de água, prolongando a vida útil do produto. Entretanto, os modelos matemáticos apresentaram coeficientes de correlação abaixo do ideal, indicando a necessidade de aprimoramento da cinética de secagem. A análise da composição físico-química revelou que a farinha de beterraba apresentou um teor proteico superior ($9,80 \pm 0,62$ g/100g) em relação a beterraba *in natura* ($7,26 \pm 0,16$ g/100g), os teores de lipídeos não foram afetados pela secagem, mantendo-se semelhantes em ambos os produtos. Já a beterraba *in natura* apresentou um teor superior de cinzas ($8,78 \pm 0,03$ g/100g) em relação a farinha de beterraba ($7,54 \pm 0,05$ g/100g). Os teores de carboidratos foram semelhantes nos dois produtos. Quanto ao valor calórico, a farinha de beterraba apresentou teor superior (373,34 Kcal) em relação a beterraba *in natura* (367,18 Kcal).

Palavras-chave: *Beta vulgaris*. Farinhas não convencionais. Secagem

¹ Engenheira de Alimentos UFMG.

² Mestrando em Alimentos e saúde da UFMG.

³ Doutoranda em Engenharia de Alimento/UNICAMP.

⁴ Mestre em Alimentos e Saúde da UFMG.

⁵ Docente do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

E-mail: lucasrpl1@gmail.com.

Introdução

A beterraba (*Beta vulgaris subsp. Vulgaris conditiva*) é uma planta herbácea bienal, com flores, pertencente à família *Chenopodiaceae*, que inclui uma variedade de raízes comestíveis. Originária do Oriente Médio, atualmente é cultivada e consumida em todo o mundo (BANGAR *et al.*, 2022).

É uma raiz fonte de nutrientes essenciais para o organismo, como vitamina C, ácido fólico, ferro, potássio e manganês. Além disso, a raiz é rica em nitratos, compostos que podem ajudar a reduzir a pressão arterial e melhorar a circulação sanguínea. A presença de antioxidantes na beterraba também é notável, os quais possuem a capacidade de prevenir o dano celular causado pelos radicais livres e reduzir o risco de doenças crônicas, como câncer e doenças cardiovasculares (CHEN *et al.*, 2018).

A beterraba é um alimento extremamente versátil, com uma ampla gama de aplicações na indústria alimentícia. Além disso, a beterraba é cultivada em diversos tipos de solo e clima, tornando-se uma opção acessível e popular em todo o mundo. No Brasil, a beterraba é cultivada principalmente em São Paulo, Minas Gerais e Paraná, e é utilizada na produção de açúcar, corantes alimentícios, farinhas e em diversos pratos culinários, como saladas, sopas, sucos e até mesmo sobremesas (BANGAR *et al.*, 2022).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), define farinha como o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos adequados (BRASIL, 1978).

A farinha de beterraba é um produto obtido a partir do processamento da raiz da beterraba. Após a colheita, a beterraba é lavada, descascada e cortada em pequenos pedaços. Em seguida, ela é seca em estufas ou secadores, a fim de reduzir o teor de umidade da matéria-prima e evitar a proliferação de micro-organismos. Posteriormente, a beterraba é triturada e moída até se obter uma farinha fina e homogênea (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2011).

Para a produção de farinha de beterraba, a secagem é uma etapa essencial do processo. Diversos métodos de secagem podem ser empregados, incluindo a secagem em estufa, a liofilização e a secagem em camada de espuma, conhecida como foam mat drying. O uso de técnicas de secagem adequadas é importante para a preservação das propriedades nutricionais da beterraba e para a obtenção de uma farinha de qualidade (SILVA JÚNIOR; MORAIS; MACIEL, 2013).

Além disso, a umidade adequada na farinha de beterraba também é importante para garantir sua estabilidade durante o armazenamento, evitando a proliferação de micro-organismos (PEREIRA *et al.*, 2020). Com isso, é possível obter uma farinha de beterraba com alta qualidade nutricional e sensorial, que pode ser utilizada em diferentes aplicações na indústria alimentícia. Estudos têm demonstrado que a farinha de beterraba pode ser utilizada como um ingrediente funcional em produtos de panificação

sem glúten, proporcionando melhorias nas propriedades físico-químicas e sensoriais dos mesmos (AMORIM, 2015). A inclusão de farinha de beterraba em biscoitos recheados sem glúten e lactose também foi avaliada sensorialmente, tendo apresentado boa aceitação pelos consumidores (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Este trabalho é crucial para a elaboração de farinha de beterraba utilizando um método de secagem apropriado e para avaliar sua composição centesimal. A farinha de beterraba é um ingrediente promissor, rico em nutrientes e antioxidantes, com potencial para ser usado na formulação de alimentos saudáveis e com propriedades nutricionais diferenciadas. No entanto, a disponibilidade comercial dessa farinha é limitada e há uma escassez de pesquisas científicas a respeito dela. Portanto, este estudo desempenha um papel relevante ao preencher essa lacuna de conhecimento e explorar o potencial da farinha de beterraba na indústria alimentícia.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo elaborar uma farinha de beterraba pelo método de secagem e avaliar sua composição centesimal.

Material e Métodos

Obtenção da beterraba

As etapas de desenvolvimento e análises do trabalho foram desenvolvidas nos Laboratórios de Tecnologia de Produtos Vegetais e Sanidade Animal, ambos localizados no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG), Campus Montes Claros. O trabalho foi desenvolvido utilizando como matéria-prima a beterraba (*Beta vulgaris*. L.), adquirida no comércio local da cidade de Montes Claros (MG). As beterrabas foram escolhidas de acordo com as características do vegetal, como tamanho de aproximadamente 7 a 12 centímetros e maturação com a coloração vibrante e uniforme e de textura firme e sólida.

Preparo da Matéria-prima

O preparo da matéria-prima seguiu o método descrito por Yuyama *et al.* (2008), com algumas adaptações. Inicialmente, as beterrabas foram higienizadas da seguinte forma: foram lavadas em água corrente e depois imersas em água clorada 300 ppm por 15 min. Em seguida, foram lavadas novamente em água corrente para retirar o excesso de resíduo do cloro. As beterrabas foram descascadas manualmente com utensílios (facas inox) previamente sanitizadas. A polpa foi cortada em formato circular de tamanhos semelhantes e raladas em triturador doméstico com lâmina raladora e granuladora (Mondial-Turbo Chef MPN-01-B Funções 1000W).

Secagem da beterraba

O processo de secagem da beterraba foi realizado em um secador a gás com circulação de ar forçada (*Polidreyer PD-25*), que contém 10 bandejas perfuradas de 1m² cada e com controle de temperatura (Figura 1). A secagem foi conduzida em duplicata nas temperaturas de 60, 70 e 80°C, com velocidade fixa do ar de secagem (1,5 m/s), direcionada a beterraba.

Para construir a curva de secagem, a beterraba ralada foi distribuída dentro de peneiras circulares de inox (Figura 1), previamente identificadas e com pesos conhecidos, que foram colocadas sobre a bandeja do secador. Cada ciclo de secagem teve duração de 1 h, após a qual as peneiras foram pesadas em balança digital e retornaram ao secador por mais uma hora. Esse processo foi repetido a cada hora, em diferentes condições de secagem, até se completar um ciclo de 10 h.

Figura 1 - Secador e peneira utilizados no processo de elaboração da farinha de beterraba



Fonte: Dos autores, 2023.

As curvas de cinética de secagem foram ajustadas utilizando o modelo exponencial que relaciona a taxa teor de umidade com o teor de umidade inicial e o tempo de secagem, adotado anteriormente por Cano-Chauca *et al.* (2004).

O modelo exponencial (Eq. 1) foi ajustado aos dados experimentais mediante análise de regressão não-linear.

$$\frac{U}{U_0} = e^{-k} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

U = teor de umidade no tempo t (% base úmida)

U_0 = teor de umidade inicial (% base úmida)

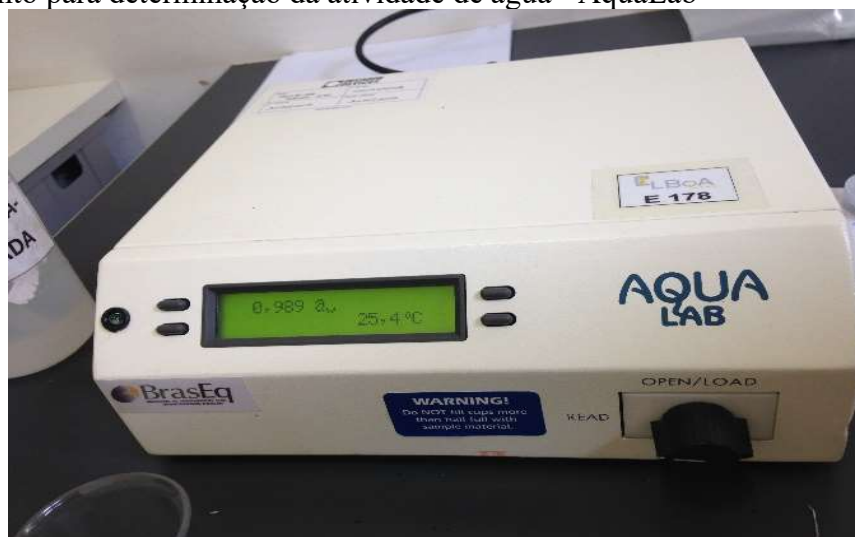
k = constante de secagem

t = tempo de secagem (minutos)

A farinha de beterraba desidratada, que apresentou teor de umidade final inferior a 12% foi escolhida para a continuidade da pesquisa.

Nos produtos desidratados, foi determinada a atividade de água (a_w) em leitura direta utilizando-se o equipamento Aqua Lab Series 3TE (Figura 2), no Laboratório de Bioquímica de Alimentos do Departamento de Alimentos da UFMG (FAFAR/UFMG), Campus Pampulha.

Figura 2 - Equipamento para determinação da atividade de água - AquaLab



Fonte: Dos autores, 2023.

Preparo da farinha de beterraba

Após a etapa de recebimento, higienização e corte da matéria-prima a beterraba foi colocada de forma espaçada nas bandejas do secador e desidratada na temperatura ótima previamente determinada na curva de secagem. Posteriormente, a amostra foi submetida à trituração em um liquidificador doméstico (Mondial-Turbo Chef MPN-01-B Funções 1000W) a farinha foi peneirada em peneira doméstica para uniformização dos grânulos (70 mesh). Foi utilizada a etapa de torrefação, com a finalidade de aumentar a vida útil do produto e melhorar suas características sensoriais, foi utilizada uma frigideira (Tramontina antiaderente). Nesta última etapa, a farinha já peneirada foi distribuída pela frigideira, deixando uma camada fina e uniforme, e então foi aquecida em um fogão doméstico a gás com chama baixa, com agitação constante para evitar a queima do produto, finalizou a torrefação quando o produto apresentou tonalidade marrom avermelhada.

Composição centesimal da matéria-prima e da farinha

As análises de composição centesimal e valor energético foram realizadas no produto *in natura* e na farinha, sendo os dados obtidos em triplicata de acordo com as metodologias descritas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1997).

O teor de umidade foi determinado em uma estufa microprocessadora com circulação e renovada (Sterilifer SX CR/42) a 105°C até peso constante. A determinação do teor proteico seguiu-se o método de Kjeldahl, que se baseia nas etapas de digestão, destilação e titulação, que estipula a porcentagem total de nitrogênio da amostra e multiplica-se pelo fator de correção pré-determinado de 6,25. O extrato etéreo foi determinado pelo método de Soxhlet. Na análise do teor de cinzas totais, as amostras foram obtidas por incineração do material em mufla (Quimis) a 550°C. Já o teor de carboidratos totais foi determinado por diferença [100- (proteína + cinzas+ lipídeos)]. O pH foi analisado com o uso do medidor de pH de bancada seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

O valor energético foi calculado com os dados da composição centesimal, utilizando os fatores de conversão de Atwater de 4 Kcal/g para carboidratos e proteínas e 9 Kcal/g para lipídeos, multiplicando a quantidade de cada nutriente pelo seu respectivo fator de conversão. Posteriormente, os valores encontrados são somados obtendo assim o valor energético da porção (BRASIL, 2005).

Análise estatística

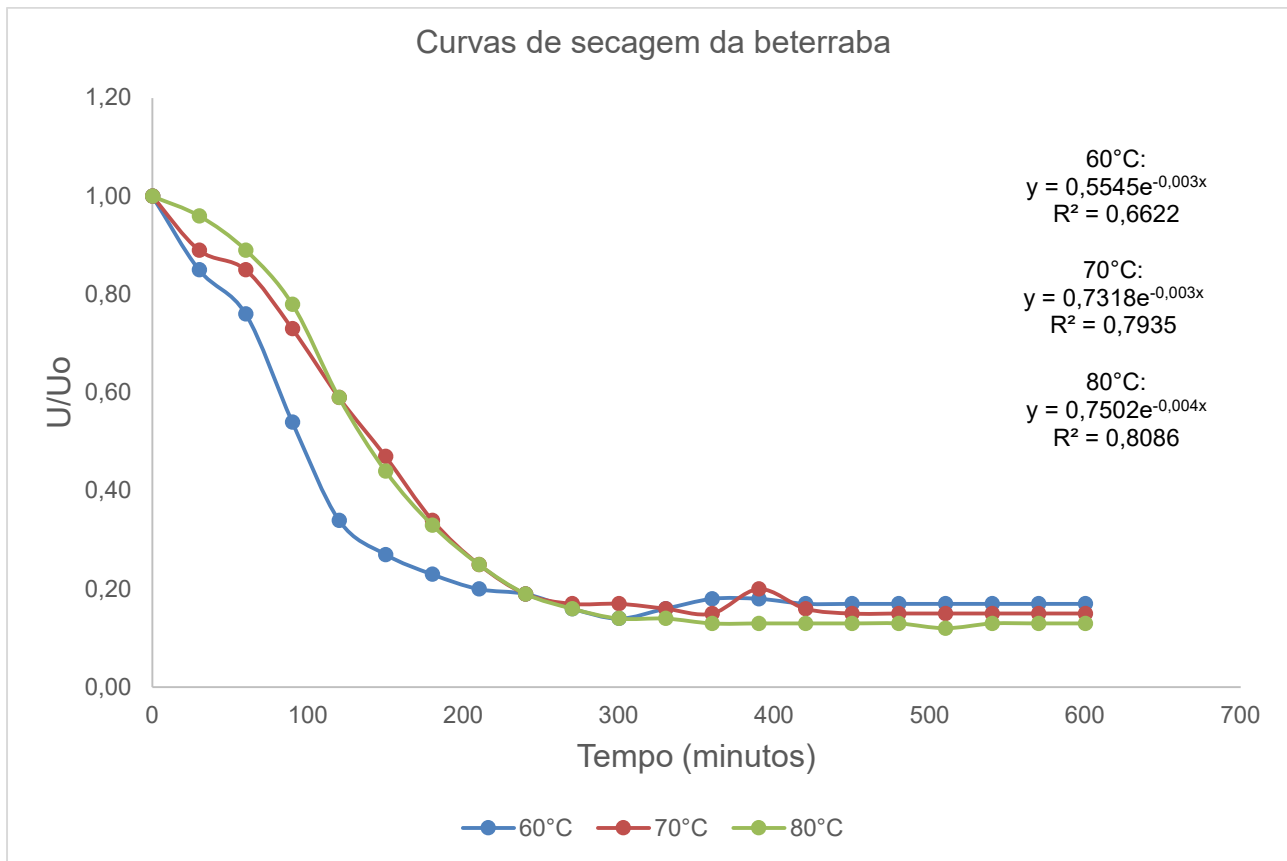
Para comparar os resultados obtidos, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) de fator único, seguida do Teste de Tukey para comparação de médias com intervalo de confiança 95% ($p \leq 0,05$). Essa análise foi realizada utilizando o *software* SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2008).

Resultados e Discussão

Secagem da beterraba

A Figura 3 apresenta a variação no teor de umidade adimensional (U/U_0) da beterraba em função do tempo de secagem para as temperaturas de 60, 70 e 80°C. Pode-se observar que existe uma fase de estabilização da umidade da beterraba após aproximadamente 3 h e 30 min de secagem porque parte significativa da umidade está livre na superfície do alimento e é facilmente removida.

Figura 3 - Curvas de secagem da beterraba nas temperaturas de 60, 70 e 80°C



Fonte: Dos autores, 2023.

De acordo com Cano-Chauca *et al.* (2004), após um período mais longo de secagem, as diferenças aumentam em virtude da resistência interna ao transporte de massa d'água e em temperaturas mais elevadas, a água tende a interagir com os grupos polares das moléculas dos constituintes, fazendo com que a taxa de secagem seja maior. Ou seja, quanto maior a temperatura de secagem, mais facilmente a água será removida.

De acordo com os modelos matemáticos, para atingir teor de umidade inferior a 12% seriam necessárias 6 horas de secagem nas temperaturas de 60 e 70°C e 5 horas na temperatura de 80°C.

Analisando os resultados apresentados é possível observar que os resultados não possuem coeficientes de correlação ideal, com R^2 variando de 0,6622 a 0,8086. Cano-Chauca *et al.* (2004) e Borges *et al.* (2010) relacionam bons modelos do tipo com aplicação adequada da cinética de secagem, tanto física como estatisticamente para obtenção de uma faixa entre 0,98 e 0,99.

Os valores de atividade de água analisados na beterraba in natura e nas beterrabas desidratadas a 60, 70 e 80°C foram de respectivamente $0,995 \pm 0,02$, $0,418 \pm 0,01$ e $0,383 \pm 0,08$. Valores baixos de atividade de água de um alimento permitem a criação de barreiras para inibição de microrganismos, o que consequentemente aumenta a vida de prateleira do produto (PEREIRA *et al.*, 2020).

Caracterização físico-química

A Tabela 1 apresenta a composição da beterraba in natura e da farinha de beterraba obtida pela secagem a 80°C por 5 h. Analisando os dados da Tabela 1, pode-se observar a perda de umidade durante o processo de produção da farinha de beterraba na farinha elaborada. Isto ocorre devido a utilização de calor para a secagem da matéria-prima e da torra, sendo duas etapas fundamentais para a produção de uma farinha com baixa umidade e conseqüentemente menor carga microbiana (PEREIRA *et al.*, 2020).

Em relação às proteínas, a farinha de beterraba apresentou um teor superior (9,80 ± 0,62 g/100g) em comparação à beterraba *in natura* (7,26 ± 0,16 g/100g), respectivamente. Isso pode ser explicado pelo processo de produção da farinha de beterraba, que envolve a remoção da água e a concentração dos nutrientes, incluindo as proteínas (CROCETTI *et al.*, 2016). O teor proteico da farinha de beterraba foi superior as farinhas de arroz (1,3 g/100g), milho (7,2 g/100g) e mandioca (1,6 g/100g) (TACO, 2011). No entanto o teor proteico encontrado foi menor em relação ao encontrado por Oliveira *et al.* (2013), que reportaram valor superior (13,64g/100g) também em farinha de beterraba.

Tabela 1 - Composição centesimal média da beterraba *in natura* e da farinha de beterraba, em base seca (g/100g)

Composição (g/100 g)	Beterraba <i>In natura</i>	Farinha de beterraba
Umidade	10,5 ± 0,25 ^a	7,02 ± 0,75 ^b
Matéria Seca	89,50 ± 0,13 ^a	82,98 ± 0,64 ^a
Proteínas*	7,26 ± 0,16 ^b	9,80 ± 0,62 ^a
Lipídeos*	0,46 ± 0,08 ^a	0,46 ± 0,03 ^a
Cinzas*	8,78 ± 0,03 ^a	7,54 ± 0,05 ^b
Carboidrato*	83,50 ± 0,28 ^a	82,50 ± 0,33 ^a
Valor calórico**	367,18 ± 0,09 ^a	373,34 ± 0,17 ^a

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Valores expressos por média ± desvio padrão. *Valores expressos em base seca. ** Valor calórico em Kcal. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ao nível de 5% entre beterraba in natura e a farinha de beterraba.

Quanto aos lipídeos, não houve diferenças estatística ($p \leq 0,05$) entre a beterraba in natura e a farinha de beterraba, ou seja, apresentaram valores semelhantes (0,46 ± 0,08 e 0,46 ± 0,03 g/100g, respectivamente), indicando que o processo de secagem não afetou significativamente o teor de lipídeos na farinha de beterraba, valor semelhante (0,36g/100g) encontrado no estudo de Crocetti *et al.* (2016). Já em relação às cinzas, a beterraba in natura apresentou um teor superior (8,78 ± 0,03 g/100g) em comparação à farinha de beterraba (7,54 ± 0,05 g/100g), o que pode ser explicado pela maior

concentração de minerais na beterraba *in natura*, fato que difere do trabalho (SILVA *et al.*, 2020), que encontraram valores superiores para cinza em relação ao aumento de temperatura, essa diferença nos resultados podem estar atribuída também a metodologia analítica empregada e as condições de processamento.

Em relação aos carboidratos, a beterraba *in natura* e a farinha de beterraba apresentam valores semelhantes (83,50 e 82,50 g/100g, respectivamente). Isso pode ser explicado pelo fato de que os carboidratos representam a maior parte da composição da beterraba e não sofreram alterações significativas durante o processo de secagem. Os carboidratos totais foram superiores aos encontrados por Crocetti *et al.* 2016 (48,52g/100g) e semelhante aos reportados por Silva *et al.* 2020, que encontraram $83,92 \pm 0,31$ g/100g para carboidratos totais a temperatura de 70°C.

Por fim, observou-se que o valor calórico da farinha de beterraba foi maior em comparação à beterraba *in natura*, o que pode ser explicado pela concentração mais elevada de proteínas na amostra de farinha de beterraba. Os resultados obtidos para a farinha de beterraba demonstraram valores superiores em comparação com os dados mencionados por Gouvea *et al.* (2020), os quais relataram um valor de 265,63 (Kcal) para a farinha obtida a partir da raiz de beterraba.

De forma geral, os resultados da Tabela 1 sugerem que o processo de secagem utilizado para a produção da farinha de beterraba não afeta significativamente a composição centesimal do produto em relação à beterraba *in natura*, com exceção do teor de umidade e de cinzas.

Conclusão

A partir do trabalho, verifica-se que a secagem da beterraba é um processo eficaz para a obtenção de farinha de beterraba com baixa umidade e atividade de água, o que contribui para aumentar a vida de prateleira do produto. Além disso, o processo de secagem permitiu a concentração das proteínas presentes na beterraba, resultando em um teor superior na farinha em comparação com a beterraba *in natura*. No entanto, é importante destacar que os modelos matemáticos utilizados para avaliar a secagem da beterraba apresentaram coeficientes de correlação abaixo do ideal, indicando a necessidade de aprimoramento da cinética de secagem empregada.

Referências

AMORIM, A. C. O. **Farinha de beterraba como ingrediente funcional em produtos de panificação sem glúten**. 2015. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

ARAÚJO FILHO, D. G. D. *et al.* Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, p.207-214, 2011. DOI: 10.4025/actasciagron.v33i2.4885.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**. 16a. ed. 3a. rev. Gaithersburg, MD: AOAC International, 1997.

BANGAR, S. P. *et al.* Beterraba como um novo ingrediente para suas diversas aplicações em alimentos. **Food Reviews International**, 1-22. 2011. DOI: 10.1080/87559129.2021.1987903.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução **CNNPA** n. 12, de 24 de Julho de 1978. **Diário Oficial** [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 jul. 1978. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnnpa/1978/res0012_30_03_1978.html. Acesso em: 07 mai. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial** [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 08 mai. 2023.

BORGES, S. V.; *et al.* Secagem de bananas prata e d'água por convecção forçada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 605-612, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v30n3/v30n3a06.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2017.

CANO-CHAUCA, M. N. *et al.* Curvas de secagem e avaliação da atividade da banana passa. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 121-132, jan./jun. 2004. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/alimentos/article/view/1184/985>. Acesso em: 10 mai.2023.

CROCETTI, A. *et al.* Determinação da composição centesimal a partir de dois métodos. **Visão acadêmica**. v.17. n. 4, p. 22 – 35, 2016.

CHEN, L. *et al.* Beterraba como um alimento funcional com enormes benefícios para a saúde: antioxidante, antitumoral, função física e atividade metabólica crônica. **Food Science & Nutrition**, v. 9, n. 11, p. 6406-6420, 2021. DOI: 10.1002/fsn3.2577

FERREIRA, D. F. SISVAR: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Acesso em: 08 mai. 2023.

GOUVEA, I. F. S. *et al.* Caracterização física e química de farinha de talo de beterraba/Physical and chemical characterization of beet stalk flour. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.3, p. 15814-15823, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-452>. Acesso em: 09 mai. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.

OLIVEIRA, L. P. *et al.* Avaliação e composição nutricional da farinha de beterraba e sua utilização no preparo de sobremesas. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, Caçador, v. 2, n. 1 (Suplemento), p. 13-19, 2013. Disponível em: <

http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_33047.pdf >. Acesso em: 7 mai. 2023.

OLIVEIRA, R. *et al.* Avaliação sensorial de biscoito recheado diet com adição de farinha de beterraba isento de glúten e lactose. *In: ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFSUL – CAMPUS BAGÉ*, 6, 2022, Bagé. **Anais eletrônicos [...]**. Bagé: IFSUL, 2022. Disponível em: <http://www2.bage.ifsul.edu.br/encif2022/inscricao/pdf/20221019113521000000.pdf>. Acesso em: 09. mai. 2023.

PEREIRA, J. A. *et al.* Modelagem matemática da cinética de secagem em camada de espuma da folha da gravioleira (*Annonamuricata*Linn) e caracterização do pó obtido. **Research, Society and Development**, v. 9, n.4, e28119428411, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i4.2811.

SILVA, V. M. A. *et al.* Influência da temperatura na composição físico-química da farinha de beterraba. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, e2021199, 2020.

SILVA JÚNIOR, M. E.; MORAIS, B. D. M.; MACIEL, M. I. S. Secagem por atomização de polpa de ciriguela (*Spondias purpúrea* L.): influência das variedades de processos e sua qualidade. *In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO*, 13, 2013, Recife. **Anais eletrônicos [...]**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R0321-1.pdf>. Acesso em: 09. mai. 2023.

TACO - **Tabela brasileira de composição de alimentos** / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011. 161 p. Disponível em: http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 08 mai. 2023.

YUYAMA, L. K. O. *et al.* Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryumaculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 408-412, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/8JjqghmmPWw6YhXBpgS3Tnv/?lang=pt&format=html>>. Acesso em: 07 mai. 2023.

CAPÍTULO 4

Desenvolvimento e avaliação da qualidade de antepastos a base de Kefir

Lais da Costa Silva¹; Nathally Stefany Garcia²; Juliana Cristina Sampaio Rigueira Ubaldo³; Christiano Vieira Pires³; Aline Cristina Arruda Gonçalves*³

Resumo

Em busca de uma melhor qualidade de vida, os consumidores têm demonstrado cada vez mais interesse por alimentos que possuam benefícios à saúde. O Kefir é um leite fermentado obtido a partir de seus grãos com potencial probiótico. Este trabalho teve como objetivo desenvolver formulações tipo antepasto à base de Kefir *labneh* com potencial funcional, sabores frango com abacaxi e tomate seco e avaliar as características físico-químicas e aceitação sensorial. Também foram realizadas análises físico-químicas para a bebida Kefir, da qual resultaram os antepastos e do Kefir *labneh* base. A acidez titulável da bebida Kefir foi de 0,71 g de ácido láctico/100 g. Não houve diferença significativas ($p > 0,05$), entre as amostras de antepastos (base e formulações) para os valores de pH analisados. Quando se avalia a acidez do Kefir *labneh* base e das formulações de antepastos, a acidez do antepasto de tomate seco foi superior (0,66 g de ácido láctico/100 g) em comparação com as outras amostras. Foram encontrados teores de umidade de 81,6%, proteína 5,17 %, cinzas 0,73% e gorduras totais 8,36% no Kefir *labneh*. Já no antepasto a base Kefir de frango com abacaxi, foram encontrados 77,64% de umidade, proteína 8,82%, cinzas 1,73% e gorduras totais 8,79% e no antepasto a base Kefir de tomate seco os teores de umidade foi de 73,47%, proteína 5,13%, cinzas 3,11% e gorduras totais 9,11%. Na análise sensorial as formulações de antepasto à base de Kefir tiveram boa aceitação sensorial, variando com nota média entre 7 e 8, que corresponde aos termos hedônicos “Gostei moderadamente” e “Gostei muito”. Dessa forma, os antepastos a base de Kefir demonstraram grande aceitação sensorial e potencial de mercado já que obtiveram intenção de compra positiva.

Palavras-chave: Leite fermentado. Novos produtos. Potencial funcional.

Introdução

A sociedade está cada vez mais exigente e em busca de alimentos saudáveis que possam para melhorar o bem-estar e a saúde. Com isso, os alimentos funcionais vêm se destacando no

¹ Discente de Iniciação Científica do curso de Engenharia de Alimentos; Universidade Federal de São João del Rei.

² Engenharia de Alimentos; Universidade Federal de São João del Rei.

³ Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos; Universidade Federal de São João del Rei.

*E-mail: acarruda@ufsj.edu.br

desenvolvimento de novos produtos, pois apresentam substâncias com funções biológicas, como os componentes bioativos. De forma geral, os alimentos funcionais contribuem para melhor qualidade de vida dos consumidores que priorizam hábitos alimentares saudáveis (CAMPOLINA *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2012).

Dentre os diversos alimentos que possuem propriedades funcionais e/ou de saúde se destacam os probióticos, e são definidos como microrganismos vivos que, consumidos adequadamente e em quantidades satisfatórias, possui inúmeros benefícios à saúde, que incluem além de efeitos nutricionais, o equilíbrio da flora intestinal (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Entre esses produtos, os leites fermentados têm destaque entre os consumidores e são definidos como produtos adicionados ou não de outras substâncias alimentícias, obtidas por meio da coagulação e diminuição do pH do leite, ou reconstituído, adicionado ou não de produtos lácteos, por fermentação láctica mediante ação de cultivos de microrganismos específicos. Dentre os leites fermentados estão: iogurte, leite acidófilo, Kefir, *Kumys* e coalhada (BRASIL, 2007).

A bebida Kefir é um produto resultante da fermentação do leite pelos grãos de Kefir, que apresenta uma combinação simbiótica de bactérias ácido lácticas, ácido acéticas e leveduras acoplados em uma matriz de proteínas e polissacarídeos (DIAS *et al.*, 2018). O Kefir tem como característica possuir um sabor diferenciado, com efeito efervescente, resultante do processo de fermentação onde os principais produtos obtidos são o ácido láctico, etanol e CO₂, proporcionando uma bebida com baixo teor alcoólico e acidez (LEITE *et al.*, 2013).

O nome Kefir é oriundo da palavra turca Keif, que significa “bem-estar” devido aos benefícios relacionados ao seu consumo. A bebida possui origem nas montanhas do Cáucaso, e é bastante consumida na Europa Oriental, Rússia e Sudoeste Asiático. Seu consumo retrata uma tradição milenar em nutrição humana à 2.000 a.C. (BRACCINI *et al.*, 2021; LEITE *et al.*, 2013). Além disso, o Kefir pode ser conhecido por outros nomes, como: kefer, kefy, kephir, kepi, kiaphur, kipi e knapon (YERLIKAYA, 2014).

Os grãos de Kefir apresentam diâmetro variando entre 0,5 – 3,5 cm, volume de 0,5 – 20 mL/grão, possuem forma irregular de cor amarelada ou esbranquiçada e apresentam textura viscosa e firme (WESCHENFELDER *et al.*, 2009). São compostos por leveduras fermentadoras de lactose (*Kluyveromyces marxianus*) e leveduras não fermentadoras de lactose (*Saccharomyces omnisporus* e *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces exiguus*), *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium* sp. e *Streptococcus salivarius* subsp. *Thermophilus*) (BRASIL, 2007).

Devido ao seu potencial probiótico e a sua composição nutricional (vitamina B₁₂, vitamina K, triptofano, cálcio, magnésio e fósforo), o Kefir possui inúmeros benefícios à saúde dos consumidores, como: restauração da microbiota intestinal, melhora da digestão, minimização dos efeitos de

intolerância à lactose, redução de colesterol e propriedades antitumorais, efeito antioxidante, antibacteriano, anticancerígeno, antialérgico e anti-inflamatório (MENESTRINA *et al.*, 2016; ROSA, 2017).

No Brasil, a produção do Kefir ainda é, principalmente, em escala artesanal, sendo a principal forma de obtenção dos grãos através de doações nas redes sociais e entre pessoas conhecidas, onde há troca de informações sobre novas receitas e cultivos dos grãos (IRMÃO; COSTA, 2018). Entretanto, existem empresas, como a Keiff Kefir® que é líder de produção de Kefir no Brasil e oferece vários sabores e tipos de bebidas probióticas que se destaca no mercado oferecendo aos consumidores uma bebida saudável (MILK POINT, 2021).

A partir do Kefir, obtém-se o Kefir *labneh* que é a fração sólida, obtida através de filtração por aproximadamente 24 horas em temperatura média de 25 °C, o que resulta em um produto agradável e digerível, com sabor e textura similar ao queijo quark. Esse filtrado pode ser consumido puro ou servir como base para elaboração de outros produtos, como por exemplo, antepastos. Da fração líquida do filtrado, obtém-se o soro do leite, usado como matéria-prima na elaboração de bebidas lácteas ou até mesmo aplicação em modernas tecnologias para obter produtos utilizados nas indústrias alimentícias (WESCHENFELDER *et al.*, 2011).

Diante dos benefícios à saúde promovidos pelo consumo do Kefir, da falta de conhecimento do consumidor sobre o produto, da produção incipiente dos grãos e da crescente expansão do mercado para produtos funcionais, justifica-se o desenvolvimento de um produto a base de Kefir, que seja nutricionalmente saudável e agradável sensorialmente.

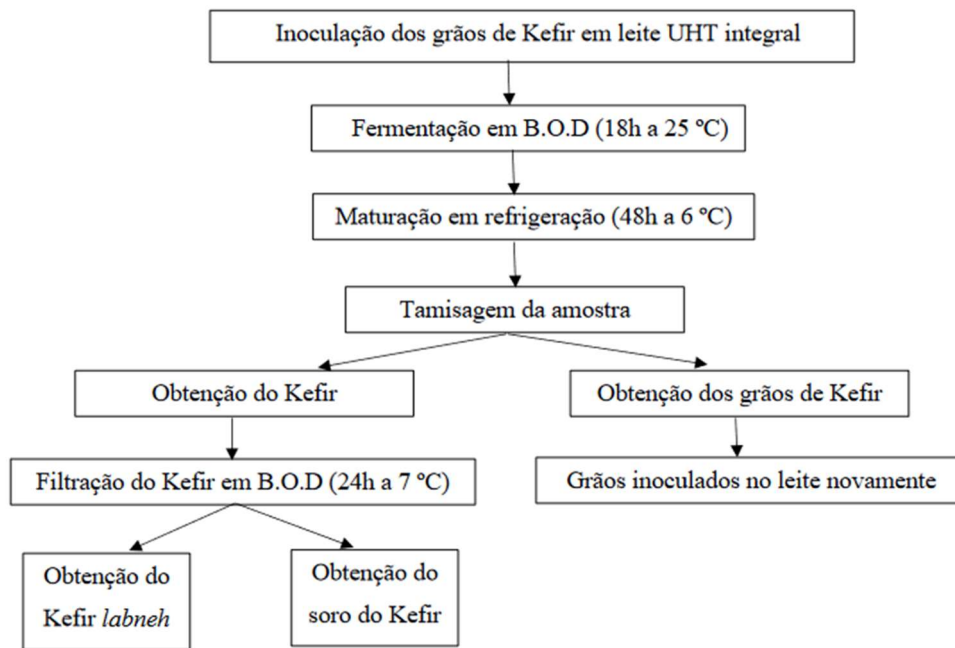
Nesse contexto, esse trabalho teve como objetivo a elaboração de formulações tipo antepasto à base de Kefir *labneh*, como opção de um novo produto com potencial funcional e analisá-los quanto às características físico-químicas e aceitação sensorial.

Material e Métodos

Para o preparo dos antepastos foram utilizados leite UHT integral, peito de frango desfiado, tomate seco a granel, sal e abacaxi *in natura*, adquiridos no comércio da cidade de Sete Lagoas – MG. Já os grãos de Kefir foram oriundos de doação.

A obtenção do *labneh*, usado na elaboração dos antepastos, foi baseada na metodologia utilizada por Weschenfelder *et al.* (2011), com modificações. Foram inoculados 300 g de grãos de Kefir em 3000 mL de leite UHT integral, em embalagens de vidro, previamente esterilizadas (divididos em três frascos, sendo que cada um continha 100 g de grãos de Kefir em 1000 mL de leite). A Figura 1 apresenta o processo de elaboração do Kefir *labneh*.

Figura 1 - Fluxograma das etapas para elaboração do Kefir *labneh*



Fonte: Adaptado de Weschenfelder *et al*, 2011.

A formulação e o processo de preparo dos antepastos, foram feitos inicialmente por meio de pré-testes para adequação das quantidades necessárias de matérias-primas para a elaboração do produto final. A escolha dos sabores, frango com abacaxi e tomate seco, foi baseada no estudo realizado por Garcia, *et al*. (2021). As matérias-primas utilizadas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Matérias-primas utilizadas para a elaboração dos antepastos

Antepasto frango com abacaxi	Antepasto tomate seco
240 g de frango desfiado cozido	193 g de tomate seco
290 g de abacaxi cozido	2,0 de sal de cozinha
2,0 g de sal de cozinha	7,5 g de açúcar
28 g de açúcar	370 g de Kefir <i>labneh</i>
370 g de Kefir <i>labneh</i>	

Fonte: Dos autores, 2023.

Previamente, o abacaxi foi submetido à higienização em água corrente para retirada de sujidades, em seguida, sanitizado, por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm durante 10 minutos, seguida de enxágue. O fruto sanitizado foi descascado manualmente com auxílio de uma faca e cortado em cubos de aproximadamente 1 cm.

Sob cocção, o abacaxi *in natura* foi adicionado do açúcar cristal por 4 minutos até desaparecer a água contida do abacaxi. O peito de frango temperado já desfiado, foi submetido a cocção durante 7 minutos. Com as matérias-primas prontas foram misturados com Kefir *labneh* até obter a consistência de antepasto.

Para elaboração do antepasto de tomate seco, primeiramente o tomate seco em conserva foi triturado com auxílio de mixer da marca Black & Decker por 30 segundos, e em seguida, foi adicionado o sal, açúcar e Kefir *labneh*, sendo posteriormente misturados. Depois de prontas, as duas formulações de antepastos foram armazenadas em embalagem de vidro sob refrigeração a temperatura de 8 °C, até o momento da avaliação sensorial e análises físico-químicas.

Avaliação das características físico-químicas e composição centesimal

Foram realizadas análises físico-químicas para a bebida Kefir, para o *labneh* e para as duas formulações de antepastos conforme os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). As análises foram realizadas em triplicatas.

A determinação da acidez titulável foi realizada para a bebida Kefir após a fermentação por 18 horas por meio da neutralização das amostras com a base NaOH 0,1 mol/L, utilizando fenolftaleína como indicador, sendo o resultado expresso em porcentagem (%) de ácido láctico. Já a determinação da acidez dos antepastos e do *labneh* base por ser uma solução de difícil visualização do ponto de viragem mesmo com adição de fenolftaleína, foi feito o método de acidez titulável por volumetria potenciométrica, em que, a amostra contendo uma solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L e se determina o ponto de equivalência através da medida do pH da solução. Assim, o resultado foi expresso em porcentagem (%) de ácido láctico.

Para o *labneh* base e as duas formulações de antepastos foram realizadas também as análises de pH, gorduras totais, proteínas, cinzas e umidade. A leitura do pH foi realizada por meio de potenciômetro de bancada da marca Cienlab, modelo mPA 210.

Para a determinação do teor de proteínas foi utilizado o método de *Kjeldahl*. O teor de cinzas foi realizado por meio da incineração em mufla a 550 °C. O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa das amostras a uma temperatura de 105 °C até adquirir peso constante. O teor de gorduras totais foi realizado pelo método de Roesse-Gottlieb.

Análise sensorial

Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética da UFSJ, de acordo com as diretrizes e normas

para as pesquisas com as pessoas, aprovada com o CAAE: 44624120.7.0000.5151.

A análise sensorial dos antepastos foi realizada em cabines individuais, sob luz branca no Laboratório de Análise Sensorial da UFSJ/CSL, com 105 avaliadores não treinados. A aceitação foi avaliada por meio do teste de aceitabilidade, por meio da escala hedônica estruturada de 9 pontos para os atributos cor, sabor, textura, aroma e avaliação global. As notas variaram de 1, correspondendo a “desgostei muitíssimo”, a 9, equivalente a “gostei muitíssimo”, segundo indicação de Minim (2018). Também foi avaliada a intenção de compra por meio da escala estruturada de 5 pontos, com os extremos “certamente não compraria” a “certamente compraria”. Para avaliação utilizou-se uma torrada tradicional, marca Bauducco®, de aproximadamente 2 x 2 cm como matriz. Aproximadamente 4 g do antepasto foram distribuídos sob as torradas e servidas aos avaliadores, em pratos descartáveis codificados com três dígitos, de forma monádica e aleatorizada.

Para avaliar se o fato de saberem que os antepastos eram elaborados a base de Kefir, alteraria a percepção do consumidor, após a avaliação realizada com as amostras codificadas, foi entregue uma outra ficha de avaliação, com a mesma escala usada anteriormente, contendo a informação de que os produtos eram a base de Kefir. Os resultados dessa avaliação foram analisados por meio de teste t para amostras pareadas.

Análise Estatística

A avaliação dos dados da análise sensorial e físico-químicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) realizadas por meio do programa Microsoft Excel 2019. Já para as análises físico-químicas, além da ANOVA, foi realizado o teste de comparação de médias através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A porcentagem média da acidez titulável obtida na bebida Kefir após a fermentação (18h) foi de 0,71 g de ácido láctico/100g. De acordo com o Padrão de Identidade e Qualidade para leites fermentados, o valor para acidez deve ser inferior a 1 g/100g de ácido láctico, portanto, a bebida elaborada está dentro dos limites previstos pela legislação (BRASIL, 2007). Um estudo feito por Cabral (2014) analisou amostras de Kefir não saborizado e Kefir sabor chocolate obtidas a partir de duas concentrações de grãos de Kefir e foram observados valores de acidez de 0,50 a 0,81 g de ácido láctico/100 g. Para o *labneh* base e as duas formulações de antepastos, os valores de acidez e do pH estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios de pH e acidez titulável seguidos do desvio padrão do *labneh* base e das formulações a base de Kefir após a filtração (24h)

Formulações	Após a filtração de 24 h	
	pH	Acidez (g ácido láctico/100g)
Labneh base	5,31 ± 0,02 ^a	0,51 ± 0,01 ^a
Frango com abacaxi	5,40 ± 0,08 ^a	0,56 ± 0,03 ^c
Tomate seco	5,20 ± 0,20 ^a	0,66 ± 0,02 ^b

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Valores seguidos de letras iguais, na coluna, não demonstram diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Conforme pode-se observar na Tabela 2, não houve diferença significativa entre as amostras para os valores de pH ($p > 0,05$). Weschenfelder *et al.*, (2011) avaliaram comportamentos de diferentes populações de grãos de Kefir e derivados juntamente com a caracterização físico-química e sensorial, encontraram valores de pH inferiores ao apresentado, variando entre 3,60 para a concentração de grãos/leite 1:10 e 3,71 para concentração de grãos/leite 1:5 após o período de incubação de 24 horas e maturação.

Em relação a acidez, pode-se observar que houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras do *labneh* base e das formulações dos antepastos, visto que, a acidez do antepasto de tomate seco foi superior em comparação com as outras amostras. Isto ocorreu devido ao efeito dos ácidos ascórbico e cítrico presentes no tomate. É importante ressaltar que o processo de desidratação, ao qual o tomate foi submetido, faz com que esses ácidos se apresentem ainda mais concentrados em relação ao tomate *in natura*, justificando a acidez mais elevada (CADIAN, 2015). Além disso, a presença de óleo vegetal, sal e orégano utilizado depois do processo de desidratação do tomate, visando a remoção parcial de água do alimento, e conseqüentemente o aumento do tempo de conservação do produto, pode ser um fator adicional para os valores de acidez (SANTOS, 2008). Já para o antepasto a base de Kefir e frango com abacaxi foi encontrado um valor de 0,56 g de ácido láctico/100 g, em decorrência da adição do abacaxi que contém ácidos orgânicos, como por exemplo, ácidos cítrico e málico (BOTREL, 2004). Os teores de umidade, proteínas, cinzas e gorduras totais do *labneh* base e das duas formulações de antepastos elaborados estão apresentados na Tabela 3.

Em relação ao teor de umidade, todas as amostras diferiram entre si ($p < 0,05$). Dessa forma, o antepasto de tomate seco apresentou o menor teor de umidade (73,43%), seguido do antepasto de frango com abacaxi (77,64%) e do *labneh* base (81,6%). Em um estudo realizado por Campolina *et al.* (2017), o teor de umidade obtido para antepasto elaborado de Kefir com 0% de semente de chia obteve valor de 80,63 % o que foi semelhante ao encontrado para o *labneh* base nesse estudo (81,6%). Quando adicionou-se 10 % de semente de chia obteve-se 74,05% e com 20 % de semente de chia, 68,88%.

Resultado semelhante foi relatado por Weschenfelder *et al.* (2011) que encontraram no kefir leban um percentual de 79,39% e 79,41%, utilizando as proporções de 1:10 e 1:5 de grãos para leite, respectivamente.

Tabela 3 - Valores médios percentuais seguidos de desvio padrão dos parâmetros da composição centesimal do Kefir *labneh* base e dos antepastos a base de Kefir, frango com abacaxi e tomate seco

Parâmetros	Formulações		
	<i>Labneh</i> base	Frango com abacaxi	Tomate seco Umidade
Umidade (%)	81,6 ± 0,57 ^b	77,64 ± 1,03 ^a	73,47 ± 0,48 ^c
Proteína (%)	5,17 ± 0,30 ^a	8,82 ± 0,74 ^b	5,13 ± 0,13 ^a
Cinzas (%)	0,73 ± 0,10 ^a	1,73 ± 0,19 ^b	3,11 ± 0,53 ^c
Gordura (%)	8,36 ± 0,20 ^a	8,79 ± 0,16 ^b	9,11 ± 0,18 ^c

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

No presente estudo, a presença de tomate seco no antepasto alterou a capacidade de remoção de água durante a análise devido ao processo de desidratação pelo qual o tomate é submetido fazendo com que o teor de umidade diminui.

Quando se compara o teor de proteínas entre o *labneh* base (5,17%) e do antepasto de tomate seco (5,13%) não há diferença significativa entre as duas amostras ($p > 0,05$), porém ao comparar o antepasto de frango com abacaxi com as demais amostras, obteve-se maior teor de proteínas (8,82%). Esse valor elevado está relacionado a presença do frango que apresenta alto teor de proteínas. Destaca-se que as proteínas de carne de frango são de boa qualidade e por isso fornecem ao organismo aminoácidos indispensáveis, sendo considerado como alimento saudável (VENTURINI *et al.*, 2007; GELINSKI *et al.*, 2015). Resultado semelhante foi relatado por Weschenfelder *et al.* (2011) que encontraram um percentual de 8,11% com concentração de grãos de leite 1:5 do Kefir *labneh*. Em um outro estudo, Weschenfelder *et al.* (2018) onde elaboraram formulações de queijo e soro do leite por meio da coagulação microbiana do leite utilizando grãos de Kefir e encontraram um teor de proteína de 9,10% na formulação produzida com grãos de Kefir e leite pasteurizado e 9,69% na formulação elaborada com 12% de leite em pó desnatado, leite pasteurizado e grãos de Kefir.

Em relação ao teor de cinzas, pode-se observar que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as três amostras analisadas. O Kefir *labneh* base, apresentou teor de 0,73%, enquanto o antepasto de frango com abacaxi e de tomate seco 1,73% e 3,11% respectivamente. Marchi *et al.* (2015) avaliaram diferentes populações de grãos de Kefir e derivados, como Kefir, Kefir *labneh* e soro de Kefir e encontraram teor de 1,19% de cinzas no Kefir do leite, enquanto Moreira (2019) encontrou um percentual de 2,37% de cinzas para queijo de Kefir.

No presente estudo, a formulação contendo tomate seco apresentou maior teor de cinzas (3,11%) em comparação com as outras amostras avaliadas. No processo de elaboração de tomate seco, o tomate *in natura* passa pelo processo de desidratação e adição de sal como ingrediente, nesse sentido, espera-se que o teor de cinza nessa formulação seja mais elevado que as demais. Estudos mostram que produtos à base de tomate processados, como por exemplo, extratos e purês apresentam 498 mg/100 g e 104/100 g de cloreto de sódio respectivamente (TACO, 2011). Abreu *et al.* (2013) avaliaram características físico-químicas de diferentes tomates secos em conserva e encontraram variações nos teores de sódio entre 11,9 a 1956,8 mg/100 g.

Da Silva e Okura (2021) analisaram um manjar de ameixa e coco elaborado com Kefir que apresentou um teor de gordura de 8,51%, valor próximo ao encontrado no Kefir *labneh* base (8,36%) e no antepasto de frango com abacaxi (8,79%). Já para o antepasto de tomate seco foi encontrado teor de gordura de 9,11%, valor este, relacionado à adição de azeite na elaboração do tomate seco o que explica essa maior variação no conteúdo de gordura.

Na Tabela 4, estão apresentados os resultados do teste de aceitação sensorial, realizado para as formulações de antepasto de frango com abacaxi e de tomate seco à base de Kefir.

Tabela 4 - Médias e desvio padrão dos resultados do teste de aceitação sensorial e intenção de compra das formulações de antepasto a base de Kefir sabores frango com abacaxi e tomate seco

Atributos analisados	Formulações	
	Antepasto a base de Kefir, frango com abacaxi	Antepasto a base de Kefir, tomate seco
Cor	7,78 ± 1,32*	8,16 ± 0,88*
Sabor	8,10 ± 1,08 ^{ns}	7,96 ± 1,08 ^{ns}
Textura	8,20 ± 0,97 ^{ns}	8,06 ± 1,19 ^{ns}
Aroma	7,71 ± 1,49 ^{ns}	7,74 ± 1,33 ^{ns}
Avaliação global	8,14 ± 0,96 ^{ns}	8,09 ± 1,03 ^{ns}
Intenção de compra	4,34 ± 0,84 ^{ns}	4,26 ± 0,78 ^{ns}

Fonte: Dos autores, 2023.

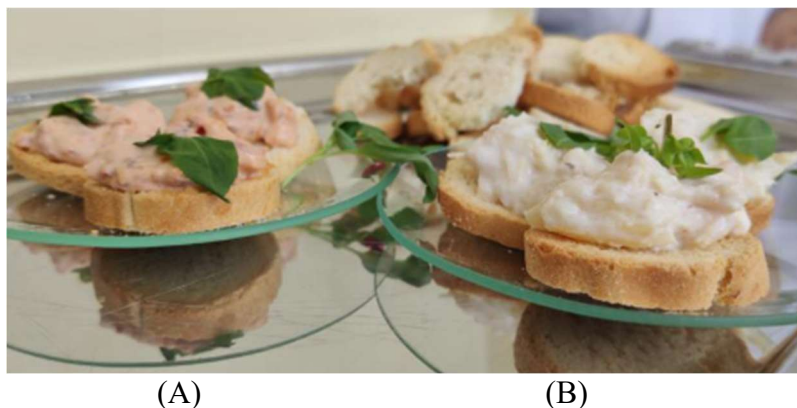
Nota: * Houve diferença significativa entre as amostras /ns. Não diferem significativamente entre si (p>0,5).

No estudo participaram 105 provadores não treinados, 57,15% eram do sexo feminino (n=60) e 42,85 % do sexo masculino (n=45), com idade entre 18 e 50 anos.

Para todos os atributos, com exceção da cor, não houve diferença significativa (p > 0,05), nas formulações de antepasto avaliadas. Ambas tiveram boa aceitação sensorial, variando com nota média entre 7 e 8, que corresponde aos termos hedônicos “Gostei moderadamente” e “Gostei muito”. Diante desses resultados percebe-se que os produtos agradaram o paladar dos avaliadores.

O atributo cor foi o único que obteve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as formulações, sendo que o antepasto a base de Kefir e tomate seco obteve nota maior, com média de (8,16) em relação ao antepasto a base de Kefir e frango com abacaxi (7,78). Essa diferença é possivelmente devido à cor vermelha do tomate seco que é mais intensa, ou seja, possui maior destaque em relação ao outro antepasto que possui coloração branca, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Imagens de antepastos a base de Kefir, sabores tomate seco (A) e frango com abacaxi (B)



Fontes: Dos autores, 2023.

Grando *et al.* (2016) elaboraram um patê de frango adicionado com microrganismo probiótico de Kefir enriquecido com cenoura e este apresentou boa aceitabilidade, obtendo avaliação entre 8 “Gostei moderadamente”, e 9 “Gostei extremamente”. Já Sperotto *et al.* (2017) ao avaliarem um queijo cremoso com adição de Kefir, tiveram média de aceitação de 8 equivalente a “Gostei muito”.

Em relação ao índice de intenção de compra, foi observado que as duas formulações obtiveram médias de 4, ou seja, “Possivelmente compraria”. Dessa forma, as formulações possuem potencial mercadológico, indicando que se fossem fabricados e comercializados teriam potencial de mercado e poderiam agradar os consumidores.

Os resultados também mostraram que os consumidores não alteraram de forma significativa ($p > 0,5$). sua resposta, em relação a aceitação do produto, quando lhe foi informado de que o produto era a base de Kefir (Tabela 5).

Esses resultados são importantes, visto que, o cultivo e consumo de Kefir e derivados ainda é pequeno no Brasil. Muitos consumidores não conhecem o produto e seus benefícios para a saúde, o que poderia influenciar negativamente a aceitação dos produtos avaliados.

Tabela 5 - Médias e desvio padrão de avaliação global e intenção de compra das formulações de antepastos, com e sem informação de que a base foi elaborada a partir de kefir *labneh*

Formulações	Atributos analisados			
	Avaliação global		Intenção de compra	
	Sem informação	Com informação	Sem informação	Com informação
Antepasto a base Kefir, frango com abacaxi	8,14 ± 0,96	8,11 ± 1,10	4,34 ± 0,84	4,42 ± 1,08
Antepasto a base de Kefir, tomate seco	8,09 ± 1,03	8,18 ± 1,08	4,26 ± 0,78	4,39 ± 0,94

Fonte: Dos autores, 2023.

No Brasil, ainda é pouco conhecido pela sociedade e deve-se ter mais divulgação/informações do Kefir para que as pessoas conheçam mais seus benefícios aumentando seu consumo e também para desenvolvimento de novos produtos à base de Kefir no mercado (DIAS, *et al.* 2020; SILVA, 2015).

O processamento do Kefir ainda é na sua maior parte realizada artesanalmente, e seus grãos são obtidos por meio de doação, assim, é necessário um cuidado e manutenção dos grãos. Por outro lado, sua produção e consumo em países como Estados Unidos, Europa e Japão já tem sido utilizado em escala industrial, devido aos benefícios à saúde e a sociedade está cada vez mais em busca por um estilo de vida mais saudável.

Conclusão

As duas formulações de antepasto a base de Kefir demonstraram grande aceitação sensorial para todos os atributos avaliados e também potencial de mercado já que obtiveram intenção de compra positiva. O fato de saber que os produtos eram provenientes de Kefir, não influenciou a percepção dos avaliadores que mantiveram boa aceitação sensorial em relação aos produtos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação (PROPE) - UFSJ pelo apoio. À FAPEMIG, CNPQ, FINEP e MAPA pelo suporte financeiro.

Referências

- ABREU, W. C. *et al.* Características físicas e químicas de tomates secos em conserva. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 31, n. 2, p. 237-244, 2013.
- BRACCINI, V. P. *et al.* Leite fermentado: kefir. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.3, p. 21121-21135, mar 2021.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. Adota o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 out 2007.
- BOTREL, N.; DA SILVA, L. F. S.; GOMES, A. S.; MARTINS, V. M. Influência do potássio na suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi pérola (*Ananas comosus* L.). **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 6, n. 1, p.17-23. 2004.
- CABRAL, N. S. M. **Kefir sabor chocolate: caracterização microbiológica e físico-química**. 2014. 84p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade De Nutrição Emília De Jesus Ferreiro, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2014.
- CADIAN, J. S. **Tipos de condução de hastes na produção e na qualidade de mini tomate em manejo orgânico**. 2015. 58 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Horticultura) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”.
- CAMPOLINA, G. A.; FARIA, M. A. S.; CARVALHO, N. B.; VILLANOEVA, C. N. B. Elaboração e caracterização físico-química de antepastos funcionais utilizando kefir e semente de chia. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, supl. 1, p. 24–31, 2017.
- DA SILVA, M. D. S. B.; OKURA, M. H. Características microbiológicas, físico químicas do manjar de ameixa com coco elaborado com Kefir. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e154101018543, 2021.
- DIAS, P. A.; SILVA, D. Y.; TIMM, C. D. Atividade antimicrobiana de microrganismos isolados de grãos de kefir. **Ciência Animal Brasileira**, vol.19. Goiânia, Epub May 17, 2018.
- DIAS, W. C.; DE OLIVEIRA MARTINS, A. D.; JÚNIOR, S. M. Kefir: características e benefícios. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n.7, p.22-42. 2020.
- GARCIA, N. S. *et al.* Estudo sobre o consumo de kefir para a proposição de um novo produto tipo antepasto. In: Christiano Vieira Pires. (Org.). **Ensino, Pesquisa e Extensão em Engenharia de Alimentos**. 1ed. Recife-PE: Even3 Publicações, 2021, v. 2, p. 193-211.
- GRANDO, C.; BEILKE, L.; PALEZI, S. C. Elaboração de um patê de frango adicionado de microrganismo probiótico do gênero kefir e enriquecido com farinha de cenoura. **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 7, n. 1, p.61-68, 2016.
- GELINSKI, F. R. *et al.* Propriedades sensoriais e físico-químicas de patê de frango com teor reduzido de sal. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v.74, n.2, p. 122-133, 2015.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed. 1ª Edição eletrônica, São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.

IRMÃO, J. de S.; COSTA, M. de R. Conhecimento e hábitos de consumo de kefir na comunidade acadêmica da UFMS. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 73, n. 1, p. 27-36, 2018.

LEITE, A. M. *et al.* Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage. **Brazilian Journal Microbiology**, v.44, n.2, p. 341-349, 2013.

MARCHI, L.; PALEZI, S.; PIETTA G. Caracterização e avaliação sensorial do kefir tradicional e derivados. **Unoesc & Ciência-ACET**, p. 15-22, 2015.

MENESTRINA, F.; GRISALES, J. O.; CASTELLS, C. B. Chiral analysis of derivatized amino acids from kefir by gas chromatography. **Microchemical Journal**, v.128, p.267-273, 2016.

MILK POINT (Online). KEIFF KEFIR duplica de tamanho e se expande pelo país. Jan. 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/keiff-kefir-duplica-de-tamanho-e-se-expande-pelo-pais-223518/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

MINIM, V.P.R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Editora UFV. 4ª edição. 2018.

MOREIRA, T. A. **Adequação da rotulagem de queijo de kefir**. 2019. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

TACO. 2011. NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Campinas: NEPA/ UNICAMP, 2011. 39p.

OLIVEIRA, J. R.; ALMEIDA, C.; BONFIM, N. S. A importância do uso dos probióticos na saúde humana. **Unoesc e ciência - ACBS**, Joacaba, v.8, n.1, p.7-12, jan/junho 2017.

ROSA, D. *et al.* Milk Kefir: nutritional, microbiological and health benefits. **Nutrition Research Reviews**, v. 30, n. 1, p. 82-96. 2017.

SANTOS, E. M. **Secagem de tomates inteiros submetidos a descascamento químico**. 2008. 99 p. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”.

SANTOS, F. L.; SILVA, E. O. BARBOSA, A. O.; SILVA, J. O. Kefir: Uma nova fonte alimentar funcional. **Diálogos & Ciência**. Online. v. 27, 2012. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/kefirdoreconcavo/images/22_03_12_artigo01.pdf. Acesso em: 18 de maio de 2022.

SILVA, E. O. Kefir: **Propriedades Funcionais e Gastronômicas**. 1. ed. Cruz das Almas - Bahia: UFRB, 2015. p. 7-123.

SPEROTTO, L. *et al.* Desenvolvimento de queijo cremoso com kefir: Análises sensoriais e físico-químicas. **Revista Eletrônica Biociências, Biotecnologias e Saúde**, v. 18, p. 60-68. 2017.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. Características da carne de frango. **Boletim Técnico-Pie-Ufes**, v. 1307, 2007.

WESCHENFELDER, S. **Caracterização de kefir tradicional quanto à composição físico-química, sensorialidade e atividade anti-Escherichia coli**. 2009. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

WESCHENFELDER, S.; PEREIRA G. D. M.; CARVALHO H. H. C.; WIEST J. M. Caracterização físico-química e sensorial de kefir tradicional e derivados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Porto Alegre, v. 63, n. 2, p. 473-480, mar/2011.

WESCHENFELDER, S. *et al.* Antibacterial activity of different formulations of cheese and whey produced with kefir grains. **Revista Ciência Agronômica**, v.49, n. 3, p. 443-449. 2018.

YERLIKAYA, O. Starter cultures used in probiotic dairy product preparation and popular probiotic dairy drinks. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 221-229. 201, 2014.

CAPÍTULO 5

Influência da adição de diferentes tipos de sais nas características físico-químicas e de textura de géis proteicos

Larissa Costa de Oliveira*¹; Talita Fernandes Ferreira¹; Alejandra Paola Polanco¹; Monalisa de Andrade Pereira Dutra²

Resumo

A gordura animal desempenha um papel crucial na obtenção de propriedades sensoriais e de textura em produtos cárneos. No entanto, a gordura saturada (de origem animal) tem sido associada ao desenvolvimento de doenças crônicas, como doenças cardiovasculares, hipertensão, níveis elevados de colesterol, e, portanto, têm sido recomendada a redução do consumo. Para substituir essa gordura sem comprometer as características de textura desses produtos, surge então, a ideia de desenvolver géis proteicos à base de proteína e carboidrato. A proteína da ervilha tem sido reconhecida por sua capacidade tecno funcional e nutritiva, bem como suas propriedades emulsionantes, gelificantes, antioxidantes, além do seu alto teor de fibras. Os sais desempenham um papel importante na gelificação das proteínas, influenciando a cinética de agregação e a estrutura do gel. Portanto, o objetivo foi avaliar a adição de diferentes sais (Sal Light, Cloreto de Cálcio, Cloreto de Sódio e Cloreto de Magnésio) nas características físico-químicas e texturais de géis elaborados com proteína de ervilha, ágar, água e sal além de sua capacidade para substituir o toucinho em produtos cárneos. Com base nas análises realizadas, o tipo de sal utilizado pode influenciar nas características de textura, pH, estabilidade térmica e de centrifugação dos géis, sendo que, os sais que proporcionaram características mais próximas a do toucinho aos géis foram o Sal Light e o Cloreto de sódio. Conclui-se que o gel proteico possui potencial como substituto de gordura animal em alimentos, especialmente em produtos cárneos.

Palavras-chave: Ágar. Ervilha. Gel. Sal. Toucinho.

Introdução

Um gel é uma rede tridimensional contínua formada por partículas interconectadas (como cristas, gotículas de emulsão ou agregados moleculares/fibrilas) que retêm volume significativo de fase líquida contínua, semelhante a uma esponja. Em alimentos, a estrutura do gel é composta por polímeros moleculares ou fibrilas formadas por filamentos de polímeros (como polissacarídeos e/ou proteínas)

¹ Mestranda; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

² Docente; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

*E-mail: oliveira.larissa@ufvjm.edu.br

que se unem através de ligações de hidrogênio, associações hidrofóbicas (como forças de Van der Waals), ligações iônicas cruzadas, entrelaçamento e/ou ligações covalentes em pequenos segmentos ao longo de sua extensão, enquanto a fase líquida é uma solução/dispersão aquosa de solutos de baixa massa molecular e segmentos de cadeias poliméricas que não estão envolvidos nas áreas de conexão (DAMODARAN, S; PARKIN, 2019).

A formação de gel é um dos processos mais relevantes para o controle da textura de alimentos (CORTEZ-TREJO *et al.*, 2022). A maioria dos sistemas de gelificação utilizados na indústria alimentícia é baseado em proteínas ou carboidratos. No entanto, alguns pesquisadores apontam que a gelificação sinérgica de ambos os biopolímeros pode aprimorar características importantes, como a capacidade de retenção de água e resistência do gel, em comparação com géis formados apenas por proteínas individualmente (LE; RIOUX; TURGEON, 2017). A utilização conjunta de proteínas e polissacarídeos pode ser aplicada na formação de filmes comestíveis, encapsulação de vitaminas e sabores, substituição de materiais gordurosos e na criação de novos produtos alimentícios semissólidos, como géis eletrostáticos (WIJAYA *et al.*, 2017).

As proteínas de origem vegetal possuem vantagens como baixo custo, menor alergenicidade, propriedades gelificantes e emulsionantes comprovadas (ALVES; TAVARES, 2019). Devido às suas propriedades tecno-funcionais e nutritivas, a proteína da ervilha tornou-se o centro das atenções entre outras proteínas e leguminosas, especialmente após a década de 2000. Além de conter globulinas e albuminas como principais proteínas (representando aproximadamente 80% da proteína total da semente), a proteína da ervilha também contém fibras alimentares (BARAC *et al.*, 2015; MORENO *et al.*, 2020).

A gelificação da proteína é sustentada pelos íons de sal, e o tipo e a concentração desses íons podem modificar as propriedades do gel resultante. Os íons de sal têm a capacidade de alterar o estado de carga e a densidade de carga líquida absoluta das proteínas, incluindo a cinética de agregação e a estrutura do gel. Esses íons salinos modificam a carga na superfície da proteína, a repulsão eletrostática e a reação da proteína com o solvente, alterando assim, a extensão da agregação da cadeia peptídica. À medida que a força iônica aumenta, a densidade de carga eletrostática absoluta diminui, o que acelera a agregação de proteínas e a gelificação, tornando os agregados fractais em solução mais proeminentes e densos, gerando um gel mais resistente (CHEMISTRY, 2000; CHEN, NANNAN *et al.*, 2016; JIANG; XIONG, 2013; WANG *et al.*, 2022).

O ágar é um polissacarídeo obtido de algas marinhas pertencentes à classe *Rhodophyceae* selecionadas de espécies específicas. É constituído por dois componentes principais: a agarose e a agarpectina. A agarose é a fração gelificante do ágar e consiste em unidades repetidas (agarobiose) de grupos β -D-galactopiranosil e 3,6-anidro- α -L- galactopiranosil alternados. A agarpectina tem estrutura

semelhante, contendo de 5 a 10% de ésteres de sulfato e outros resíduos, como grupos metoxila e ácido pirúvico, além de cadeias polissacarídicas nas quais as unidades 3,6-anidro- α -L- galactose são parciais ou totalmente substituídas por unidades de 6-sulfato de α -L- galactose. As propriedades físicas do ágar são amplamente influenciadas pelo tipo, quantidade e localização dos substituintes presentes. Quando mantido em água quente e em condições adequadas, o ágar se transforma em um fluido transparente viscoso, capaz de formar um gel termorreversível quando a temperatura diminui abaixo de um ponto específico, conhecido como temperatura de gelificação. O componente crucial para essa gelificação é a agarose (MARTÍNEZ-SANZ *et al.*, 2019). A transição do ágar de um estado líquido para um estado em gel ocorre em uma faixa de temperatura de 32 a 43°C, dependendo da quantidade de grupos metoxila presentes na agarose. Em contrapartida, a temperatura em que ocorre a fusão do gel varia de 80 a 90°C (SUN *et al.*, 2018).

Estudos recentes revelam que o consumo de gorduras saturadas está relacionado a um maior risco de várias doenças crônicas, especialmente doenças cardiovasculares. Existe uma correlação entre a ingestão de gorduras saturadas e níveis elevados de colesterol/lipoproteína de baixa densidade no sangue, o que justifica a recomendação de limitar seu consumo. Nesse sentido, a Organização Mundial de Saúde (OMS) tem proposto a redução do consumo de gorduras saturadas (máximo de 10% da ingestão total de gordura) e também do teor de gordura total (máximo de 30% das calorias da dieta) (OPINION; PANEL; PRODUCTS, 2010; PAGLARINI *et al.*, 2019).

Devido às preocupações com a saúde pública relacionadas à alta ingestão de alimentos ricos em gordura e com baixo teor de fibras, tanto a indústria da saúde, quanto a ciência de alimentos têm buscado a substituição de gordura em alimentos com alto teor, sem comprometer o sabor e a textura. Portanto, é de grande importância desenvolver alimentos com baixo teor de gordura, visando beneficiar a saúde pública e promover avanço na indústria alimentícia (LIN *et al.*, 2019).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo a elaboração de géis proteicos a base de proteína de ervilha e ágar para a análise da influência dos diferentes tipos de sais (Cloreto de Sódio, Sal Light (Cloreto de Potássio e Cloreto de Sódio), Cloreto de Cálcio e Cloreto de Magnésio) em suas propriedades físico-químicas e sensoriais com a finalidade de aplicá-los em produtos cárneos posteriormente como substitutos de gordura.

Material e Métodos

Materiais

Para a elaboração dos géis foram utilizados proteína da ervilha, adquirida através do site Ingredientes Online. Ágar-ágar da marca adicel, água. Cloreto de sódio comercial, adquirido em

comércio local. Sal Light contendo 50% de Cloreto de Potássio e 50% de cloreto de Sódio, de origem comercial. Cloreto de Cálcio, da marca êxodo científica e Cloreto de Magnésio da marca êxodo científica.

Métodos

Elaboração do Gel

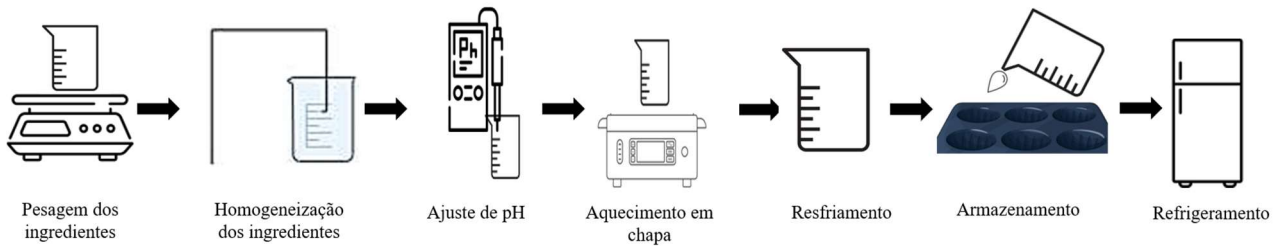
A elaboração foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Öztürk-Kerimoğlu (2021) com adaptações. Inicialmente os ingredientes foram pesados de acordo com as formulações determinadas na Tabela 1. Após a pesagem, foram misturados os ingredientes secos, sendo a proteína da ervilha, o ágar e o sal a velocidade de 100 rpm em um misturador como ilustra a Figura 1. Então, a água foi adicionada aos poucos e a velocidade foi aumentada para 500 rpm. Após adicionada toda a água, a mistura foi homogeneizada por mais 3 minutos a velocidade de 1100 rpm. Logo após, foram realizadas correções de pH nos géis, adicionando bicarbonato de sódio, até atingir o pH 7, que é o pH ótimo de gelificação da proteína da ervilha. O gel então, foi levado a chapa de aquecimento com agitador magnético, a temperatura de 99°C até que o ponto frio atingisse a temperatura de 90°C, que é a temperatura ótima de gelificação do ágar. Assim, o gel foi resfriado até temperatura ambiente (25°C), vertido em formas de gelo de silicone e armazenado a 4°C por 24 horas.

Tabela 1 - Formulações de géis proteicos

Ingredientes	F1	F2	F3	F4
Proteína da ervilha	4,8 %	4,8 %	4,8 %	4,8 %
Ágar	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %
Água	91,7 %	91,7 %	91,7 %	91,7 %
Sal Light	2,0 %	-	-	-
Cloreto de Cálcio	-	2,0 %	-	-
NaCl	-	-	2,0 %	-
Cloreto de Magnésio	-	-	-	2,0 %

Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 1 - Fluxograma de elaboração dos géis



Fonte: Dos autores, 2023.

Análises

pH

O pH foi medido, utilizando pHmetro digital, acoplado a um potenciômetro. Para isso, foi utilizada uma mistura de 5 g de amostra e 50 mL de água destilada, sendo avaliado em triplicata (KIM *et al.*, 2020).

Atividade de água

A atividade de água foi avaliada, em triplicata, com auxílio de um medidor de atividade de água modelo CX2 (Decagon Devices Inc).

Colorimetria

A cor instrumental foi aferida, utilizando o colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400, com abertura de porta de 8 mm, iluminante A e ângulo de 10° para o observador, em ambos os modos de luz especular excluída (SCE) e incluída (SCI). Foi utilizado o sistema CIELAB, em que serão determinados os parâmetros L*, a*, b*, C e h, responsáveis pela luminosidade, tons de vermelho, amarelo, saturação e tonalidade respectivamente (RODRIGUES *et al.*, 2020). As leituras foram analisadas em cinco repetições por gel.

Análise de Textura

O perfil de textura foi avaliado com auxílio de texturômetro *Stable micro System, TAXT Express* com sonda P-100, usando velocidade de pré-teste, teste, e pós-teste de, respectivamente, 1, 0,5 e 5 mm/s. Cilindros de gel, em temperatura ambiente 25°C, com 20 mm de altura e 30 mm de diâmetro foram submetidos a duas compressões uniaxiais sucessivas, reduzindo em 30% sua altura original. Os

parâmetros texturais determinados foram dureza (N), elasticidade (%), coesividade (%), resiliência (%), gomosidade (N), adesividade (N.s), mastigabilidade (%) e resiliência (%) (SANTOS *et al.*, 2020).

Estabilidade térmica e de centrifugação

A estabilidade térmica e de centrifugação foram determinadas de acordo com as metodologias propostas por Öztürk; Urgan; Serdaroglu, (2016) e Surh *et al.* (2007) com adaptações. Para a determinação da estabilidade térmica foram pesados e adicionados em tubos de Falcon 10 g de gel e essas amostras foram submetidas a tratamento térmico em banho-maria a temperatura 70°C por 30 minutos. Logo após, os frascos foram levados para a centrífuga para serem agitados a 750 g por 3 minutos. O exsudado liberado foi retirado das amostras com auxílio de uma pipeta de Pasteur e a amostra foi novamente pesada. A estabilidade térmica e de centrifugação foi determinada de acordo com a Equação (1):

$$E (\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada de acordo com a metodologia utilizada por ZHANG *et al.* (2022) com adaptações. As amostras de gel de aproximadamente 1,0 g foram transferidas para tubos de Falcon de 50 mL e centrifugadas a 2.500 rpm por 10 minutos. Uma camada de papel filtro foi inserida por baixo para a absorção de água. A CRA (%) foi expresso com o peso após a centrifugação dividido pelo peso antes da centrifugação como ilustra a Equação (2):

$$\text{CRA} (\%) = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \quad (\text{Eq. 2})$$

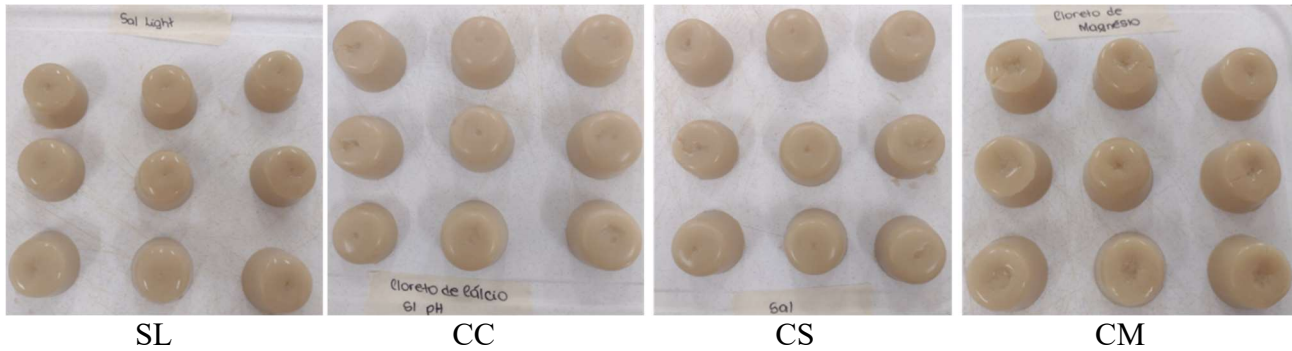
Análise estatística dos resultados

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), em que a influência dos diferentes tipos de sais foi verificada pelo Teste Tukey à 5% de significância, por meio do programa STATISTICA 7.0.

Resultados e Discussão

A Figura 2 mostra as imagens das formulações de géis com adição de Sal Light, Cloreto de cálcio, Cloreto de Sódio e Cloreto de Magnésio.

Figura 2 - Fotografia dos géis formulados com diferentes tipos de sais.



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: SL: Sal Light; CC: Cloreto de cálcio; CS: Cloreto de sódio; CM: Cloreto de Magnésio.

Os resultados da determinação de cor para as formulações de géis estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados obtidos para os valores de luminosidade (L*), índice de vermelho (a*) e índice de amarelo (b*) das emulsões géis

Tratamentos	L*	a*	b*
SL	54,48 ± 0,61 ^c	1,32 ± 0,11 ^c	13,18 ± 0,42 ^b
CC	56,62 ± 0,49 ^b	1,64 ± 0,13 ^b	13,32 ± 0,31 ^b
CS	54,39 ± 0,47 ^c	1,17 ± 0,10 ^c	12,93 ± 0,35 ^b
CM	56,36 ± 1,26 ^b	1,71 ± 0,12 ^b	14,82 ± 0,43 ^a
T	80,55 ± 0,86 ^a	2,77 ± 0,46 ^a	11,86 ± 0,26 ^c

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: SL: Sal Light; CC: Cloreto de cálcio; CS: Cloreto de sódio; CM: Cloreto de Magnésio e T: Toucinho.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

A aparência visual desempenha um papel significativo na escolha dos produtos alimentícios pelos consumidores modernos, sendo a cor um elemento fundamental nos alimentos e bebidas (DEY; NAGABABU, 2022). A coordenada (L*) está relacionada a luminosidade (entre preto e branco), a coordenada a* representa o eixo -a* até +a* compreendendo o espaço de cor do verde ao vermelho respectivamente e a coordenada b* apresenta variação de +b* até o -b* compreendendo o espaço de cor do amarelo ao azul respectivamente (KOBELITZ, 2011). Para as coordenadas L* e a*, as amostras de gel contendo CC e CM não apresentaram diferenças estatísticas (p>0,05) entre si e diferiram significativamente (p<0,05) das demais amostras e do T. Assim, como as amostras contendo SL e CS foram semelhantes entre si (p>0,05) e diferiram significativamente (p<0,05) das demais amostras. A adição de CC e CM causaram um leve aumento na luminosidade, ou seja, géis mais claros e um aumento no valor de a* se comparado às amostras contendo SL e CS, apresentando assim as amostras com maior

tonalidade de verde, uma vez que, mesmo sendo positivo, os valores desse parâmetro estão baixos. O parâmetro b^* positivo indica que a cor amarela está presente nas amostras, como o valor é baixo, indicam que as amostras apresentam tonalidade amarelo claro. As amostras contendo SL, CC e CS foram semelhantes entre si ($p > 0,05$) e diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) da amostra contendo CM e do T. Resultados semelhantes foram encontrados por Öztürk-Kerimoğlu; Burcu, (2021) em seu estudo sobre gel a base de proteína de ervilha e ágar com adição de cloreto de sódio em que os valores de L^* , a^* e b^* encontrados foram de $58,10 \pm 0,05$, $0,14 \pm 0,04$ e $14,73 \pm 0,06$, respectivamente, indicando que a adição de diferentes tipos de sais não interferiu de forma significativa na cor dos géis.

Os resultados obtidos para os valores de pH, atividade de água e estabilidade térmica e de centrifugação estão ilustrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados obtidos para os valores de pH, Atividade de água (A_w), estabilidade térmica e de centrifugação (E) e capacidade de retenção de água (CRA)

Tratamentos	pH	A_w	E
SL	$8,90 \pm 0,04^b$	$0,98 \pm 0,00^b$	$87\% \pm 0,03^c$
CC	$5,66 \pm 0,08^e$	$0,99 \pm 0,00^a$	$85\% \pm 0,01^c$
CS	$8,82 \pm 0,04^c$	$0,98 \pm 0,00^b$	$90\% \pm 0,01^b$
CM	$8,97 \pm 0,04^a$	$0,99 \pm 0,00^a$	$87\% \pm 0,03^c$
T	$6,97 \pm 0,03^d$	$0,98 \pm 0,00^b$	$100\% \pm 0,00^a$

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: SL: Sal Light; CC: Cloreto de cálcio; CS: Cloreto de sódio; CM: Cloreto de Magnésio e T: Toucinho.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

O pH consiste na medida da quantidade de íons H^+ presentes em um alimento ou solução, quanto maior a concentração de H^+ (caráter ácido) menor é o pH (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008). Estatisticamente, o pH de todas as amostras diferiu significativamente entre si ($p < 0,05$), variando de $5,66 \pm 0,08$ a $8,97 \pm 0,04^a$. O pH da amostra contendo CC, ficou mais baixo se comparado aos demais, por não ter sido feita correção do pH da mistura antes de aquecer. Por mais que fosse adicionado bicarbonato de cálcio, o pH da mistura não chegava no valor desejado 7, então não foi possível realizar a correção do pH. O aumento do pH em produtos cárneos pode resultar no aumento da atividade oxidativa, devido ao aumento das forças iônicas. Além disso, esse aumento das forças iônicas também pode afetar a estabilidade dos géis (WONG, 2018). Entretanto, a pouca variabilidade demonstrada no pH dos géis SL, CS e CM se comparados ao T, demonstra que as formulações possuem potencial para substituir o toucinho em produtos cárneos emulsionados.

A atividade de água de um alimento representa a capacidade termodinâmica (estado energético) ou a concentração efetiva de água presente no alimento, que desempenha um papel ativo como agente

químico em diversos processos biológicos e químicos (DAMODARAN, S; PARKIN, 2019). Os valores da atividade de água dos géis com adição de diferentes tipos de sais variaram de $0,98 \pm 0,00$ a $0,99 \pm 0,00$, sendo que estatisticamente as amostras SL, CS e T foram semelhantes entre si ($p > 0,05$) e diferiram estatisticamente das amostras CC e CM. É possível notar que houve pouca variação para esses valores, indicando assim, que a atividade de água das amostras é considerada elevada. Além disso, é possível notar que o tipo de sal adicionado nas amostras não interferiu na atividade de água dos géis, uma vez que houve pouca variação, sendo essa variação de 0,01 para esse parâmetro. O gel contém uma quantidade significativa de água não ligada em sua estrutura, o que o torna suscetível à contaminação e ao crescimento de microrganismos, além de acelerar reações enzimáticas e oxidativas (DALA-PAULA; GOZZI, 2021).

A estabilidade de centrifugação e estabilidade térmica tem como objetivo a avaliação da resistência do gel às forças centrífugas bem como ao tratamento térmico através do controle do fluido liberado após submeter as amostras ao tratamento térmico seguidas por centrifugação (ÖZTÜRK-KERIMOĞLU; BURCU, 2021). Os valores para a estabilidade de centrifugação e térmica para as amostras de gel variaram de $85\% \pm 0,01$ a $90\% \pm 0,01$, sendo que as amostras SL, CC e CM apresentaram semelhança entre si ($p > 0,05$) e diferiram das demais amostras ($p < 0,05$). As amostras T e CS diferiram das demais estatisticamente ($p < 0,05$). Em estudo semelhante realizado por Öztürk-Kerimoğlu e Burcu (2021), foi observado que nenhuma separação de fases foi verificada no gel após a aplicação dessas tensões. Isso indica que a consistência desejada do gel é alcançada pela combinação dos atributos funcionais da proteína da ervilha e das proporções adequadas entre a proteína da ervilha e o ágar. Resultados semelhantes foram encontrados por (SANTOS *et al.*, 2020) que obtiveram estabilidade para géis de emulsão variando de 63,4% a 96,0%. Além disso, é possível presumir que a amostra que apresentou estabilidade de centrifugação e térmica mais próxima do toucinho foi a amostra CS, indicando assim, que o Cloreto de Sódio conferiu maior estabilidade ao gel se comparado aos demais sais.

Os resultados obtidos para a análise de textura dos géis encontram-se nas Tabelas 4 e 5.

A análise de Perfil de Textura (TPA) é uma técnica utilizada para medir e analisar as propriedades de textura dos alimentos. Ela permite avaliar características sensoriais e preferências dos consumidores relacionadas à textura dos alimentos (FUNAMI; NAKAUMA, 2022). A dureza de um alimento está relacionada à força máxima necessária durante o primeiro ciclo de compressão da amostra. A adesividade é uma medida de força negativa necessária para superar a tração entre o alimento e a superfície de teste. A elasticidade é a capacidade do material retornar a sua forma original após ser deformado. A coesividade é a relação entre o trabalho realizado durante o segundo ciclo de compressão

em relação ao trabalho realizado no primeiro ciclo. A mastigabilidade é a quantidade de trabalho necessária para mastigar uma amostra de alimento (CHEN; OPARA, 2013).

Tabela 4 - Resultados obtidos para a análise de textura dos géis para os parâmetros de dureza, adesividade, elasticidade e coesividade

Tratamentos	Dureza	Adesividade	Elasticidade	Coesividade
SL	5,26 ± 0,17 ^c	-0,08 ± 0,01 ^b	0,67 ± 0,02 ^a	0,37 ± 0,02 ^{ab}
CC	8,63 ± 0,47 ^a	-0,09 ± 0,04 ^b	0,69 ± 0,04 ^a	0,37 ± 0,02 ^{ab}
CS	5,42 ± 0,23 ^c	-0,09 ± 0,01 ^b	0,72 ± 0,07 ^a	0,35 ± 0,02 ^b
CM	6,60 ± 0,44 ^b	-0,13 ± 0,02 ^b	0,68 ± 0,07 ^a	0,35 ± 0,01 ^b
T	3,17 ± 0,47 ^d	-0,36 ± 0,11 ^a	0,44 ± 0,07 ^b	0,38 ± 0,03 ^a

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: SL: Sal Light; CC: Cloreto de cálcio; CS: Cloreto de sódio; CM: Cloreto de Magnésio e T: Toucinho.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Tabela 5 – Resultados obtidos para a análise de textura dos géis para os parâmetros de gomosidade, mastigabilidade e resiliência

Tratamentos	Gomosidade	Mastigabilidade	Resiliência
SL	1,93 ± 0,13 ^c	131,23 ± 7,87 ^c	0,13 ± 0,01 ^a
CC	3,19 ± 0,30 ^a	222,30 ± 14,43 ^a	0,13 ± 0,01 ^a
CS	1,88 ± 0,14 ^c	137,46 ± 18,65 ^c	0,12 ± 0,01 ^b
CM	2,33 ± 0,22 ^b	159,79 ± 7,47 ^b	0,11 ± 0,01 ^b
T	1,24 ± 0,19 ^d	81,14 ± 15,59 ^d	0,06 ± 0,00 ^c

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: SL: Sal Light; CC: Cloreto de cálcio; CS: Cloreto de sódio; CM: Cloreto de Magnésio e T: Toucinho.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Os valores encontrados para o parâmetro de dureza variaram 3,17± 0,47 a 8,63 ± 0,47. As amostras SL e CS foram semelhantes entre si ($p>0,05$) e diferiram estatisticamente das demais amostras ($p<0,05$). As amostras CM, CC e T diferiram estatisticamente entre si ($p<0,05$). A amostra T obteve um menor valor, sendo 3,17± 0,47, para a dureza se comparada às demais, sendo que as amostras SL e CS obtiveram os valores mais próximos a T, 5,26 ± 0,17 e 5,42 ± 0,23 respectivamente, indicando assim que o Sal Light e Cloreto de Sódio desenvolveram características de dureza no gel mais próximas a do toucinho se comparados aos outros sais. E as amostras contendo CC e CM desenvolveram géis com maior dureza, se comparados às amostras contendo SL e CS. Em estudo semelhante realizado por Banerjee; Bhattacharya (2011) sobre a elaboração de géis a partir de goma gelana e ágar foi possível

observar que a dureza do gel aumentou de acordo com a concentração de goma gelana ou com a presença de um cátion como o cálcio.

Para o parâmetro de adesividade, foram encontrados valores variando de $-0,08 \pm 0,01$ a $-0,36 \pm 0,11$. Sendo que as amostras SL, CC, CS e CM foram semelhantes entre si ($p > 0,05$) e diferiram estatisticamente da amostra T ($p < 0,05$). Com isso, pode-se inferir que os géis apresentaram menor adesividade se comparados ao toucinho, o que se torna uma característica negativa em termos de substituição em produtos cárneos.

Com relação a elasticidade, os valores obtidos variaram de $0,44 \pm 0,07$ a $0,72 \pm 0,07$, sendo que, as amostras SL, CC, CS e CM foram semelhantes entre si estatisticamente ($p > 0,05$) e diferiram ($p < 0,05$) da amostra T. Os dados indicam que a adição de diferentes sais não interferiu no parâmetro de elasticidade, uma vez que, as diferentes amostras apresentaram semelhança entre si. Em termos de substituição, houve pouca variação neste parâmetro, se comparado a elasticidade do toucinho e dos géis.

Com relação a coesividade, os valores encontrados variaram de $0,35 \pm 0,01$ a $0,38 \pm 0,03$. A coesividade do gel contendo toucinho diferiu dos géis contendo cloreto de sódio e cloreto de magnésio ($p < 0,05$). Assim, em termos de coesividade, é possível substituir o toucinho em produtos cárneos por sal light e cloreto de cálcio, por apresentar coesividade semelhante ao do toucinho ($p > 0,05$).

Com relação a gomosidade, os valores variaram de $1,24 \pm 0,19$ a $3,19 \pm 0,30$. As amostras SL e CS foram semelhantes entre si ($p > 0,05$) e diferiram das demais estatisticamente ($p < 0,05$). As amostras CC, CM e T diferiram entre si estatisticamente ($p < 0,05$). Os resultados encontrados indicam que os diferentes tipos de sais influenciam na gomosidade dos géis, sendo que as amostras SL e CS ficaram mais próximas do valor encontrado para o toucinho, sendo potenciais substitutas de gordura.

Para o parâmetro de mastigabilidade, os resultados variaram de $222,30 \pm 14,43$ a $81,14 \pm 15,59$. As amostras SL e CS apresentaram semelhança entre si ($p > 0,05$) e diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) das demais amostras. As amostras CC, CM e T diferiram entre si ($p < 0,05$). Com isso, é possível notar que o tipo de sal utilizado interferiu na mastigabilidade dos géis, entre os quais, os géis contendo SL e CS obtiveram resultados próximos. Com relação à semelhança dos resultados encontrados com o toucinho, os géis que obtiveram valores mais próximos foram os géis contendo SL e CS, indicando assim, que podem ser utilizados para substituir o toucinho em produtos cárneos.

Quanto à resiliência, os valores encontrados variaram de $0,06 \pm 0,00$ a $0,13 \pm 0,01$. As amostras SL e CC foram semelhantes entre si ($p > 0,05$), bem como as amostras CS e CM e diferiram ($p < 0,05$) da amostra T. Com isso, é possível inferir que o tipo de sal utilizado interferiu nesse parâmetro, sendo que as amostras que obtiveram valores mais próximos ao do toucinho para a resiliência foram as amostras CS e CM.

Conclusão

Com a realização do presente estudo é possível concluir que os géis a base de proteína vegetal, carboidratos, sal e água são potenciais substitutos para a gordura saturada em produtos cárneos, melhorando assim o perfil nutricional desses produtos, promovendo a saudabilidade que os consumidores têm buscado.

Como visto no presente trabalho, o tipo de sal utilizado pode interferir nas características de textura, pH e estabilidade térmica e de centrifugação dos géis. Como o objetivo de elaboração dos géis é chegar a características físico-químicas, sensoriais e de textura mais próximas a do toucinho, os sais que proporcionaram essas características aos géis foram o Sal Light e o Cloreto de sódio, sendo assim, são os sais indicados para conferir as características desejadas aos géis.

Diante do exposto, faz-se necessária a realização de estudos da aplicação de géis a base de proteína da ervilha, ágar, sal ou sal light e água em produtos cárneos e a avaliação das propriedades físico-químicas, texturais e sensoriais desses produtos para que sejam mais próximas a do produto contendo toucinho.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) – UFVJM, mais especificamente aos Laboratórios da Engenharia de Alimentos - UFVJM, ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - UFVJM e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

Referências

ALVES, A. C.; TAVARES, G. M. Mixing animal and plant proteins: Is this a way to improve protein techno-functionalities. **Food Hydrocolloids**, v. 97, p. 105-171, Abril 2019.

BANERJEE, S.; BHATTACHARYA, S. Compressive textural attributes, opacity and syneresis of gels prepared from gellan, agar and their mixtures. **Journal of Food Engineering**, v. 102, n. 3, p. 287-292, 2011.

BARAC, M. B. *et al.* Techno-functional properties of pea (*Pisum sativum*) protein isolates: A review. **Acta periodica technologica**, v. 46, n. 46, p. 1-18, 2015.

BRYANT, C. M.; MC CLEMENTS, D. J. Influence of NaCl and CaCl₂ on Cold-Set Gelation of Heat-denatured Whey Protein. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 5, p. 801-804, July 2006.

CHEN, L.; OPARA, U. Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. **Food Research International**, v. 51, n. 2, p. 823-835, May 2013.

CHEN, N. *et al.* Thermal aggregation and gelation of soy globulin at neutral pH. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 740-746, December 2016.

CORTEZ-TREJO, M. C. *et al.* Effect of pH and protein-polysaccharide ratio on the intermolecular interactions between amaranth proteins and xanthan gum to produce electrostatic hydrogels. **Food Hydrocolloids**, v. 129, August 2022.

DALA-PAULA, B. M.; GOZZI, W. **Química e Bioquímica de Alimentos**. 1ª. ed. Alfenas, MG: [s.n.], 2021.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 5ª. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2019.

DEY, S.; NAGABABU, B. H. Applications of food color and bio-preservatives in the food and its effect on the human health. **Food Chemistry Advances**, v. 1, October 2022.

FUNAMI, T.; NAKAUMA, M. Instrumental food texture evaluation in relation to human perception. **Food Hydrocolloids**, v. 124, March 2022.

GAVA, A. J.; SILVA, C. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

JIANG, J.; XIONG, Y. L. Extreme pH treatments enhance the structure-reinforcement role of soy protein isolate and its emulsions in pork myofibrillar protein gels in the presence of microbial transglutaminase. **Meat Science**, v. 93, n. 3ª, p. 469-476, March 2013.

KIM, T. K. *et al.* Effects of replacing pork fat with grape seed oil and gelatine/alginate for meat emulsions. **Meat Science**, v. 163, May 2020.

KOBLITZ, M. G. B. **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade**. [S.l.]: Guanabara Koogan, 2011.

LE, X. T.; RIOUX, L.-E.; TURGEON, S. L. Formation and functional properties of protein-polysaccharide electrostatic hydrogels in comparison to protein or polysaccharide hydrogels. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 239, p. 127-135, January 2017.

LIN, D. *et al.* Effect of plant protein mixtures on the microstructure and rheological properties of myofibrillar protein gel derived from red sea bream (*Pagrosomus major*). **Food Hydrocolloids**, v. 96, p. 537-545, November 2019.

MARTÍNEZ-SANZ *et al.* Production of unpurified agar-based extracts from red seaweed *Gelidium sesquipedale* by means of simplified extraction protocols. **Algal Research**, v. 38, March 2019.

MORENO, H. M. *et al.* Evaluation of gels made with different commercial pea protein isolate: Rheological, structural and functional properties. **Food Hydrocolloids**, v. 99, February 2020.

OPINION, S.; PANEL, E.; PRODUCTS, D. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats , including saturated fatty acids , polyunsaturated fatty acids , monounsaturated fatty. **EFSA Journal**, v.

8, n. 3, p. 1-107, 2010.

ÖZTÜRK-KERIMOĞLU, B. A promising strategy for designing reduced-fat model meat emulsions by utilization of pea protein-agar agar gel complex. **Food Structure**, v. 29, July 2021.

PAGLARINI, C. S. *et al.* Functional emulsion gels as pork back fat replacers in Bologna sausage. **Food Structure**, v. 20, April 2019.

RODRIGUES, L. M. *et al.* Combined effects of gamma irradiation and aging on tenderness and quality of beef from Nelore cattle. **Food Chemistry**, v. 130, p. 126-137, May 2020.

SANTOS, M. *et al.* Emulsion gels based on pork skin and dietary fibers as animal fat replacers in meat emulsions: An adding value strategy to byproducts. **2020**, February 2020.

SUN, J. *et al.* Formation and structural properties of acid-induced casein–agar double networks: Role of gelation sequence. **Food Hydrocolloids**, v. 85, p. 291-298, December 2018.

SURH, J. *et al.* Preparation and Characterization of Water/Oil and Water/Oil/Water Emulsions Containing Biopolymer-Gelled Water Droplets. **Journal Of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 1^a, p. 175-184, 2007.

WANG, Z. *et al.* Effect of Ionic Strength on Heat-Induced Gelation Behavior of. **Molecules**, v. 27, p. 1-18, November 2022.

WIJAYA, W. *et al.* Functional colloids from proteins and polysaccharides for food applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 68, p. 56-69, October 2017.

WONG, D. W. S. **Mechanism and Theory in Food Chemistry**. 2^a. ed. Albany, EUA: Western Regional Research Center, 2018.

ZHANG, C. *et al.* Development of aqueous protein/polysaccharide mixture-based inks for 3D printing towards food applications. **Food Hydrocolloids**, v. 131, October 2022.

CAPÍTULO 6

Avaliação de filme a base de carboximetilcelulose incorporado com extrato de antocianinas do repolho roxo

Marcela Cirqueira de Jesus*¹; Jéssica Santos de Oliveira²; Cristiane Patrícia de Oliveira³

Resumo

A embalagem ajuda na prevenção e qualidade do produto, desempenham papel importante na indústria alimentícia, e tendo em vista o crescente interesse por embalagens biodegradáveis esse trabalho teve como objetivo desenvolver filmes a base de carboximetilcelulose (CMC) incorporados com extrato de 0% e 50% de antocianinas. Os filmes foram analisados quanto algumas das suas características (espessura, propriedades mecânicas e solubilidade) e verificou-se seu comportamento em diferentes valores de pH. O extrato de antocianinas utilizado foi obtido do repolho roxo com solução acidificada com HCl sendo este avaliado sob diferentes condições de pH por varredura espectrofotométrica na faixa de 300 a 700 nm. Ao realizar as análises, o filme controle mostrou-se mais espesso do que o filme com antocianina e a presença de antocianinas não alterou a solubilidade dos filmes. Tanto o filme controle quanto o filme com adição de antocianinas foram completamente solúveis em água nas condições avaliadas. Quanto às propriedades mecânicas, o filme com pigmento apresentou um menor alongamento, maior resistência à tração, menor rigidez e menor permeação, comparado ao controle. O pH afetou a estrutura molecular da antocianina pelo qual mudou de cor em diferentes valores de pH. Os resultados do presente trabalho indicam que o filme de CMC incorporado com extrato de antocianina do repolho pode ser uma alternativa de material para o desenvolvimento de indicador colorimétrico de pH. Pode ser utilizado também como material biodegradável para o desenvolvimento de embalagens inteligentes.

Palavras-chave: *Brassica oleracea var. capitata f. rubra*. CMC. Filmes inteligentes. Pigmentos naturais.

¹ Graduanda em Engenharia de Alimentos; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.

² Mestranda em Engenharia e Ciência de Alimentos - PPGEAL; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.

³ Professora DSc. Titular do Curso de Engenharia de Alimentos e do PPGEAL; Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.

* E-mail:201912164@uesb.edu.br.

Introdução

Sabe-se que as embalagens possuem o objetivo primordial de preservar ao máximo a qualidade do produto, o intuito é manter qualidade e segurança, contra a deterioração causada por microorganismos, por agentes químicos ou por ações mecânicas e/ou físicas (ABEJÓN *et al.*, 2020). Embalagem tradicional, de forma bastante generalista, apenas confere uma barreira física de proteção entre o exterior e o alimento acondicionado. As embalagens inteligentes vão mais além, no que a esse nível de proteção, diz respeito. As embalagens inteligentes atuam no monitoramento das condições do alimento em tempo real, onde a incorporação de indicadores que produzem um sinal como resposta a qualquer alteração das condições iniciais do produto embalado, informando ao fabricante e principalmente ao consumidor sobre a qualidade do produto (CHENG *et al.*, 2022).

Os plásticos possuem excelentes propriedades funcionais, são classificados como não biodegradáveis e levam muito tempo para se degradar, permanecendo praticamente intactos ao longo dos anos, ocasionando sérios problemas ambientais (QIN *et al.*, 2019). Uma alternativa à este problema consiste no desenvolvimento de materiais biodegradáveis, derivados de fontes naturais renováveis, cujo descarte e degradação na natureza causem baixos impactos ao meio ambiente (MIRI *et al.*, 2022).

Dentre as alternativas para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis temos a carboximetilcelulose (CMC). Esse polissacarídeo, derivado da celulose destaca-se principalmente por suas características não tóxicas, biodegradável, alta solubilidade em água, além de ser proveniente de fonte renováveis, o que o torna abundante e o faz ter baixo custo de obtenção (SHALABY; SHAH, 1991).

As antocianinas são pigmentos naturais que pertencem ao grupo dos flavonoides. São os componentes responsáveis pela coloração de uma grande variedade de frutas (uva, mirtilo, cereja, morango, entre outros), flores (hibisco vermelho, flor rosa, alecrim azul, violeta comum e lavanda), legumes e hortaliças (rabanete, berinjela, batata doce e o repolho roxo), conferindo uma ampla faixa de cores (CAZAL, 2021). As antocianinas podem mudar de cor de acordo com o pH que exerce profunda influência na cor das antocianinas, assim como na sua estabilidade. As antocianinas são mais estáveis em soluções ácidas do que em neutras e alcalinas (TEIXEIRA; SOARES; STRINGHETA, 2021). Em virtude disso vem sendo utilizadas no desenvolvimento de embalagens inteligentes, que são embalagens que podem comunicar com os consumidores, fornecem um feedback dinâmico sobre a qualidade real do produto (COSTA; SALES JÚNIOR; SOUZA, 2019).

Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho desenvolver filmes à base de CMC e incorporados com antocianina do repolho, gerando assim um material biodegradável e inteligente. Avaliou-se também algumas características desse filme bem como a influência do pH quanto a sua alteração de cor.

Material e Métodos

Extração da antocianina do repolho

Usou-se uma solução preparada com 500 ml de água acidificada com ácido clorídrico até pH 2.

O repolho roxo (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) foi cortado em pequenos pedaços, transferido para um béquer onde adicionou-se a solução acidificada. A mistura ficou em repouso por duas horas e após esse tempo foi coada para retirar as partículas sólidas. O extrato obtido foi armazenado sobre congelamento sem proteção da luz até o momento do uso.

Avaliação espectrofotométrica

A avaliação espectrofotométrica foi utilizada para verificar as alterações químicas das antocianinas, do extrato e após incorporação no filme, em diferentes condições de pH. Para isso misturou-se 3 mL do extrato (Figura 1) e 2mL de soluções tampão com diferentes pHs, (de 3-10) em tubos de ensaio. Para avaliação da coloração obtida fez-se uma varredura na faixa espectral de 300 a 700 nm em um espectrofotômetro UV-VIS 1800 da marca shimadzu.

Para avaliação dos filmes estes foram recortados 2cmx4cm, realizada a análise em triplicata onde os mesmos foram adicionados nos tampões de pH 3 a 10.

Figura 1- Extrato do repolho roxo extraído com solução acidificada



Fonte: Dos autores, 2023.

Confecção dos filmes

Os filmes foram confeccionados em triplicata através do método de casting. O extrato de antocianina do repolho roxo utilizado foi de 0% e 50%, sendo Filme Controle (FC) o filme com 0% de antocianina e Filme Antocianina (FA) filme com 50% do extrato de antocianina. Por fim a solução filmogênica obtida foi adicionada a uma Placa de vidro 30 x 35 cm e colocada para secar em estufa com circulação de ar a temperatura de 60° C durante 5 horas.

Espessura dos filmes

As espessuras dos respectivos filmes foram obtidas em através de um micrômetro digital (PIK B-Pantec) com resolução da ordem de milímetros (mm). A medição foi realizada de forma aleatória, analisando dez pontos diferentes por repetição, com essa medição é efetuada a média dos valores obtidos para que esses fossem utilizados na análise das propriedades mecânicas dos respectivos materiais.

Propriedades mecânicas

Os ensaios mecânicos dos biopolímeros foram realizados seguindo a metodologia descrita pela (ASTM, 1995), com algumas adaptações. Desse modo, para a realização desta análise foi necessário a utilização da máquina universal de ensaios (CT3, Brookfield, USA) do Laboratório de Ensaios Mecânicos da UESB, com uma célula de carga de 25 kg, aderidos a uma garra TA-DAGA Dual Grip Assembly. O experimento foi realizado com 5 corpos de prova para o filme controle e o filme incorporado com antocianina, além disso os corpos de prova foram adaptados ao tamanho recomendado pela ASTM para análises de filmes poliméricos atendendo a dimensão do equipamento utilizado.

Os tamanhos dos corpos de prova correspondiam a 25mm de largura e 100mm de comprimento. Estes filmes foram anexados a garra do equipamento e tracionados a uma velocidade constante de 0,4mm.S⁻¹ em uma deformação de 100% até sua ruptura total. Para análise de propriedades mecânicas dos filmes foram avaliados os seguintes parâmetros: Resistência máxima (MPa) e o percentual de alongamento (%), módulo de Young, demonstrado respectivamente pela equação 1, 2 e 3. As equações utilizadas estão determinadas a seguir.

$$A\% = \frac{Lf - L0}{L0} * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

- Lf: Alongamento final da amostra
- L0: Tamanho inicial da amostra

$$T = \frac{F}{S} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

- F: Última força máxima da ruptura
- S: Área da secção transversal

$$MY = \frac{\Delta\phi}{\Delta\mathcal{E}} \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

- $\Delta\phi$ = Variação da Tensão (MPa)
- $\Delta\mathcal{E}$ = Variação do alongamento na região de deformação elástica (m)

Permeabilidade ao vapor d'água

Para a determinação da permeabilidade ao vapor d'água foi utilizado o método ASTM E96-92, com adaptações no tempo da técnica utilizada por (ABDOLLAHI; REZAEI; FARZI,2012). Os filmes em formato circular de aproximadamente 3 cm de diâmetro, foram colocados sobre a superfície do frasco de permeação contendo sílica gel seca. A célula para permeação foi pesada e colocada em dessecador contendo água destilada (UR=100%; pressão de vapor = 32,23 mmHg) em ambiente climatizado a 20°C. Após 24h, os frascos foram pesados para verificar a migração de água para o interior. As pesagens foram realizadas por 9 dias e a permeabilidade do vapor d'água foi calculada pela Equação 4:

$$WVP = \frac{G \times \delta F}{A \times T (P1 - P2)} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

- WVP = Permeabilidade do vapor d'água ($\text{g mm m}^{-2} \text{kPa}^{-1} \text{dia}^{-1}$)
- G = Ganho de massa em 24h (g)
- δ = Espessura (m)
- A = Área do filme (m^2)
- T = Tempo (s)
- P1 - P2 = Gradiente de Pressão (mmHg)

Solubilidade dos filmes

Para realização do teste de solubilidade foi utilizada a metodologia descrita por (PÉREZ CÓRDOBA *et al.*, 2018) adaptado, sendo os filmes cortados a um tamanho de 2cm x 2cm para dar início a esta análise. Os pedaços foram deixados em estufa a 105°C por 12 horas pesados em balança analítica, este peso foi anotado correspondendo ao peso inicial da amostra. Posteriormente foram transferidos para um Erlenmeyer com adição de 50 ml de água destilada, onde foi submetida a agitação constante em uma mesa Agitadora Orbital (MA-140/CF) a 30 rpm em uma temperatura de 25°C por 24 horas. Após esse tempo, os filmes foram colocados novamente na estufa seguindo o mesmo procedimento de secagem inicial, até que ocorresse sua desidratação durante uma hora, em seguida, foram pesados e adicionados novamente na estufa mais uma hora e assim este material fosse pesado novamente correspondendo o valor do peso final da amostra (massa final após solubilização). Esta análise foi realizada em triplicata, sendo a solubilidade determinada pela equação 5.

$$S = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

- S: Porcentagem da solubilidade (%)
- Mi: Peso inicial da secagem (g)
- Mf: Peso final da secagem (g)

Análise estatística

O comportamento dos filmes de CMC incorporados com extrato de antocianina do repolho roxo foi verificado por meio de uma análise qualitativa utilizando o teste de média, verificando assim a covariância e o desvio padrão. Os gráficos foram plotados utilizando o Excel 2017.

Resultados e Discussão

Avaliação visual dos filmes de CMC incorporados antocianina

A adição do extrato de antocianina a solução de CMC levou a formação de uma solução filmogênica satisfatória para produção de filmes. Essa solução após processo de casting resultou em um filme homogêneo, resistente e liso. Estes filmes estão apresentados na Figura 2. Observa-se ainda que filmes com coloração arroxeada, típica das antocianinas do repolho roxo.

Figura 2 - Filmes de CMC



Fonte: Dos autores, 2023.

Avaliação espectrofotométrica

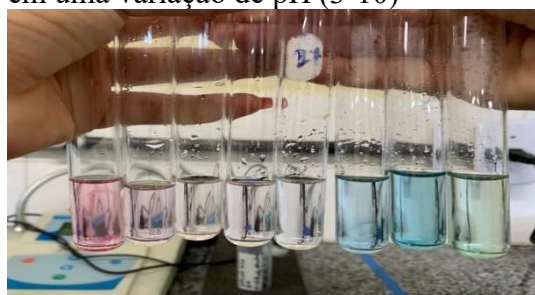
O extrato apresentou coloração distintas em diferentes pH, variando do rosa ao verde (pH3-10) (Figura 3). O filme manteve o mesmo padrão de coloração, contudo com intensidades mais claras resultantes da diluição do extrato na matriz do filme (Figura 4). Foi observado a olho nu que a coloração não mudou em pH ácido, pois a antocianina é estável nessa faixa de pH, a partir do pH 7 a tonalidade aumentou de violeta ao verde pois a mesma é instável em pH básico.

Figura 3 - Coloração do extrato em uma variação de pH (3-10)



Fonte: Autores, 2023.

Figura 4 - Coloração do filme em uma variação de pH (3-10)



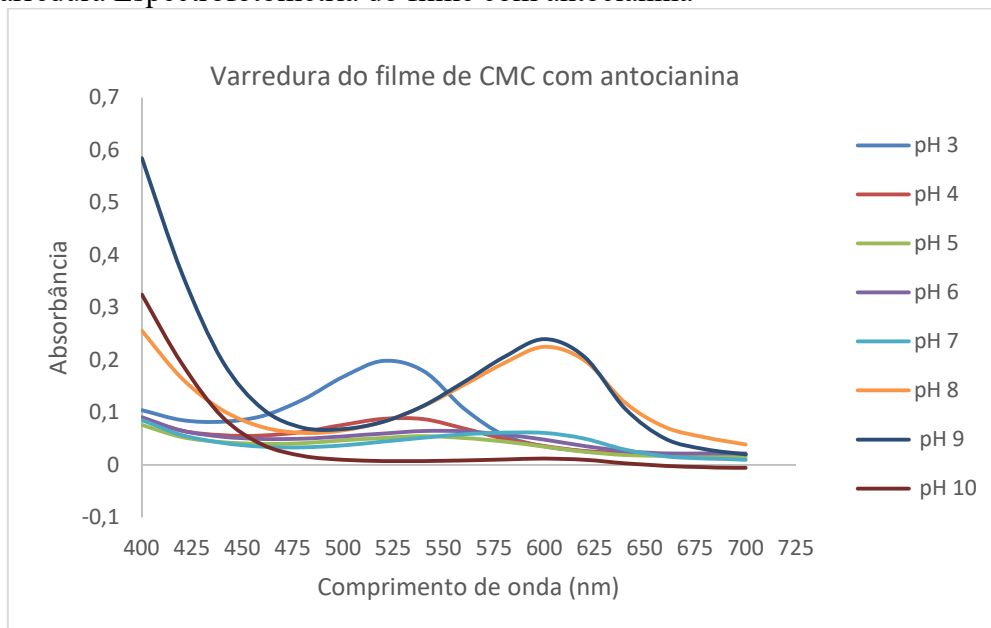
Fonte: Dos autores, 2023.

A mudança de cor do extrato e do filme está relacionada a alterações estruturais das antocianinas presentes no meio em função do pH (OANCEA, 2021). Essas estruturas apresentam comportamento ácido-base e, à medida em que o pH varia e tem consequente mudança de cor, do rosa ao verde, esta instabilidade de cor das antocianinas torna esses pigmentos úteis para monitorar a qualidade dos alimentos como um sistema de embalagem inteligente (VILARINHO *et al.*, 2019).

As antocianinas em pH menor que 7 há uma predominância do íon flavilium que possui coloração vermelha, em pH próximos a 7 ocorre a formação da base quinoidal neutra que possui coloração violeta e em pH maior que 7,5 ocorre uma predominância da base aniônica quinoidal que é azul. A combinação destas espécies químicas conduz as cores observadas nas figuras 3 e 4 nas soluções de antocianinas em diferentes pH (LOPES, 2007). Cabe ressaltar que para o filme a variação de cor foi menos acentuada na faixa de pH 4, 5, 6 e 7, decorrente possivelmente da baixa concentração de antocianinas no meio, pelo qual tornou-se incolor, em comparação com o extrato que apresentou coloração rosa mais intensa devido sua maior concentração.

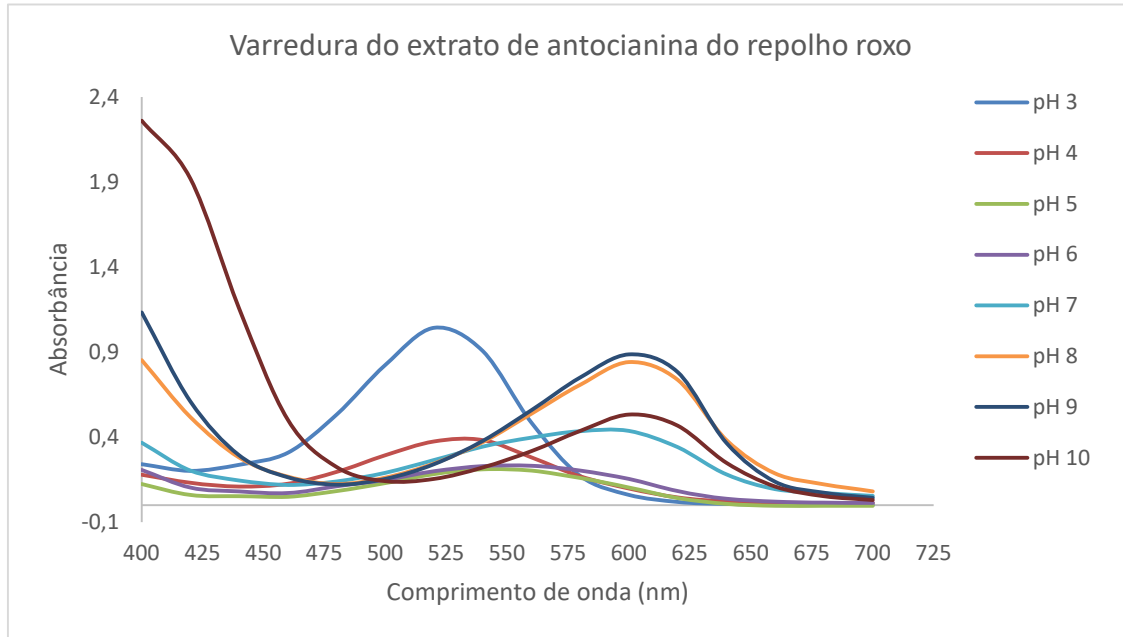
As Figuras 5 e 6 apresentam o espectro de absorção para o extrato e os filmes em diferentes pH durante a varredura. As antocianinas do repolho roxo revelaram um pico de absorção $\lambda_{max} = 526$ nm em um pH abaixo de 7, quando o pH elevou-se (7-10) a intensidade do pico de absorção aumentou gradualmente, apresentando uma transferência batocrômica em um comprimento de onda $\lambda_{max} = 620$ nm. O mesmo comportamento do extrato foi observado para o filme. Este resultado mostra que a incorporação do extrato ao filme não modificou suas propriedades.

Figura 5 -Varredura Espectrofotometria do filme com antocianina



Fonte: Autores, 2023.

Figura 6 - Varredura Espectrofotométrica do extrato



Fonte: Dos autores, 2023.

As antocianinas têm a particularidade de apresentar várias estruturas em solução cujo equilíbrio depende do pH do meio, isso influencia na coloração das antocianinas, as mesmas são mais estáveis em pH ácido, visto que, em função de sua acidez ou alcalinidade, estas podem apresentar diferentes estruturas (ZHENG *et al.*, 2021). Essa característica pode ser utilizada para o desenvolvimento de embalagens inteligentes para aplicação na área de alimentos.

Avaliação das análises de espessura, solubilidade e propriedades mecânicas.

Como mostrado na Tabela 1, a espessura do filme incorporado com antocianina foi menor comparado com o controle. Considerando que as antocianinas podem interagir com a CMC essa interação levou a formação do filme com uma estrutura um pouco mais fina para o filme com adição do extrato.

Os resultados da solubilidade em água demonstram que a presença de antocianinas não alterou a solubilidade dos filmes como apresentado na Tabela 1. Tanto o filme controle quanto o filme com adição de antocianinas foram completamente solúveis em água nas condições avaliadas. A solubilidade do filme na água é um importante, pois pode indicar proteção ou não de alimentos no qual o filme será utilizado. Além disso a solubilidade em água favorece os aspectos de biodegradabilidade dos materiais.

Tabela 1 - Resultado das análises de espessura, solubilidade, alongamento e tensão máxima do filme controle e incorporado com antocianina 50%

Análise	Símbolo	0%	50%
Espessura	Mm	0,058 ± 0,0086	0,047 ± 0,0063
Solubilidade	%	100	100
Alongamento	%	7,65 ± 3,28	6,64 ± 1,94
Resistência a tração	Mpa	0,13 ± 0,44	0,55 ± 0,42
Módulo de Young	Mpa	31034,48 ± 50368,44	26896,55 ± 13003,97
PVA	$g\ mm\ m^{-2}\ kPa^{-1}\ dia^{-1}$	0,003 ± 0,0 018	0,002 ± 0,0001

Os dados apresentados na tabela apresentam média ± desvio padrão.
 Fonte: Dos autores, 2023.

É possível observar que a inserção da antocianina alterou as propriedades mecânicas dos filmes, como tensão na ruptura (MPa), alongamento na tração (%), módulo de Young. O filme com antocianina possui uma maior resistência à tração comparado ao filme controle, possivelmente este parâmetro também tenha sido influenciado pela natureza hidrofílica das antocianinas.

O módulo de elasticidade é o parâmetro que caracteriza o material quanto a rigidez. O filme controle apresentou um maior valor do módulo de Young, pois filmes com menor umidade (0% de antocianina) tornam-se mais rígidos. O mesmo também apresentou uma maior elasticidade em relação ao filme incorporado com antocianina, isso pode ser influenciado pela a maior espessura do filme.

Para muitos produtos é importante que a embalagem atue como uma barreira ao vapor de água evitando a perda ou ganho de umidade. O filme com 0% de antocianina apresentou maior taxa de transmissão de vapor de água quando comparado aos filmes com 50% apresentando uma taxas de 0,003 e 0, ($g\ mm\ m^{-2}\ kPa^{-1}\ dia^{-1}$), respectivamente, ou seja, a adição do extrato reduziu a taxa de permeação de vapor de água quando comparado ao filme sem indicador, mostrando que a incorporação do extrato influenciou de forma positiva na redução da permeação de vapor de água, a diferença observada entre o filme de CMC com e sem indicador pode ter sido influenciada pela espessura dos filmes, tendo em vista que a espessura do filme sem indicador (0,058 mm) foi superior à espessura do filme com indicador (0,047 mm), esta diferença pode ter afetado a taxa de permeação.

Conclusão

A concentração de antocianinas totais obtida através da extração com solução acidificada foi satisfatória para o desenvolvimento dos filmes com CMC. O resultado do presente trabalho indica que o extrato de antocianinas do repolho juntamente com CMC pode ser utilizado para o desenvolvimento de materiais a serem destinados ao desenvolvimento de embalagens inteligentes.

Referências

- ABDOLLAHI, M.; REZAEI, M.; FARZI, G. A novel active bionanocomposite film incorporating rosemary essential oil and nanoclay into chitosan. **Journal of Food Engineering**, v. 111, n. 2, p. 343-350, 2012.
- ABEJÓN, R. *et al.* Environmental impact assessment of the implementation of a Deposit-Refund System for packaging waste in Spain: A solution or an additional problem?. **Science of the Total Environment**, v. 721, p. 137744, 2020.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard test method for water vapor transmission of material – ASTM E96-95, **Annual book of ASTM**, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials. 1995.
- CAZAL, M. M. Corantes Naturais como Compostos Bioativos. *Corantes Naturais: Do Laboratório ao Mercado*, 1 (1), 269-298, 2021.
- CHENG, Hao *et al.* Recent advances in intelligent food packaging materials: principles, preparation and applications. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 375, p. 131738, maio 2022.
- COSTA, M.; SALES JÚNIOR, R.; SOUZA, A. Tecnologias de embalagens no pescado: aplicações e tendências. **Pubvet**. v. 13, n. 5, p. 1–8, Mossoró. 2019.
- LOPES, T. J. *et al.* ANTOCIANINAS : UMA BREVE REVISÃO DAS CARACTERÍSTICAS. **Revista Brasileira de agrociencia**, v. 13, n. 3, p. 291–297, 2007.
- MIRI, Saba *et al.* Biodegradation of microplastics: Better late than never. **Chemosphere**, v. 286, p. 131670, 2022.
- OANCEA, Simona. A review of the current knowledge of thermal stability of anthocyanins and approaches to their stabilization to heat. **Antioxidants**, v. 10, n. 9, p. 1337, 2021.
- PÉREZ-CÓRDOBA, Luis J. *et al.* Physico-chemical, antimicrobial and antioxidant properties of gelatin-chitosan based films loaded with nanoemulsions encapsulating active compounds. **Food Hydrocolloids**, v. 79, p. 544-559, 2018.
- QIN, Yan *et al.* Preparation and characterization of active and intelligent packaging films based on cassava starch and anthocyanins from *Lycium ruthenicum* Murr. **International journal of biological macromolecules**, v. 134, p. 80-90, 2019.

SHALABY, S.; SHAH, K. “Chemical modifications of natural polymers and their technological relevance in Water Soluble Polymers: Synthesis, Solution Properties, and Applications”. **ACS Symposium Series**, American Chemical Society, pp. 467, 1991.

TEIXEIRA, S.; SOARES, N.; STRINGHETA, P. Desenvolvimento de embalagens inteligentes com alteração colorimétrica incorporadas com antocianinas: uma revisão crítica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021.

VILARINHO, Fernanda *et al.* **Hábitos de consumo e grau de conhecimento sobre embalagens alimentares de uma amostra da população portuguesa.** 2019.

ZHENG, Luman *et al.* Novel trends and applications of natural pH-responsive indicator film in food packaging for improved quality monitoring. **Food Control**, v. 134, p. 108769, 2022.

CAPÍTULO 7

Filmes bioativos à base de amido e gelatina reciclada incorporados com extrato de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller)

Maria Elis Ferreira Almeida*¹; Jocilane Pereira Oliveira²; Giovana Alkmin Barbosa Silva¹; Cristiane Patrícia Oliveira³; Lucas Britto Landim⁴; Normane Mirele Chaves Silva⁴

Resumo

Os problemas ambientais gerados pelo grande acúmulo de resíduos poliméricos provenientes dos plásticos convencionais provocaram um aumento nas pesquisas relacionadas a materiais biodegradáveis. Filmes biodegradáveis são materiais produzidos a partir de fontes naturais e que podem ser utilizados na fabricação de embalagens alimentícias, representando uma alternativa sustentável em detrimento das embalagens convencionais. A ora-pro-nóbis (OPN) é uma planta alimentícia não convencional que conta com a presença de compostos bioativos e possui potencial antioxidante. Esse trabalho teve como objetivo desenvolver filmes ativos a partir de amido da mandioca e gelatina reciclada incorporados com o extrato das folhas da OPN. Os extratos foram obtidos utilizando-se as folhas secas e trituradas, através da extração com etanol e água. Foram caracterizados quanto a análise de pH, sólidos solúveis (°Brix), matéria seca (%), rendimento (%) e atividade antioxidante (µg/mL). Os filmes foram produzidos via técnica de casting totalizando 4 tratamentos: filme padrão (sem extrato) e filmes com 5%, 10% e 15% de extrato. Foram caracterizados quanto à espessura, umidade, solubilidade, e capacidade antioxidante. O extrato apresentou de pH ácido (5,54), entretanto alto percentual de matéria seca (13,6%). O rendimento em extrato foi de 53%. A capacidade antioxidante total apresentou um valor de 408,99 µg/mL, o que demonstra o potencial dessa planta como antioxidante natural. Para caracterização dos filmes, verificou-se que os mesmos apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para as análises de espessura, atividade antioxidante e umidade. Em relação a análise de solubilidade, nenhum dos tratamentos apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Com os resultados obtidos nesse trabalho, conclui-se que o extrato de OPN apresenta propriedades funcionais com uma vasta possibilidade de ser utilizado como embalagens ativas atuando na conservação de alimentos.

Palavras-chave: Alimento. Antioxidantes. PANCs. Propriedades funcionais.

¹Discente graduação; Instituto Federal Baiano *Campus* Guanambi, Guanambi-BA, Brasil.

²Discente doutorado; Universidade Estadual da Bahia, Itapetinga-BA, Brasil.

³Docente, Universidade Estadual da Bahia, Itapetinga-BA, Brasil.

⁴Docente; Instituto Federal Baiano *Campus* Guanambi, Guanambi-BA, Brasil.

E-mail: elisalmeidards2002@gmail.com

Introdução

O plástico é o material mais utilizado para a produção de embalagens alimentícias, devido à ampla diversidade e inúmeras propriedades, como leveza, facilidade de processamento, maleabilidade, fácil vedação e baixo custo. No entanto, o seu uso representa um alto risco ao meio ambiente, uma vez que os produtos de origem fóssil são difíceis de decompor e, muitas vezes, são descartados sem um controle adequado (MOON *et al.*, 2011; KIM *et al.*, 2018). Nos últimos anos, as pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de materiais biodegradáveis, provenientes de fontes renováveis ou não, com propriedades que permitam a substituição (ainda que parcial) das embalagens tradicionais (provenientes do petróleo) têm sido estimuladas.

Os materiais biodegradáveis (biopolímeros ou polímeros naturais) são facilmente degradados pela atividade enzimática de organismos vivos, como fungos, bactérias e leveduras, tendo como produtos finais deste processo o CO₂, H₂O, biomassa ou hidrocarbonetos, que não são nocivos ao meio ambiente (MEDINA JARAMILLO *et al.*, 2016). Esses materiais têm sido amplamente pesquisados para diversas aplicações na área biomédica, farmacêutica, filmes comestíveis e matrizes de embalagens biodegradáveis inteligentes com funções antioxidantes, antimicrobianas, indicadoras de pH, entre outros (ADILAH *et al.*, 2018; VEIGA-SANTOS *et al.*, 2018).

A produção de blendas poliméricas a partir de amido e gelatina é uma opção com boas perspectivas, pois a gelatina, é um polímero natural, apresenta excelente propriedade filmogênica, abundância e biodegradabilidade. Porém, esse polissacarídeo pode apresentar um custo elevado, a depender do seu processo de produção, tipo e características desejadas, o que pode restringir o seu uso. Assim, uma das possibilidades de reduzir o custo do processo que envolve a produção de filmes que contenham gelatina em sua composição é a substituição da gelatina convencional pela gelatina reciclada na produção de filmes poliméricos (SILVA *et al.*, 2018). As principais funções das embalagens é conter, proteger, facilitar o transporte e o manuseio do produto e, ainda, fornece informações sobre o produto acondicionado. Recentemente, uma nova função foi atribuída às embalagens, que é a de interagir com alimento de modo proposital garantindo a integridade do produto durante o armazenamento, caracterizando a embalagem ativa (MALEKZADEH; TATARI; FIROUZABADI, 2023).

As embalagens ativas, muitas vezes, desempenham funções antimicrobianas e/ou antioxidantes para prolongar a vida de prateleira do alimento, para isso, têm sido empregados aditivos sintéticos. Entretanto, muitos estudos comprovam que o consumo excessivo desses compostos, podem provocar efeitos à saúde humana (AZNAR *et al.*, 2016; KECHICHIAN *et al.*, 2010). Diante disso, busca-se através de pesquisas, a substituição dos aditivos sintéticos por componentes naturais.

Compostos bioativos como extratos naturais, de plantas, frutas e óleos essenciais, podem ser empregados como substitutos dos aditivos sintéticos no desenvolvimento de embalagens ativas, pois apresentam agentes antioxidantes e antimicrobianos em sua composição (HALONEN *et al.*, 2020). Recentemente, estudos comprovaram a atividade antioxidante e antimicrobiana das folhas da planta ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) (OPN), o que possibilita o seu uso como agente ativo em filmes (SOARES; DE CASTRO; MARTINS, 2022). Porém ainda não há relatos na literatura da utilização desse extrato como ativo em blendas poliméricas. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo a obtenção de filmes bioativos à base de amido de mandioca e gelatina reciclada aditivados com extrato de OPN.

Material e Métodos

Materiais

- Amido de mandioca cedido pela Cargil Agrícola S.A.;
- Glicerol comercial (Dinâmica-Brasil);
- Gelatina bovina reciclada doada pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Métodos

Coleta e preparo dos extratos

As folhas da OPN foram coletadas junto aos produtores da região do município de Guanambi – BA e encaminhadas ao Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Baiano Campus Guanambi. Para a preparação dos extratos as folhas foram lavadas, sanitizadas, secas (até umidade abaixo de 10% em estufa a 35°C) e trituradas. Em seguida as folhas foram reduzidas a pó e submetidas à extração líquido-sólido com etanol: água (80:20, v / v) conforme previamente descrito por CORDEIRO *et al.* (2013). Inicialmente 10 (dez) gramas de pó seco foram suspensos em 100 mL do solvente seguido de homogeneização manual por 5 minutos e posteriormente, o material vegetal ficou mantido em contato com o solvente por 15 dias. Após esse período, as misturas foram centrifugadas e os sobrenadantes obtidos foram evaporados a vácuo em evaporador rotativo.

Preparo dos filmes

Os filmes foram produzidos através da técnica de casting, segundo metodologia proposta por (SOBRAL *et al.*, 2001; VALENCIA *et al.*, 2016; LUCHESE; SPADA; TESSARO, 2017) com adaptações.

Para a produção das soluções filmogênicas foram utilizados amido de mandioca, gelatina, glicerol e extrato de OPN. Primeiramente, as soluções de gelatinas foram obtidas dissolvendo 10,0 g de gelatina em 100 mL de água destilada por um período de 1(uma) hora, seguido de aquecimento em banho-maria à aproximadamente 85°C até total solubilização. Em outro recipiente, as suspensões de amido foram preparadas utilizando 4,0 g de amido em 100 mL de água destilada, as quais permaneceram em banho-maria (65°C) até total gelatinização. Após o preparo das duas soluções (gelatina e amido), essas foram misturadas e adicionadas de 30% de plastificante (glicerol) em relação à massa do amido e gelatina. A seguir, o extrato de OPN foi adicionado na quantidade de 5, 10 e 15% do extrato/100g de solução de amido e gelatina. A proporção foi realizada em relação ao componAs soluções filmogênicas obtidas foram aplicadas em placas de petri (150 x 15 mm) com a mesma quantidade de volume (26 g) para garantir uma espessura padrão. Estas soluções foram colocadas para secar em temperatura ambiente (25 °C) por 16 horas.

Caracterização dos extratos

O extrato produzido foi caracterizado quanto ao teor de sólidos solúveis, pH, rendimento, matéria seca, atividade antioxidante.

Determinação do teor de sólidos solúveis totais e matéria seca dos extratos

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado utilizando-se um refratômetro e a leitura das amostras foi realizada a 20°C. A matéria-seca dos extratos foi determinada gravimetricamente, por desidratação de amostras (≈ 2 g) a 105 °C por 24 h, utilizando-se estufa (modelo 315 SE, Fanem), em triplicatas (Gontard *et al.*, 1994). A matéria-seca foi calculada segundo Equação 1.

$$\text{Matéria - seca(\%)} = \left(\frac{mf}{mi} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

onde: mi: massa da amostra antes da secagem (g), mf: massa da amostra seca (g).

Análise do pH e rendimento do extrato

O valor de pH do extrato foi determinado com um pHmetro de bancada (modelo PG 2000, Gehaka). O rendimento dos extratos foi obtido medindo-se o volume final com auxílio de uma proveta de 100 mL. O cálculo foi realizado a partir do volume inicial de água adicionada com a seguinte Equação 2:

$$\text{Rendimento}(\%) = Vf \times 100/Vi \quad (\text{Eq. 2})$$

onde: Vf: volume final do extrato em mL, Vi: volume inicial de água em mL.

Análise de atividade antioxidante

A capacidade de antioxidante total do extrato foi realizada com adaptações de Prieto; Pineda e Aguilar (1999) pelo ensaio de redução do complexo fosfomolibdênio. Para formação do complexo, a reação requer o preparo de um reativo que consiste de uma solução com fosfato de sódio 0,1 mol/L (28 mL), molibdato de amônio 0,03 mol/L (12 mL) e ácido sulfúrico 3 mols/L (20 mL), sendo o volume final ajustado com H₂O para 100 mL. Os extratos e as frações foram preparados na concentração de 1%, assim como o padrão utilizado, ácido ascórbico. Em tubos de ensaio foram colocadas alíquotas de 0,3 mL de cada amostra e adicionado 3 mL de solução reagente do complexo fosfomolibdênio. Os tubos foram fechados e incubados a 95 °C por 90 minutos. Após resfriamento, as leituras das absorvâncias foram realizadas em espectrofotômetro UV/Visível (Kasuki IL-226-NM) no comprimento de onda 695 nm. O branco foi constituído de 0,3 mL de água destilada e 3 mL de reativo.

Caracterização dos filmes

Os filmes foram caracterizados quanto a espessura, umidade, solubilidade determinação da capacidade antioxidante total.

Espessura dos filmes

A espessura dos filmes foi determinada utilizando-se um micrometro digital (0,001 mm, Mitutoyo). Foram realizadas cinco medidas aleatoriamente ao longo de cada amostra, sendo a espessura obtida pelas médias destas (ESCOBAR, D; SALA, A; SILVERA, C; HARISPE, R; MÁRQUEZ, 2011).

Umidade e Solubilidade em água dos filmes

Para a análise de umidade em triplicata, as amostras foram cortadas, para cada replicata, em três discos de 2 cm de diâmetro, em seguida foram pesadas e colocadas em filtros e levadas a estufa a 105 °C por 24 h (GONTARD *et al.*, 2007). A umidade foi calculada a partir da Equação 3.

$$Umidade(\%) = \left(1 - \frac{mf}{mi}\right) \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

onde: mi: massa da amostra antes da secagem (g), mf: massa da amostra seca (g).

A solubilidade foi determinada seguindo a metodologia descrita por Gontard *et al.*, 2007. A amostra foi cortada para cada replicata em 3 discos de 2 cm de diâmetros e pesadas, antes da imersão em 50 mL de água destilada, onde foram mantidas por 24 h sob agitação mecânica (Mesa Agitadora Marconi-MA141), a 25 °C. Após este período, o material foi filtrado e pesado e, em seguida, desidratado em estufa a 105 °C por 24h para determinação do peso da matéria seca não dispersa em água, em triplicata. A solubilidade foi calculada segundo a Equação 4.

$$Solubilidade(\%) = (mi - mf) \div mi \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

onde: mi: massa da amostra inicial (g), mf: massa da amostra seca, após dispersão durante 24 h de imersão em água (g).

Atividade antioxidante dos filmes

A capacidade de antioxidante total dos filmes foi realizada com adaptações de Prieto; Pineda e Aguilar (1999) pelo ensaio de redução do complexo fosfomolibdênio. Para formação do complexo, a reação requer o preparo de um reativo que consiste de uma solução com fosfato de sódio 0,1 mol/L (28 mL), molibdato de amônio 0,03 mol/L (12 mL) e ácido sulfúrico 3 mols/L (20 mL), sendo o volume final ajustado com H₂O para 100 mL. Para análise dos filmes, os mesmos foram solubilizados em água destilada e colocados em chapa elétrica até o processo de dissolução. Os extratos e as frações foram preparados na concentração de 1%, assim como o padrão utilizado, ácido ascórbico. Em tubos de ensaio foram colocadas alíquotas de 0,3 mL de cada amostra e adicionado 3 mL de solução reagente do complexo fosfomolibdênio. Os tubos foram fechados e incubados a 95 °C por 90 minutos. Após resfriamento, as leituras das absorbâncias foram realizadas em espectrofotômetro UV/Visível (Kasuki IL-226-NM) no comprimento de onda 695 nm. O branco foi constituído de 0,3 mL de água destilada e 3 mL de reativo.

Análises estatísticas

O experimento foi instalado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 2 repetições e em triplicata. As análises estatísticas foram realizadas usando o software estatístico (SAS, The SAS Institute, EUA). Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste de tukey às médias dos tratamentos. Todas as análises foram verificadas com nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

Caracterização do extrato

Os resultados obtidos da caracterização do extrato estão apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Resultados obtidos para as análises de caracterização do extrato de OPN: pH, sólidos solúveis (°Brix), matéria-seca, rendimento e atividade antioxidante total

Características	pH	Sólidos Solúveis (°Brix)	Matéria-seca (%)	Rendimento (%)	Atividade antioxidante (µg/mL)
Valor	5,54	0,2	13,60	53,00	408,99

Fonte: Autores, 2023.

Analisando a Tabela 1, observa-se que o extrato de OPN apresentou valor de pH igual a 5,54, esse resultado indica que esse extrato apresenta um caráter ácido. Segundo a Farmacopéia Brasileira (2000), o valor de referência é de 4,0 a 7,0. A maioria das bactérias crescem na faixa de 6,0 a 8,0 sendo de caráter neutrófilo, mas também existem bactérias que crescem na faixa de pH ácido (ANDRE; VASCONCELOS E SILVA, 2013). Para o teor de sólidos solúveis totais, o mesmo apresentou um valor de 0,2 °Brix, esse resultado pode estar relacionado a degradação de alguns componentes durante a secagem das folhas (OLVEIRA, 2017). Já a matéria-seca, apresentou um resultado de 13,60 %, esse valor é considerado seguro pela legislação brasileira, que estabelece limite máximo de 15g/100g para farinhas, amidos e farelos (BRASIL, 2005). O rendimento foi na ordem de 53%, esse demonstra que o método de secagem não provocou danos ao vegetal. Segundo Rodrigues *et al.*, (2011) o cálculo do rendimento de extratos é fundamental no cultivo e colheita de plantas. Pois, implicará diretamente na massa fresca necessária para obter-se, por dado processo de secagem, determinado teor de extrato, com redução das estimativas de custo e menor perda na cadeia produtiva dessas plantas.

Para capacidade antioxidante total obteve-se um valor de 408,99 µg/mL, esse valor demonstra o potencial dessa planta para ser utilizada como um antioxidante natural podendo ser utilizada na conservação de alimentos, além do uso para o desenvolvimento de embalagens ativas. De acordo Freitas *et al.*, (2014) tal propriedade está relacionada com os compostos fenólicos presentes na planta, os quais atuam interrompendo a cadeia de radicais livres na etapa de iniciação do processo oxidativo.

Diversos estudos já foram realizados no que se refere a avaliação da atividade antioxidante de extratos de PANCs como a OPN. No entanto, a maioria dos trabalhos utilizaram outros métodos de avaliação, como o método de captura dos radicais DPPH e ABTS, o que inviabiliza a comparação dos resultados obtidos nesse estudo com outros estudos apresentados pela literatura disponível. Ademais, modificações introduzidas nas metodologias, tais como o tipo de solvente utilizado, os volumes adicionados das soluções de extrato e de reagentes contribui para a dificuldade de comparação entre diferentes estudos (COSTA *et al.*, 2020).

Diante dessas particularidades, torna-se importante empregar mais de um método na avaliação da capacidade antioxidante de amostras complexas, como os extratos vegetais. (OLIVEIRA, 2023).

Caracterização dos filmes

Os resultados da caracterização dos filmes quanto à análise de espessura e atividade antioxidante total estão apresentados na Tabela 2. Os dados mostram que houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) ao nível de 5% de significância.

Tabela 2 - Resultados obtidos para as análises de espessura e atividade antioxidante total dos filmes aditivados com extrato de OPN

Tratamento	Espessura (mm)	Atividade antioxidante (µg/ml)
T1	0,03 ^a ± 0,003	52,52 ^d ± 0,5
T2	0,02 ^{ab} ± 0,007	238,60 ^c ± 1,2
T3	0,02 ^b ± 0,003	295,38 ^b ± 0,3
T4	0,01 ^b ± 0,003	299,49 ^a ± 0,6

Fonte: Autores, 2023.

Legenda: T1: filme sem adição do extrato (padrão); T2: filme com 5% de extrato de OPN; T3: filme com 10% de extrato de OPN; T4: filme com 15% de extrato de OPN.

Nota: Médias que compartilham da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

É fundamental conhecer e controlar a espessura do filme, pois influencia diretamente nas propriedades mecânicas e na transmitância de luz. Sua espessura interfere justamente na penetração de oxigênio em alimentos embalados e pode acelerar a sua deterioração (KUREK *et al.*, 2019). Com

relação a análise de espessura dos filmes, os resultados mostram que o Tratamento 1 (padrão) apresentou o maior valor numérico quando comparado com os outros tratamentos. Porém, percebeu-se que a adição do extrato não influenciou significativamente ($p > 0,05$) na espessura dos filmes.

Yan *et al.* (2021) estudaram filmes de quitosana aditivados com extrato de casca de romã e relataram não haver diferença significativa na espessura dos filmes. Segundo os autores, os compostos fenólicos do extrato podem ter espalhado pela superfície do filme sem alterar a espessura de forma significativa.

Bitencourt *et al.* (2014), em um trabalho do qual desenvolveu filmes de gelatina com extrato de cúrcuma e, não observaram efeito da adição do extrato na espessura dos filmes. Isso reforça a hipótese de que a adição de extratos não influenciou na espessura dos filmes ativos.

A análise da atividade antioxidante apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em todos os tratamentos. Os filmes adicionados com extrato de OPN (T2, T3 e T4) apresentaram valores bem superiores quando comparados com a amostra que não possuía o extrato em sua composição. Diversas pesquisas ao caracterizarem o extrato de OPN, através de várias metodologias, comprovaram que esse extrato apresenta grande potencial antioxidante (MORAES, *et al.*, 2019; FREITAS, *et al.*, 2021 SOARES, *et al.*, 2022). Para essa pesquisa, nota-se que a mistura de gelatina reciclada e amido não influenciou no resultado da atividade antioxidante total dos filmes, portanto essa blenda polimérica incorporada com OPN apresenta grande potencial para ser utilizada como embalagens ativas alimentícias.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para caracterização dos filmes em relação as análises de umidade e solubilidade.

Tabela 3 - Resultados obtidos para as análises de umidade e solubilidade dos filmes aditivados com extrato de OPN

Tratamento	Umidade (%)	Solubilidade (%)
T1	3,86 ^b ± 1,41	57,78 ^a ± 0,87
T2	3,52 ^b ± 0,98	67,56 ^a ± 0,81
T3	9,93 ^a ± 0,93	61,98 ^a ± 0,33
T4	9,98 ^a ± 0,56	64,99 ^a ± 0,37

Fonte: Autores, 2023.

Legenda: T1: formulação sem adição do extrato (padrão); T2: filme com 5% de extrato de OPN; T3: filme com 10% de extrato de OPN; T4: filme com 15% de extrato de OPN.

Nota: Médias que compartilham da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para a análise de umidade dos filmes, nota-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os Tratamentos 1 e 2. Porém, esses diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos outros tratamentos

(T3 e T4), os quais apresentaram valores de umidade superiores. A quantificação da umidade dos filmes caracteriza a fração de água que nele está inserida (CERQUEIRA *et al.*, 2012). Estudos descritos na literatura apresentam valores de umidade para filmes de gelatina entre 9 e 14% (BRANDALISE, 2017). Nesse sentido, os filmes dos tratamentos 3 e 4 apresentaram resultados de acordo com a literatura.

De acordo com Rubilar *et al.*, (2013) e Pereda *et al.*, (2011) a parcela de umidade nos filmes também depende do volume do plastificante (glicerol) presente, que, por conta da sua hidrofílicidade, conserva a água na matriz do filme, elevando a inter-relação entre elas, o que pode explicar a baixa umidade dos filmes desenvolvidos neste estudo. Estudos descritos na literatura apresentam valores de umidade para filmes de gelatina entre 9 e 14% (BRANDALISE, 2017). Nesse sentido, exceto o T4, os filmes apresentaram resultados de acordo com a literatura.

Para os resultados de solubilidade, verifica-se que os tratamentos não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Os filmes T2 (filme com 5% de extrato de OPN) e T4 (filmes com 15% de extrato de OPN) apresentaram um maior percentual de solubilidade.

Determinar a solubilidade filmes poliméricos, é fundamental, uma vez que determina o quanto o filme é resistente à presença de água (RODRIGUES *ET AL.*, 2021) indicando qual tipo de produto pode ser aplicado. Além disso, indica o quanto o filme dissolve em meio aquoso (KAMKAR *et al.*, 2021).

Conclusão

Os resultados constataram que o extrato de OPN apresentou propriedades funcionais com uma vasta possibilidade de ser utilizado como embalagens ativas atuando na conservação de alimentos.

A pesquisa possibilitou o desenvolvimento de filmes biotivos à base de gelatina reciclada e amido de mandioca, que apresentam um grande potencial de contribuir para a indústria de embalagem oferecendo uma alternativa ecológica e segura reduzindo assim, os resíduos no meio ambiente. É importante ressaltar que mais pesquisas nessa área são necessárias, avaliando a eficácia dos filmes em diferentes aplicações. Além disso, a análise sensorial é um aspecto importante a ser considerado para garantir a aceitação dos consumidores.

Referências

ADILAH, A. N. *et al.* Utilization of mango peel extracts on the biodegradable films for active packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, [S. l.], v. 16, p. 1–7, 2018. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.01.006.

ANDRE, A. C. G. M.; SILVA, A. P. F.; VASCONCELOS, E. M. **Caracterização físico-química do**

material vegetal e dos extratos de *Cestrum laevigatum schldl* (Solanaceae). Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT-ALAGOAS, v. 1, n. 2, p. 11-19, 2013.

AZNAR, M. *et al.* Progress in mass spectrometry for the analysis of set-off phenomena in plastic food packaging materials. **Journal of Chromatography A**, [S. l.], v. 1453, p. 124–133, 2016. DOI: 10.1016/j.chroma.2016.05.032.

BRANDALISE, E. B. **Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis de gelatina recuperada de resíduo do couro curtido ao cromo (III) com tratamento enzimático.** 2017. Dissertação (mestrado) - Programa de pós-graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias – Universidade de Caxias do Sul, 2017.

BRASIL. Agencia Nacional de Vigilância- ANVISA. Resolução-RDC Nº 263, de 22 de Setembro de 2005. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 de Setembro de 2005.

BITENCOURT, C. M. *et al.* Gelatin-based films additivated with curcuma ethanol extract: Antioxidant activity and physical properties of films. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 40, p. 145–152, 2014. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.02.014.

BONOMO, R. C. F. *et al.* Effect of the Incorporation of Lysozyme on the Properties of Jackfruit Starch Films. **Journal of Polymers and the Environment**, 2018.

CIRÍACO, A. C. de A. **Determinação da antioxidante e compostos fenólicos da polpa do fruto e da farinha do caule e da folha da ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller).** Dissertação (mestrado). Morrinhos, Go: IF Goiano, 2021.

CERQUEIRA, M. A. *et al.* Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films – A comparative study. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 175–184, 2012. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.07.007.

CORDEIRO, A. M. T. M. *et al.* Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L .) extract Thermal study and evaluation of the antioxidant effect on vegetable oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 113, n. 2, p. 889–895, 2013. DOI: 10.1007/s10973-012-2778-4.

COSTA, K. A. D. *et al.* **Composição centesimal, atividade antioxidante e antimicrobiana de uma planta alimentícia não convencional (panc) do gênero *Amaranthus*.** Congresso Internacional da Agroindústria (CIAGRO), 2020.

ESCOBAR, D. *et al.* Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. **Innotec**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 33–36, 2011. DOI: 10.26461/04.07.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA, parte II, fascículo 2/Comissão Permanente de Revisão da **Farmacopéia Brasileira**. – 4. ed. – São Paulo: Atheneu Editora, 2000.

FREITAS, R. C. *et al.* Avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante das espécies *Plectranthus amboinicus* (Lour.) e *Mentha x villosa* (Huds.). **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 35, n. 1, p.113-118, 2014.

GONTARD, N. *et al.* Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability

and other physical properties. **International Journal of Food Science & Technology**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 39–50, 2007. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1994.tb02045.x.

HALONEN, N. *et al.* Bio-Based Smart Materials for Food Packaging and Sensors – A Review. **Frontiers in Materials**, [S. l.], v. 7, 2020. DOI: 10.3389/fmats.2020.00082.

KAMKAR, A. *et al.* Nanocomposite active packaging based on chitosan biopolymer loaded with nano-liposomal essential oil: Its characterizations and effects on microbial, and chemical properties of refrigerated chicken breast fillet. **International Journal of Food Microbiology**, v. 342, n. August 2020, p. 109071

KECHICHIAN, V. *et al.* Natural antimicrobial ingredients incorporated in biodegradable films based on cassava starch. **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 43, n. 7, p. 1088–1094, 2010. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.02.014.

KIM, S. *et al.* Application of Adzuki Bean Starch in Antioxidant Films Containing Cocoa Nibs Extract. **Polymers**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. 1210, 2018. DOI: 10.3390/polym10111210.

KUREK, M. *et al.* Comparison of protective supports and antioxidative capacity of two bio-based films with revalorised fruit pomaces extracted from blueberry and red grape skin. **Food Packaging and Shelf Life**, Amsterdam, v. 20, p. 100315, 2019.

LUCHESE, C. L.; SPADA, J. C.; TESSARO, I. C. Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films. **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 109, p. 619–626, 2017. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.09.020.

MALEKZADEH, E.; TATARI, A.; FIROUZABADI, M. D. Preparation, characteristics, and soil-biodegradable analysis of corn starch/nanofibrillated cellulose (CS/NFC) and corn starch/nanofibrillated lignocellulose (CS/NFLC) films. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 309, n. November 2022, p. 120699, 2023. DOI: 10.1016/j.carbpol.2023.120699.

MEDINA JARAMILLO, C. *et al.* Biodegradability and plasticizing effect of yerba mate extract on cassava starch edible films. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 151, p. 150–159, 2016. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.05.025.

MUÑOZ, L. A. *et al.* Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate. **Journal of Food Engineering**, v. 111, n. 3, p. 511-518, 2012.

OLIVEIRA, A. F. N. N. **Potencial antioxidante, antimicrobiano e alimentício das folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill)**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, 2023.

PEREDA, M. *et al.* Structure and properties of nanocomposite films based on sodium caseinate and nanocellulose fibers. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 103, n. 1, p. 76–83, 2011. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.10.001.

PRIETO, P.; PINEDA, M.; AGUILAR, M. Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity through the Formation of a Phosphomolybdenum Complex: Specific Application to the Determination of Vitamin E. **Analytical Biochemistry**, [S. l.], v. 269, n. 2, p. 337–341, 1999. DOI: 10.1006/abio.1999.4019.

RODRIGUES, M. Á. V. *et al.* Chitosan/gelatin films with jatobá resin: Control of properties by vegetal resin inclusion and degree of acetylation modification. **International Journal of Biological Macromolecules**, 182. 1737–1745, 2021b.

RODRIGUES, T. S. *et al.* Methods estimated drying and percentage of extracts in leaves of *Plectranthus barbatus* (Brazilian bold) and *P. ornatus* (false bold). **Rev. bras. plantas med.** 13, 2011.

RUBILAR, J. F.; *et al.* Physico-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 115, n. 4, p. 466–474, 2013. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.07.009.

SILVA, N. M. C. *et al.* Starch-recycled gelatin composite films produced by extrusion: Physical and mechanical properties. **Journal of Applied Polymer Science**, [S. l.], v. 135, n. 19, p. 46254, 2018. DOI: 10.1002/app.46254.

SOARES, L. C.; DE CASTRO, A. B.; MARTINS, M. V. Potencial antioxidante e valor nutricional das folhas da ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller): um estudo de revisão / Antioxidant potential and nutritional value of ora-pro-nobis leaves (*Pereskia aculeata* Miller): a review study. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 6649–6659, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n1-450.

SOBRAL, P. J. A. *et al.* Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 15, n. 4–6, p. 423–432, 2001. DOI: 10.1016/S0268-005X(01)00061-3.

SUN, Q. *et al.* Effect of retrogradation time on preparation and characterization of proso millet starch nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 111, p. 133–138, 2014. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.03.094.

VALENCIA, G. A.; *et al.* Physical and morphological properties of nanocomposite films based on gelatin and Laponite. **Applied Clay Science**, [S. l.], v. 124–125, p. 260–266, 2016. DOI: 10.1016/j.clay.2016.02.023.

VEIGA-SANTOS, P. *et al.* Coffee-cocoa additives for bio-based antioxidant packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, [S. l.], v. 18, p. 37–41, 2018. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.08.005.

XU, T. *et al.* Structure, physical and antioxidant properties of chitosan-gum arabic edible films incorporated with cinnamon essential oil. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 134, p. 230–236, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.04.189.

YAN, J. *et al.* A pH indicator film based on chitosan and butterfly pudding extract for monitoring fish freshness. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 177, p. 328–336, 2021. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.02.137.

CAPÍTULO 8

Elaboração e caracterização de bolo integral com farinha de banana verde e psyllium

Maria Laura Lourenço Moreira ^{*1}; Christiano Vieira Pires ²; Emanuelle Couto Soares¹; Felipe Machado Trombete²; Aline Cristina Arruda Gonçalves²; Washinton Azevedo da Silva²

Resumo

O bolo é um alimento popular na dieta brasileira, entretanto em sua formulação tradicional, geralmente é um produto com alto teor de açúcares e gorduras, e baixo teor de fibras alimentares, resultando em produtos de baixo valor nutricional. Devido à crescente demanda por alimentos mais saudáveis, a indústria tem buscado o desenvolvimento de bolos com um perfil nutricional mais saudável, atendendo aos desejos do consumidor, cada vez mais preocupado com sua alimentação. As fibras alimentares são um componente importante e seu consumo tem sido associado a diversos benefícios à saúde, como melhoria no controle glicêmico, no metabolismo lipídico e auxílio no tratamento de obesidade. O psyllium, uma fibra solúvel encontrada nas cascas das sementes de *Plantago ovata*, tem sido estudado por suas propriedades funcionais. Estudos mostram que o psyllium auxilia na redução do colesterol LDL, regula os níveis de glicose no sangue, atua como laxante e melhora a regularidade intestinal. A farinha de banana, que é rica em amido resistente, outra forma de fibra alimentar, é também uma importante fonte de fibra. Sendo assim, este estudo objetivou elaborar e caracterizar bolos integrais e fonte de fibras, contendo psyllium e farinha de banana verde. Foram preparadas duas formulações de bolos integrais com farinha de banana verde: uma sem psyllium e outra com psyllium. Os bolos foram caracterizados em termos do teor de umidade, proteína, cinzas, lipídios, fibra e carboidratos, cor, atividade de água e perfil de textura. Os resultados mostraram que o bolo com psyllium apresentou 3,1 g de fibras na porção, correspondendo a 12% das necessidades diárias, indicando que o bolo com psyllium pode ser considerado fonte de fibras, de acordo com a legislação. A inclusão desses ingredientes ricos em fibras melhora a qualidade nutricional do produto, trazendo inúmeros benefícios para a saúde.

Palavras-chave: Amido resistente. Controle glicêmico. Fibras alimentares. Nutrição.

¹ Bolsista de Iniciação Científica, curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de São João del-Rei.

² Professor, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de São João del-Rei.

* E-mail: marialourencomireira@gmail.com

Introdução

O bolo é um alimento que faz parte da dieta dos brasileiros, estando entre os produtos mais consumidos, sendo responsável por 3,0% das calorias diárias, junto a tortas e biscoitos doces (LOUZADA *et al.*, 2015; SIMÕES *et al.*, 2018). Por ser considerado um alimento não saudável devido ao alto teor de açúcar e gordura na sua formulação tradicional, a indústria alimentícia tem desenvolvido bolos com perfil nutricional mais saudável (MAJZOOBI *et al.*, 2018). Contudo, a reformulação de receitas e adição de novos ingredientes podem modificar as características sensoriais de um bolo e influenciar na qualidade e aceitabilidade do novo produto (FRADINHO; NUNES; RAYMUNDO, 2015).

O interesse da população pela qualidade dos alimentos vem crescendo. Segundo a RDC n° 263, de 22 de setembro de 2005 os produtos de cereais são obtidos a partir das partes comestíveis de cereais, podendo ser submetidos a processos de maceração, extração, moagem, tratamento térmico e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos (BRASIL, 2005).

Com a procura por produtos alimentícios mais saudáveis pelo consumidores, surge então a necessidade de novos produtos, como produtos ricos em fibras, livres de gordura trans e isentos de lactose (RAUPP *et al.*, 2002; MARTIN *et al.*, 2004; CASÉ *et al.*, 2005; VAZ *et al.*, 2006).

A fibra alimentar (FA) é um componente comestível de todas as plantas, definido como resistente à digestão e absorção no intestino delgado, geralmente é fermentada parcialmente ou completamente no intestino grosso. As fibras solúveis apresentam comprovadamente efeitos benéficos no controle da glicemia e no metabolismo de lipídeos (MUTTONI, 2017). Elas possuem característica de diminuição da glicose no sangue, por diminuir a absorção de carboidratos no intestino por meio da viscosidade aumentada. As fibras alimentares diminuem os riscos de desenvolver Diabetes tipo II, doenças cardiovasculares e câncer de cólon (KACZMARCZYK *et al.*, 2012).

Uma dieta rica em fibras é muito importante para a saúde em adultos e crianças. Recomenda-se que os adultos consumam 25 a 30 g/dia. No entanto, relativamente poucos indivíduos atingem a quantidade desejada de fibra em suas dietas (JANE *et al.*, 2019).

Um tipo de fibra alimentar que pode auxiliar no controle glicêmico é o psyllium. Psyllium é uma planta com elevado teor de fibra solúvel (encontrada na casca das sementes da *Plantago ovata*) que tem vários benefícios funcionais comprovados, tais como a redução do colesterol LDL, o controle da glicemia, laxante, retarda o tempo de esvaziamento gástrico e tem sido estudada por muitos pesquisadores. Tem sido adicionada com sucesso em produtos alimentício, principalmente como fonte de hidrocolóide em formulações sem glúten (FRANCO *et al.*, 2020).

O psyllium tem sido extensivamente pesquisado devido a sua inclusão em muitos laxantes comuns de venda livre, atuando na regularidade intestinal. O mesmo demonstrou ser um suplemento eficaz para diminuir o risco de doença cardiovascular e elevar a pressão sanguínea (em hipertensos), melhorando os perfis lipídicos no sangue e regulando o intestino (JANE *et al.*, 2019).

A fração da casca do psyllium é formado de 55% de gel. Pouco fermentado sendo esse comportamento que aumenta a umidade das fezes e a excreção fecal de ácido biliar. Esse gel, no intestino, retém os nutrientes e ficam dessa forma protegidos das ações das enzimas digestivas e têm menos chances de atingir a parede do intestino para absorção. Dessa maneira, reduz o aumento acentuado de glicose no sangue após a refeição e melhora a sensibilidade das células à ação da insulina (ABUTAIR *et al.*, 2016).

Em estudo controlado randomizado com pacientes diabéticos tipo II recém identificados, composto por 20 participantes homens e mulheres, foi introduzido o psyllium 15 minutos antes do almoço (7 g) e 15 minutos antes do jantar (3,5 g) com 150 mL de água para cada dose. Após oito semanas de intervenção, a suplementação com a fibra mostrou redução significativa no Índice de Massa Corporal (IMC), HbA1C, nível de insulina, glicose em jejum e nos índices HOMA- &946 (ABUTAIR *et al.*, 2016).

Outra importante fonte de fibra alimentar é a farinha de banana verde, a qual é rica em amido resistente, componente resistente a ação de enzimas digestivas. Segundo Cassettari (2015) a banana verde é um dos alimentos com maior índice de amido resistente, contendo também pectina na casca, um polissacarídeo presente na parede celular age como fibra alimentar. Contudo, quando a banana está amadurecendo, reduz de forma significativa a quantidade de amido resistente.

De acordo com José (2014), a biomassa de banana verde é um alimento funcional, por causa do alto índice de amido resistente que se encontra na polpa, atuando como fibra alimentar. Esse tipo de alimento auxilia no trânsito intestinal, na prevenção e tratamento da constipação, auxilia a controlar níveis de colesterol e açúcar no sangue e ainda previne doenças como câncer de intestino.

A banana verde tem alta concentração de amido resistente, que é um polissacarídeo não digerido, mas que traz benefícios ao corpo humano, como fermentação colônica pelas bfidobactérias, efeitos na resposta glicêmica, aumento do bolo fecal, prevenção do câncer de cólon intestinal, entre outros. Outra vantagem no consumo desse alimento é o processamento da fermentação do amido resistente nos pedaços finais do cólon intestinal contribuindo para eliminar os produtos maléficos a saúde do intestino e para reabsorver os indesejáveis de ácido biliares (NASCIMENTO, 2019).

Apesar das pessoas terem certa rejeição com produtos ainda verde, a banana verde pode ser utilizada de diversas formas, como na confeitaria, panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis. A biomassa da banana verde não causa alteração de sabor nos alimentos, mas eleva a quantidade de

proteínas, fibras, minerais e maior rendimento dos produtos em decorrência da absorção de água (AMORIM, 2019).

Sendo assim, este trabalho objetivou a elaboração e caracterização de bolo integral fonte de fibras contendo farinhas de banana verde e de psyllium.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de São João del – Rei, Campus Sete Lagoas – MG. Todos os ingredientes utilizados para a elaboração dos bolos foram adquiridos no comércio local (Sete Lagoas-MG-Brasil).

Os bolos integrais com farinha de banana verde foram elaborados no Laboratório de Análise Sensorial do DEALI-UFSJ. Foram elaboradas 2 formulações, conforme apresentado na Tabela 1, sendo elas: F1: Bolo integral com farinha de banana verde e F2: Bolo integral com farinha de banana verde acrescido de psyllium. Para preparo dos bolos as claras dos ovos foram batidas por 2 min para formação de neve, seguido da adição das gemas, açúcar mascavo, óleo de girassol, leite desnatado e essência de baunilha, farinha de trigo integral e farinha de banana verde (F1) e na formulação F2 foram adicionadas as mesmas farinhas da F1 acrescido de psyllium. O fermento em pó foi adicionado por último em ambas as formulações. A massa foi então vertida em formas de aço carbono 35 x 26 x 3 cm e levadas ao forneamento em forno pré-aquecido a 180°C por 20 min e assados durante 30 min na mesma temperatura. Os produtos assados foram resfriados em temperatura ambiente (Figura 1).

A caracterização química foi realizada no Laboratório de Análise de Alimentos, DEALI-UFSJ, Campus Sete Lagoas. Os teores de umidade foram determinados por secagem em Balança Determinadora de Umidade por infravermelho Mart, ID200. As quantificações de proteína foram feitas pelo conteúdo de nitrogênio total, segundo método de micro – Kjeldahl (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2011). A determinação de cinzas foi realizada em forno mufla a 550°C (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2011). Os teores de lipídeos foram obtidos por meio de extração direta com éter de petróleo em aparelho determinador de gordura TE-044, Tecnal Equipamentos. Os teores de fibras alimentares foram obtidos por meio de cálculo, baseado na formulação por meio do software Nutrimenu Rotulagem. O rendimento dos bolos foram calculados a partir de regra de três com os valores da pesagem da massa antes e depois de fornecer. E os teores de carboidratos determinado por diferença, subtraindo-se de 100 os demais teores. Todas as análises físico-químicas foram feitas em triplicata para cada amostra.

Os parâmetros colorimétricos foram avaliados com o colorímetro Konica Minolta, CR410. Os resultados foram expressos em valores de L*, a* e b*, em que os valores de L (luminosidade ou brilho)

variam do preto (0) ao branco (100), os valores do croma a variam do verde (-60) ao vermelho (+60) e os valores do croma b variam do azul (-60) ao amarelo (+60). A leitura foi realizada em três pontos distintos da amostra, tanto na crosta quanto no miolo e o resultado final foi obtido a partir da média entre as três leituras da amostra.

Figura 1 - Fotografia das amostras de bolo integral com farinha de banana verde (esquerda) e com a adição de psyllium (direita)



Fonte: Dos Autores, 2023.

Tabela 1 – Ingredientes utilizados nas formulações de bolo integral com farinha de banana verde com e sem adição de psyllium

Ingredientes	F1 (%)	F2 (%)
Farinha de trigo integral	29,27	29,27
Leite desnatado	19,51	19,51
Açúcar mascavo	14,63	14,63
Ovos	14,63	14,63
Farinha de banana verde	9,76	7,80
Óleo de girassol	9,76	9,76
Psyllium	0	1,96
Fermento em pó químico	1,46	1,46
Essência de baunilha	0,98	0,98

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: F1: Bolo integral com farinha de banana verde sem psyllium; F2: Bolo integral com farinha de banana verde acrescido de psyllium.

A atividade de água foi medida com o aparelho LabTouch (Novasina, Switzerland), com faixa de medição de 0 a 1,0.

A Análise do Perfil de Textura ou TPA (Texture Profile Analysis) foi realizada utilizando-se texturômetro TA.XTplus (Stable Micro Systems, Godalming, UK). As amostras dos bolos foram cortadas em cubos de 2,0 cm de aresta. Os pedaços foram submetidos a uma carga de compressão em

dois ciclos, com tempo de 5 s, a uma distância de 50,0% da aresta através de um probe cilíndrico de HDP de 50mm de diâmetro com velocidade de teste de 2mm/s. Foram avaliados nove cubos de cada formulação (F1 e F2) e os parâmetros obtidos foram de firmeza, coesividade, adesividade e mastigabilidade.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão descritos os valores da composição centesimal das formulações de bolo integral com farinha de banana verde com adição de psyllium e sem adição psyllium.

Tabela 2 – Composição centesimal de formulações de bolo farinha de banana verde com e sem psyllium

Amostras	Cinzas (%)	Proteína (%)	Lípídeos (%)	Umidade (%)	Fibras (%)	Carboidratos
F1	2,21±0,05	5,93±0,11	12,81±0,29	26,53±0,62	2,1	50,42
F2	2,47±0,06	5,71±0,36	13,17±0,13	23,13±0,54	3,1	52,42

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: F1: Bolo integral com farinha de banana verde sem psyllium; F2: Bolo integral com farinha de banana verde acrescido de psyllium.

Conforme observado na Tabela 2 a amostra F2 apresentou maior teor de cinzas que a amostra F1. O psyllium é uma fonte de minerais e apresenta teores significativos de potássio, cálcio, magnésio e ferro. Esses minerais desempenham papéis importantes no corpo humano, contribuindo para diversas funções fisiológicas. De acordo com Borges, Pereira e Lucena (2009), a farinha de banana verde (FBV) também contém uma quantidade significativamente maior de minerais em comparação com outras farinhas disponíveis no mercado. Esse fato pode ser a razão para o aumento gradual no teor de cinzas encontrado na formulação F2.

De acordo com a Tabela 2 a formulação F1 apresentou maior teor proteico em relação a F2. O aumento na incorporação de fibras está associado a uma diminuição na capacidade de desenvolvimento do glúten, diminuição do conteúdo de proteínas e uma redução de firmeza da massa (RAYMUNDO, A.; FRADINHO, P.; NUNES, 2014). A fibra, em alimentos, aumenta a absorção da água e o tempo de desenvolvimento da massa, além disso, as fibras podem, diminuir a capacidade de retenção de gás e, consequentemente, reduz o volume de massas (ZANDONADI, 2006). Além disso, na ausência de proteína suficiente a massa do bolo pode compactar-se e tornar o bolo mais duro (KRISCHINA *et al.*, 2014)

Em relação a umidade a formulação F1 obteve um maior teor de umidade em relação a formulação F2. Como o único ingrediente diferente entre as formulações é o psyllium (Tabela 1) que caracteriza-se por ser uma fibra solúvel originária da casca da semente do psyllium após moagem

(FRADINHO; NUNES; RAYMUNDO, 2015), a diferença no teor de umidade pode ser explicado pela alta capacidade de absorção de água e gelificação do psyllium, pois cada grama de psyllium tem a capacidade de reter cerca de dezesseis gramas de água (FRADINHO; NUNES; RAYMUNDO, 2015).

Quanto ao teor de lipídeos o bolo que continha o psyllium (F2) apresentou maior teor de lipídeos em relação a formulação (F1). O aumento do teor de lipídios está relacionado diretamente com a quantidade de gordura que foi adicionada, já que não é possível afirmar que a adição de psyllium influenciou neste aumento.

O teor de fibras foi calculado segundo a construção da Tabela Nutricional do produto feita através do software Nutrimenu Rotulagem (Tabela 3 e Tabela 4).

Tabela 3 -Tabela de informação nutricional da formulação F1

Informação nutricional			
Porções por embalagem: 15			
Porção: 60g (1 fatia)			
	100 g	60 g	% VD
Valor Energético(Kcal)	351	199	10
Carboidratos (g)	45	27	9
Açúcares totais (g)	20	12	
Açúcares adicionados (g)	19	13	11
Proteínas (g)	6,6	4	8
Gorduras totais (g)	14	8,5	13
Gorduras saturadas (g)	2	1,2	6
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibra Alimentar (g)	3,5	2,1	8
Sódio (mg)	163	98	5

Fonte: Dos autores, 2023.

Ingredientes: Farinha de trigo integral; leite desnatado; açúcar mascavo; ovos; farinha de banana verde; óleo de girassol; essência de baunilha; fermento químico em pó. Alérgicos: contém ovos, contém leite e contém derivados de soja. Contém lactose. Não contém glúten.

A formulação F2 apresentou 3,1 g de fibras alimentares na porção. A ingestão diária de fibras para um adulto considerando uma dieta de 2000 kcal/dia é de 25 g (BRASIL, 2020). Sendo assim, a quantidade de fibras alimentares presentes na formulação F2 corresponde a 12% das necessidades diárias que a legislação preconiza. Segundo a Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020 para que um produto receba alegação de fonte de fibras ele precisa apresentar no mínimo de 10% do Valor

Diário Recomendado (VDR) de fibras alimentares na porção que para bolos corresponde a 60 g (1 fatia) (BRASIL, 2020). Portanto o bolo contendo psyllium (F2) receberia a alegação de fonte de fibra.

Tabela 4 - Tabela de informação nutricional da formulação F2

Informação nutricional			
Porções por embalagem: 15			
Porção: 60g (1 fatia)			
	100 g	60 g	% VD
Valor Energético(Kcal)	326	195	10
Carboidratos (g)	44	26	9
Açúcares totais (g)	20	12	
Açúcares adicionados (g)	1	13	11
Proteínas (g)	6,6	4	8
Gorduras totais (g)	14	8,5	13
Gorduras saturadas (g)	2	1,2	6
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibra Alimentar (g)	5,1	3,1	12
Sódio (mg)	163	98	5

Fonte: Dos autores, 2023.

Ingredientes: Farinha de trigo integral; leite desnatado; açúcar mascavo; ovos; farinha de banana verde; óleo de girassol; psyllium; essência de baunilha; fermento químico em pó. Alérgicos: contém ovos, contém leite e contém derivados de soja. Contém lactose. Não contém glúten.

A formulação sem psyllium (F1) apresentou um rendimento de 91,19% (com uma perda de 8,81%), enquanto que a formulação com psyllium (F2) obteve 85,7% (com uma perda de 14,3%). Com o rendimento foi possível calcular a porcentagem de ingredientes integrais através do software Nutrimenu Rotulagem. Para o bolo F1 obteve-se 31,7% e a formulação F2 33,2%. De acordo com a Resolução RDC N° 493, de 15 de abril de 2021, os alimentos que contêm cereais serão classificados como integrais se o produto tiver no mínimo 30% de ingredientes integrais e quantidade de ingredientes integrais deve ser superior à quantidade de ingredientes refinados, ou seja, ambos os bolos poderão ser considerados como alimentos integrais (BRASIL, 2020).

Na Tabela 5 estão descritos os valores da análise colorimétrica das formulações de bolo integral com farinha de banana verde com adição de psyllium e sem adição psyllium.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 5, a amostra F1 é mais clara em relação à F2, pois possui um valor L* médio maior. Além disso, a amostra F1 apresenta uma menor variação em luminosidade em comparação com a F2, pois possui um desvio padrão menor.

Tabela 5 - Médias dos resultados de análise colorimétrica de bolo integral com farinha de banana verde (F1) e com psyllium (F2)

Amostras	L*	a*	b*
F1	47,55±1,60	7,12±1,61	16,40±1,87
F2	39,17±2,39	8,96±0,08	20,65±2,05

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: F1: Bolo integral com farinha de banana verde sem psyllium; F2: Bolo integral com farinha de banana verde acrescido de psyllium; Parâmetros: L* (luminosidade); a* (- verde ao + vermelho); b* (- azul ao + amarelo)

No que diz respeito à componente a* a amostra F2 tem uma tendência ligeiramente maior em direção ao vermelho em comparação com a F1, uma vez que seu valor médio a* é maior. No entanto, a variabilidade do componente a* é maior na amostra F1, pois possui um desvio padrão maior. Em relação à componente b* a amostra F2 tem uma tendência ligeiramente maior em direção ao amarelo em comparação com a F1, pois seu valor médio b* é maior. Assim como na componente a*, a variabilidade do componente b* é maior na amostra F1, pois possui um desvio padrão maior.

É importante ressaltar que as discussões apresentadas foram baseadas apenas nas medidas de cor e não consideram outros fatores que podem influenciar a percepção da cor, como a iluminação ambiente ou a textura da superfície e até mesmo a percepção do consumidor.

Figura 2 - Fotografia das amostras de bolo integral com farinha de banana verde sem Psyllium (F1) a esquerda e bolo integral com farinha de banana verde com Psyllium (F2) a direita.



Fonte: Dos autores, 2023.

Na Tabela 6 estão descritos os valores da análise de atividade de água das formulações de bolo integral com farinha de banana verde com adição de psyllium e sem adição psyllium.

A atividade de água é um parâmetro importante na avaliação da estabilidade e segurança microbiológica de alimentos. No caso das formulações de bolo integral, observou-se que a amostra F1 apresentou um valor de atividade de água maior que a da formulação F2. Esses valores indicam níveis de atividade de água que podem favorecer o crescimento de microrganismos, uma vez que a faixa ótima de crescimento para muitos patógenos e deteriorantes está entre 0,85 e 0,95. Portanto, é importante

monitorar e controlar a atividade de água dessas formulações para garantir a segurança microbiológica dos produtos finais.

Tabela 6 - Análise de atividade de água das formulações de bolo integral com farinha de banana verde com adição de psyllium e sem psyllium

Amostras	Aw
F1	0,88±0,01
F2	0,86±0,005

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: F1: Bolo integral com farinha de banana verde sem psyllium; F2: Bolo integral com farinha de banana verde acrescido de psyllium; Aw: atividade de água.

Na Tabela 7 estão descritos os valores de perfil de textura das formulações de bolo integral com farinha de banana verde com adição de psyllium e sem adição psyllium.

Tabela 7 - Perfil de textura das formulações de bolo integral com farinha de banana verde com adição de psyllium e sem psyllium

Amostras	Firmeza (N)	Adesividade (g.s)	Coesividade	Mastigabilidade
F1	1,50±0,6	-0,70±0,46	0,52±0,048	0,66±0,31
F2	1,62±1,24	-0,51±0,58	0,77±0,085	0,62±0,066

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: F1: Bolo integral com farinha de banana verde sem psyllium; F2: Bolo integral com farinha de banana verde acrescido de psyllium.

A análise do perfil de textura das amostras de bolo integral com farinha de banana verde revelou diferenças nos parâmetros de firmeza, adesividade, coesividade e mastigabilidade entre as formulações F1 e F2. Em relação à firmeza, a amostra F2 apresentou um valor maior em relação a F1. Esses resultados indicam que a amostra F2 foi ligeiramente mais firme em comparação com a F1. A firmeza é um parâmetro que reflete a resistência do produto à deformação quando submetido a uma força mecânica, e valores mais altos indicam uma textura mais firme.

Quanto à adesividade que é uma medida relacionada à capacidade do produto de aderir às superfícies dentais e palatais durante a mastigação. Valores negativos indicam uma menor aderência. Portanto, a amostra F1 demonstrou uma tendência ligeiramente maior de adesividade em comparação com a F2.

A coesividade, que é a capacidade do produto de manter sua estrutura interna durante a mastigação. Os resultados apresentados na Tabela 7 sugerem que a amostra F2 apresentou uma maior coesividade em comparação com a F1, indicando uma estrutura interna mais coesa durante a mastigação.

A mastigabilidade está associada à facilidade de mastigação e fragmentação do alimento na boca. Valores mais altos indicam uma maior facilidade de mastigação. Nesse caso, a amostra F1 demonstrou uma tendência ligeiramente maior de mastigabilidade em comparação com a F2. Esses resultados indicam que as formulações F1 e F2 apresentaram diferenças sutis nas características de textura. Essas diferenças podem estar relacionadas às propriedades dos ingredientes utilizados, como o psyllium e a farinha de banana verde, que podem influenciar a estrutura e a textura do produto final.

Esses dados podem ser úteis para a formulação de produtos com características de textura específicas, considerando as preferências dos consumidores. No entanto, é importante ressaltar que a interpretação dos dados de textura deve ser complementada com análises sensoriais e avaliações estáticas para assegurar se realmente há diferença entre as amostras e avaliar as preferências dos consumidores para uma compreensão mais abrangente das características de textura das formulações de bolo integral com farinha de banana verde psyllium.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a formulação F2, que contém psyllium, possui um teor de fibras alimentares de 3,1 g na porção de 60 g (1 fatia), correspondendo a 12% do Valor Diário Recomendado (VDR) de fibras. Isso indica que o bolo com psyllium pode ser considerado uma fonte de fibras, de acordo com a legislação vigente. Além disso, ambos os bolos F1 e F2 são considerados produtos integrais, pois mais de 30% de seus ingredientes são integrais, conforme a legislação em vigor. A inclusão desses ingredientes ricos em fibras pode melhorar a qualidade nutricional do produto e trazer inúmeros benefícios para a saúde dos potenciais consumidores.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de São João del-Rei pela disponibilização de estrutura física e de recursos humanos. A FAPEMIG pela concessão de bolsa de iniciação científica. E à FAPEMIG, CNPQ, FINEP e MAPA pelo suporte financeiro.

Referências

ABUTAIR, A. S.; NASER, I. A.; HAMED, A. T. Soluble fibers from psyllium improve glycemic response and body weight among diabetes type 2 patients (randomized control trial). **Nutrition Journal**, v. 15, n. 1, 12 out. 2016. DOI: 10.1186/s12937-016-0207-4.

AMORIM, M. dos S. **Aspectos físico-químicos, grau de aceitabilidade e efeitos funcionais do bolo de chocolate sem glúten e lactose com biomassa da banana verde à saúde humana**. 2016. 54 f. TCC (Doutorado) - Curso de Nutrição Clínica, Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016. Disponível em: <https://bdm.ufmt.br/handle/1/1095>. Acesso em: 13 out. 2023.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Gaithersburg: Aoac, 2011. 3200 p.

KRISCHINA *et al.* **Avaliação físico-química e microbiológica de bolo integral com ingredientes termogênicos e óleo de canela microencapsulado**. Resumo Expandido. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://eventoscientificos.ifsc.edu.br/index.php/sepei/sepei2014/paper/viewFile/484/734>. Acesso em: 13 out. 2023.

BORGES, A. DE M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. DE. Caracterização da farinha de banana verde. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 333–339, 1 jun. 2009. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000200015> >. Acesso em: 13 out. 2023.

BRASIL. Instrução Normativa nº 75, de 08 de outubro de 2020. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 out. 2020. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN+75_2020_.pdf/7d74fe2d-e187-4136-9fa2-36a8dcfc0f8f. Acesso em: 19 de mai. 2023.

BRASIL. RDC nº 493, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 abr. 2005. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3390773/RDC_493_2021_.pdf/363fcc3c-27ea-4274-b4af-b74c4444d84e. Acesso em: 19 de mai. 2023.

BRASIL. RDC nº 263, de 15 de abril de 2021. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 set. 2023. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 19 de mai. 2023.

CASÉ, F.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A. Produção de “leite” de soja enriquecido com cálcio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 86–91, mar. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000100014>. Acesso em: 13 out. 2023.

CASSETTARI, V. M. G. **Análise da eficiência da biomassa de banana verde como complemento alimentar na melhora da constipação em pacientes funcionais e associada ao pós-operatório da Doença de Hirschsprung**. 2015. Dissertação (Mestrado em Bases Gerais da Cirurgia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, SP, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/139305>. Acesso em: 19 de mai. 2023.

FRADINHO, P.; NUNES, M. C.; RAYMUNDO, A. Developing consumer acceptable biscuits enriched with Psyllium fibre. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 8, p. 4830–4840, 4 out. 2014. Disponível em: [10.1007/s13197-014-1549-6](https://doi.org/10.1007/s13197-014-1549-6). Acesso em: 19 de mai. 2023.

FRANCO, E. A. N. *et al.* Psyllium (*Plantago ovata* Forsk): From evidence of health benefits to its food application. **Trends in Food Science & Technology**, v. 96, p. 166–175, 1 fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.006>. Acesso em: 19 de mai. 2023.

JANE, M.; MCKAY, J.; PAL, S. Effects of daily consumption of psyllium, oat bran and polyGlycopleX on obesity-related disease risk factors: A critical review. **Nutrition**, v. 57, p. 84–91, jan. 2019. Disponível em: [10.1016/j.nut.2018.05.036](https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.05.036). Acesso em: 19 de mai. 2023.

JOSÉ, A.C.S. *et al.* Desenvolvimento de queijo processado light deslactosado adicionado de biomassa de banana verde. **Tópicos em ciência e tecnologia de alimentos: resultados de pesquisas acadêmicas**, v. 2, p. 49-77, 2014. Disponível em: [10.5151/9788580391749-02](https://doi.org/10.5151/9788580391749-02). Acesso em: 19 de mai. 2023.

KACZMARCZYK, M. M.; MILLER, M. J.; FREUND, G. G. The health benefits of dietary fiber: Beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. **Metabolism**, v. 61, n. 8, p. 1058–1066, ago. 2012. Disponível em: [10.1016/j.metabol.2012.01.017](https://doi.org/10.1016/j.metabol.2012.01.017). Acesso em: 19 de mai. 2023.

LOUZADA, M. L. DA C. *et al.* Ultra-processed foods and the nutritional dietary profile in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 49, n. 0, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2015049006132>. Acesso em: 19 de mai. 2023.

MAJZOBI, M. *et al.* Feasibility study of sucrose and fat replacement using inulin and rebaudioside A in cake formulations. **Journal of Texture Studies**, v. 49, n. 5, p. 468–475, 12 mar. 2018. Disponível em: [10.1111/jtxs.12330](https://doi.org/10.1111/jtxs.12330). Acesso em: 19 de mai. 2023.

MARTIN, C. A.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. DE. Ácidos graxos trans: implicações nutricionais e fontes na dieta. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 3, p. 361–368, set. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000300009>. Acesso em: 19 de mai. 2023.

MUTTONI, S. **Patologia da nutrição e dietoterapia**. Porto Alegre: SAGAH, 2017. 373 p.

NASCIMENTO, Lady Bruna Lima Silva. **Produção de farinha de banana verde**. 2019. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/37172>. Acesso em: 19 de mai. 2023.

RAUPP, D. DA S. *et al.* Arraste via fecal de nutrientes da ingestão produzido por bagaço de mandioca hidrolisado. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 235–242, jun. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000200005>. Acesso em: 19 de mai. 2023.

RAYMUNDO, A.; FRADINHO, P.; NUNES, M. C. Effect of Psyllium fibre content on the textural and rheological characteristics of biscuit and biscuit dough. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 3, n. 2, p. 96–105, abr. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.03.001>. Acesso em: 19 de mai. 2023.

SIMÕES, B. D. S. *et al.* Consumption of ultra-processed foods and socioeconomic position: a cross-sectional analysis of the Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). **Cadernos De Saude Publica**, v. 34, n. 3, p. e00019717, 5 mar. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00019717>. Acesso em: 19 de mai. 2023.

VAZ, J. DOS S. *et al.* Ácidos graxos como marcadores biológicos da ingestão de gorduras. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 489–500, ago. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000400008>. Acesso em: 19 de mai. 2023.

CAPÍTULO 9

Análise centesimal, compostos fenólicos e capacidade antioxidante de farelo e extrato obtidos a partir do processamento da casca de Mangostão

Mariélen Oliveira Amaral *¹; Thaís Canuto¹; Franciele Maria Pelissari²

Resumo

O mangostão é um fruto asiático conhecido pelo seu sabor adocicado e único. Atualmente, tem sido incorporado na alimentação brasileira, onde se consome a fruta *in natura*, utilizando apenas a polpa, que corresponde a cerca de 14% do peso. Assim, 76% do fruto são considerados resíduos- casca e sementes. Dessa forma, além do interesse comercial pelo sabor, o fruto torna-se objetivo de estudo para reaproveitamento da casca. O presente estudo objetivou a produção e caracterização do extrato hidroalcoólico de casca de mangostão, bem como dos farelos de casca obtidos por dois métodos de processamento (secagem em estufa e secagem por liofilização). Foi realizada a análise centesimal avaliando os componentes: umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos digeríveis e fibra bruta dos farelos e do extrato. Ademais, foi avaliado o teor de compostos fenólicos e posteriormente a capacidade antioxidante das amostras por dois métodos distintos – DPPH e FRAP. Os valores foram analisados por meio do teste de Tukey com o auxílio do software Statistica® 7.0, considerando o nível de significância de 5%. Como resultado, os farelos se destacaram no que diz respeito à quantidade de fibras, sendo classificado como alimentos com alto teor de fibras, um interessante resultado que agrega valor comercial ao produto. No que tange a concentração dos compostos fenólicos, o farelo seco por liofilização apresentou os melhores resultados, quando comparado aos demais tratamentos. E ao considerar a capacidade antioxidante, o farelo liofilizado apresentou potencial de inibição de 93,52%, enquanto o seco em estufa convencional apresentou 93,42% e o extrato, 89,95%. Sendo assim, ao considerar os tipos de processamento e os ativos presentes nas amostras, infere-se que o farelo seco em estufa apresenta melhor potencial de aplicação em produtos alimentícios e polímeros biodegradáveis, uma vez que seu processo de obtenção possui menor custo quando comparado à liofilização.

Palavras-chave: Caracterização. Compostos bioativos. Resíduo.

¹ Discentes; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

² Docente; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

* E-mail: marielen.amaral@ufvjm.edu.br

Introdução

O mangostão (*Garcinia mangostana L.*) é uma fruta tropical nativa do sudeste asiático, também denominada “fruta rainha” e considerada a mais saborosa da região. Seu sabor adocicado e aparência chamativa fazem com que a fruta seja amplamente apreciada. Além da utilização da polpa *in natura* para alimentação, a casca é utilizada na produção de geleias, medicamentos populares e corantes caseiros na Ásia (XU *et al.*, 2017).

O fruto foi introduzido no Brasil por volta de 1935 e é cultivado, principalmente, nos estados do Pará e Bahia, com aproximadamente 300 toneladas de produção. Desta produção, o mercado nacional é responsável pelo consumo majoritário, sendo a exportação uma fração pequena do todo. O fruto (Figura 1) tem de 4 a 9 cm de diâmetro e pesa entre 30 e 240 g. Possui de 4 a 8 sementes envoltas pela polpa, única parte considerada comestível *in natura*. Do seu peso total, aproximadamente 76% são compostos por casca e sementes, ambos descartados como resíduos (SACRAMENTO *et al.*, 2009; CARVALHO, 2014).

Figura 1 - Mangostão



Fonte: Carvalho, 2014. Adaptado.

A casca do mangostão representa cerca de 70% do peso do fruto e apresenta em sua composição pectinas e 8 tipos de xantonas. A coloração roxa característica da casca é decorrente da alta concentração de antocianinas, substâncias de interesse na indústria e pesquisa, o que faz do fruto um produto de interesse para pesquisa. Dessa forma, surgem estudos acerca do aproveitamento do mangostão, tanto como forma de reaproveitamento do resíduo quanto na utilização de seus compostos para enriquecimento de outros produtos (SACRAMENTO *et al.*, 2009; CARVALHO, 2014).

Além do interesse tecnológico e estudo da casca do mangostão, o aproveitamento de resíduos industriais engloba outra esfera de interesse, tanto ambiental quanto econômica. O descarte inadequado de resíduos coloca em risco a saúde pública e afeta negativamente a proposta de sustentabilidade ambiental necessária na atualidade (IRADUKUNDA *et al.*, 2021).

Nessa perspectiva, resíduos, cascas e sementes têm despertado interesse como objeto de estudo visando seu reaproveitamento na criação de novos produtos, agregando valor comercial ao que anteriormente seria apenas considerado descarte pela indústria.

Diante desse contexto, a utilização da casca do mangostão para o desenvolvimento de um novo produto emerge como uma estratégia que impulsiona o avanço da indústria sustentável. Embora haja diversas pesquisas sobre os benefícios farmacológicos da fruta, a escassez de estudos adicionais reforça a necessidade de uma investigação mais aprofundada nessa área. Com a finalidade de agregar valor à casca do mangostão, o presente estudo tem por objetivo estudar a análise centesimal, compostos fenólicos e capacidade antioxidante do farelo e do extrato hidroalcoólico obtidos a partir do processamento da casca do fruto mangostão.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Materiais Verdes do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina - Minas Gerais. Todos os reagentes químicos utilizados neste projeto são de grau analítico.

Obtenção do farelo da casca do mangostão

O farelo da casca do mangostão (*Garcinia mangostana L.*) foi extraído do fruto maduro, ideal para consumo. As frutas utilizadas foram provenientes da cidade de Una – BA, Brasil (15.2696, -39.0694°), colhidas no período de abril de 2022, e posteriormente armazenadas a 4 °C em embalagens de polietileno até a etapa de preparação do farelo.

Para obtenção do farelo da casca do mangostão, as frutas foram selecionadas, lavadas em água corrente e higienizadas em solução de hipoclorito de sódio (200 mg/L por 30 min). As frutas foram cortadas e separadas em casca, semente e polpa, sendo cada uma dessas partes pesada individualmente em balança analítica.

Para a secagem, foram empregados dois métodos distintos, visando avaliar a eficiência na preservação dos compostos bioativos. Submeteu-se uma porção da casca à secagem convencional em estufa de circulação forçada de ar (Tecnal, modelo TE 394/2MP), com temperatura de secagem a 60°C por 24 horas. A outra porção foi congelada e submetida à secagem a frio em liofilizador (Christ, modelo Alpha 2-4 LD plus), com temperatura a -40 °C e 0,12 mbar por 24 horas.

Após o processo de secagem, os materiais foram submetidos à moagem em moinho de bolas (Tecnal, TE-350) até a obtenção do farelo. O farelo foi peneirado através de uma peneira de 80 mesh,

uniformizando o tamanho das partículas. Por fim, os farelos foram armazenados em frascos a uma temperatura de 7 ° C até sua utilização.

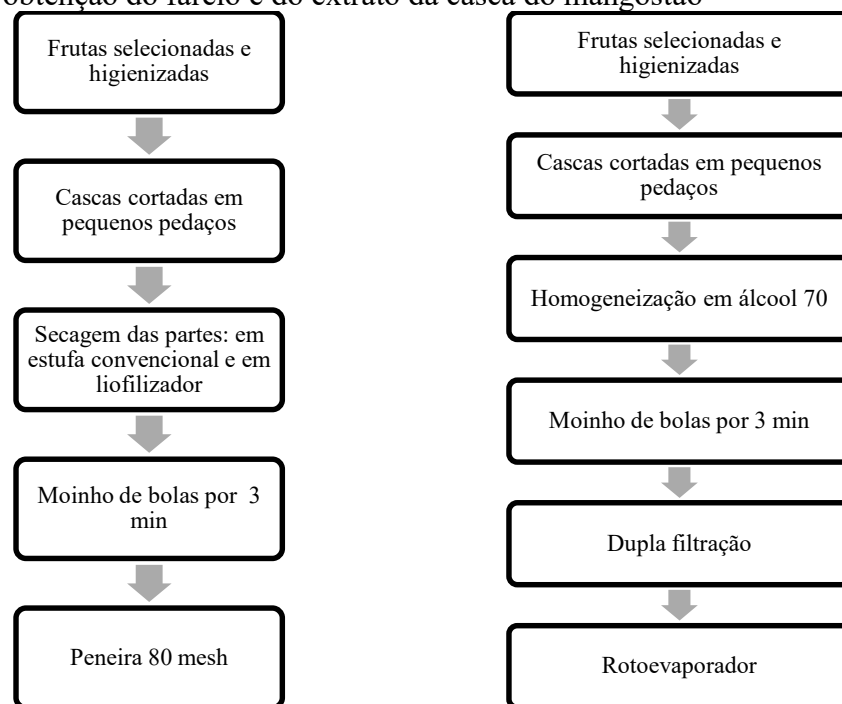
Obtenção do extrato do mangostão

Para a obtenção do extrato, seguiu-se o método descrito por Eça (2007), com algumas modificações. Depois de selecionadas, lavadas em água corrente, higienizadas em solução de hipoclorito de sódio (200 mg/L por 30 min) e cortadas, as cascas foram trituradas e homogeneizadas em solução alcoólica (70%) por 2 min na proporção amostra: solvente de 1:3 (p:p). A mistura foi filtrada em papel quantitativo, removendo a parte sólida. O resíduo obtido foi novamente processado, obtendo-se uma segunda extração diante das mesmas condições de processamento descritas. Esse passo foi incorporado a fim de maximizar a obtenção do extrato.

Os extratos obtidos da primeira e segunda extração totalizaram 1000 mL, que foi concentrado em evaporador rotativo (fisatom, modelo 558) a 40 °C e vácuo de 700 mmHg, obtendo-se um volume final de 410 mL de extrato.

A Figura 2 apresenta o processo de obtenção dos farelos e do extrato produzidos a partir da casca do mangostão.

Figura 2 - Processo de obtenção do farelo e do extrato da casca do mangostão



Fonte: Dos autores, 2023.

A Figura 3 apresenta os farelos seco por liofilização, seco em estufa e o extrato da casca do mangostão, respectivamente.

Figura 3 - Farelos e extrato da casca do mangostão



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: Da esquerda para a direita: farelo da casca do mangostão obtido por liofilização; farelo da casca de mangostão obtido em estufa; extrato hidroalcoólico da casca de mangostão.

Análise da composição centesimal

A análise da composição centesimal, que compreende as análises de proteínas, cinzas, e umidade, foi realizada seguindo os padrões da AOAC (2019), em triplicata. O teor de lipídeos do extrato alcoólico foi determinado por meio do método Soxhlet (Instituto Adolfo Lutz, 2008), enquanto a análise de lipídeos foi determinada pela metodologia proposta por Bligh e Dyer (1959). O conteúdo de carboidratos digeríveis foi determinado utilizando-se o método Lane-Eynon (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Por fim, o conteúdo de fibra bruta foi obtido por diferença, pela subtração em 100% dos valores de lipídeos, carboidratos e fibras.

Análise da capacidade antioxidante e compostos fenólicos total

Para a realização das análises de capacidade antioxidante e compostos fenólicos totais, foram utilizados os solventes metanol e acetona. Essa escolha foi embasada nos estudos de Bergamaschi (2010) e Oliveira (2016), os quais destacaram a alta eficiência desses solventes nessas determinações. Os extratos para essa análise foram preparados conforme o método descrito por Rufino (2007), com as modificações descritas a seguir. Amostras de 3 g dos farelos foram homogeneizadas em metanol 50%. Após o descanso de 60 min, foram centrifugados a 15.000 rpm por 15 min. O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. Ao resíduo, adicionou-se acetona 70% (v/v), com repouso de 60 min. Após o repouso a mistura contendo acetona foi centrifugada a 15.000 rpm por 15 min. O sobrenadante foi adicionado ao balão volumétrico de 100 mL que já continha a primeira extração. O volume foi completado até a marca de 100 mL com água destilada.

As análises de compostos fenólicos totais foram realizadas de acordo com o método proposto por Singleton, Orthofer e Lamuela (1999), utilizando ácido gálico como padrão, ou seja, o método espectrofotométrico. À uma amostra de 0,25 mL do extrato foi acrescentada 2,75 mL de solução Folin-Ciocalteau 3% (m/v). A mistura foi agitada no vórtex, seguida de 5 min de repouso. Após o repouso, adicionou-se 0,25 mL da solução de carbonato de sódio 10%. Novamente, procedeu-se um repouso de 60 min, ao abrigo da luz. Foram preparadas duas amostras em branco nas mesmas condições. Posteriormente foi realizada leitura em espectrofotômetro UV/visível (Tecnal, modelo UV-5100) com o comprimento de onda de 725 nm.

As análises de capacidade antioxidante foram realizadas pelo método de sequestro do radical livre 1,1-difenil-2-picril-hidrazina (DPPH), fundamentado na diminuição da absorbância quando o radical DPPH, de coloração violeta, é reduzido por antioxidantes, tornando o meio reacional amarelo (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995). Os procedimentos seguiram a metodologia proposta por Rufino (2007). Três diluições dos extratos (100%, 50% e 20%) foram realizadas em triplicata. As amostras foram homogeneizadas com 3,9 mL do radical DPPH (0,004%). O álcool metílico foi utilizado como branco. A amostra foi incubada por 30 min a temperatura ambiente, ao abrigo de luz. Após o repouso, as absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro UV/visível (Tecnal, modelo UV-5100), a 517 nm, sendo o metanol utilizado como branco para zerar o equipamento.

A capacidade de sequestrar o radical livre foi expressa de duas formas: pelo valor da concentração inibitória (EC50), que representa a quantidade de substância antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH e pelo percentual de inibição conforme a Equação 1 a seguir:

$$\text{Inibição de DPPH (\%)} = \frac{DPPH - A_{Am/Trolox}}{DPPH} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: DPPH corresponde à absorbância da solução de DPPH sem o extrato ou solução padrão e $A_{Am/Trolox}$ a absorbância da amostra ou padrão em solução.

O segundo método escolhido para a análise da capacidade antioxidante foi o método FRAP, seguindo as orientações descritas por Costa (2018) que avalia a capacidade de redução do complexo Fe^{3+} - 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) para a forma Fe^{2+} - 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) pelos antioxidantes não enzimáticos presentes no homogenato em pH ácido. A capacidade antioxidante total das amostras foi expressa em equivalentes de Fe^{2+} , determinada a partir de uma curva padrão de concentrações conhecidas de $FeSO_4$.

Todas as análises foram realizadas em triplicata, os resultados foram normalizados pela quantidade de fruta presente na amostra e expressos como mg TE/g extrato, em que TE equivale à curva padrão de Trolox. A equação da reta obtida no Excel com base nos valores das absorbâncias foi utilizada para determinar os resultados.

Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata. A partir de então, os resultados foram analisados estatisticamente através da Análise de Variância (ANOVA) e pelo teste de Tukey, considerando nível de 5% de significância, com o auxílio do software Statistica® 7.0 (BUSSAB; MORETTIN, 2017).

Resultados e Discussão

Análise da composição centesimal

A partir das análises de composição realizadas no extrato hidroalcoólico e nos farelos obtidos por meio dos diferentes métodos de secagem, foi possível obter os resultados dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição centesimal do extrato e dos farelos da casca do mangostão (g/100 g b.s.*)

Componente centesimal	Extrato	Farelo seco por estufa convencional	Farelo seco por liofilização
Umidade	90,87 ± 0,04 ^a	4,06 ± <0,00 ^b	4,00 ± <0,00 ^b
Cinzas	1,16 ± 0,10 ^c	6,12 ± 0,15 ^b	6,40 ± 0,07 ^a
Proteínas**	0,59 ± 0,26 ^c	4,19 ± 1,12 ^a	2,41 ± 1,04 ^b
Lipídeos	1,90 ± 0,07 ^c	3,48 ± 0,37 ^b	4,16 ± 0,44 ^a
Carboidratos digeríveis	4,19 ± 0,3 ^c	25,08 ± 1,96 ^a	22,18 ± 0,75 ^b
Fibra bruta ***	1,29 ± 0,15 ^c	56,71 ± 0,72 ^b	62,6 ± 0,46 ^a

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Resultados das médias de três medições ± desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Legenda: * Base seca, exceto umidade. ** Fator de conversão de nitrogênio adotado: 6,25. *** Média calculada por diferença e desvio padrão calculado pelo erro de propagação.

Avaliando separadamente o extrato hidroalcoólico de mangostão, os resultados acima demonstram uma alta umidade, sendo ela acima de 90%. Quanto aos teores de carboidratos digeríveis e fibra bruta, os valores foram de 4,19% e 1,29%, respectivamente. O extrato apresentou baixo teor de lipídeos e cinzas, sendo a concentração de lipídeos de aproximadamente 1,90% e de cinzas de 1,16%. Dentre todos os componentes, o minoritário foi o teor de proteínas equivalente a média de 0,59%. Tais resultados justificam-se, visto que o objetivo foi extrair o máximo de compostos fenólicos e antioxidantes.

No que tange os farelos alimentícios, a umidade é um parâmetro fundamental. O Regulamento Técnico de Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos - RDC n° 263 de 22 de setembro de 2005 - tem como requisito específico que farinhas, amido de cereais e farelos devem possuir umidade máxima de 15% (g/100g) (BRASIL, 2005). Diante disso, ao analisar os teores de umidade dos farelos obtidos pelos dois métodos de secagem, observa-se que ambas as amostras apresentaram valores próximos a 4%, estando abaixo do limite máximo de umidade determinado pela RDC n° 263/2006 (BRASIL, 2005). Além disso, não foram identificadas diferenças significativas entre os farelos ($p > 0,05$). Esse resultado indica que o método de secagem não foi capaz de influenciar a umidade final dos farelos da casca de mangostão. Já em outro estudo, Silva *et al.* (2013) ao obterem farelos da casca de mangostão a partir do método de secagem a 45°C por 24 horas em uma estufa de circulação, apresentaram como resultado a umidade final de aproximadamente 10,3%. Tal resultado pode ter sido influenciado pelo branqueamento realizado anteriormente nas cascas de mangostão, uma vez que, elas foram submetidas a esse processamento por 2 min a fim de que houvesse redução de sua carga microbiana.

O teor de cinzas dos farelos variou estatisticamente, considerando o nível de significância de 5%. A média obtida no farelo seco a partir da liofilização foi maior do que a média do farelo seco em estufa, indicando uma maior retenção de minerais. Os valores obtidos no presente estudo foram maiores do que os resultados apresentados em outras pesquisas, uma vez que, Silva *et al.* (2013) obtiveram o teor médio de cinzas de 1,5%. De modo semelhante, Amorim *et al.* (2020) encontraram o valor médio de cinzas de 1,58%.

Os valores obtidos na análise de proteínas foram estatisticamente distintos, considerando um nível de significância de 5%. Como resultado, o farelo seco em estufa apresentou maior quantidade de proteína, sendo de aproximadamente 4,19%. Comparando os valores obtidos no presente estudo, com os dados presentes na literatura, tem-se que Amorim *et al.* (2020) encontraram cerca de 6,86% de proteína, enquanto Silva *et al.* (2013) obtiveram o teor de proteína equivalente a 3%.

No que diz respeito a quantidade de lipídeos presentes nos farelos, os valores obtidos foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), no entanto, os resultados obtidos foram ligeiramente superiores aos valores apresentados por Silva *et al.* (2013) e Amorim *et al.* (2020), que correspondem a 2,17% e 1,3%, respectivamente.

Ao considerar os farelos alimentícios, o teor de fibras é fundamental para que seja definida a funcionalidade nutricional do alimento em questão. A fibra alimentar, segundo a RDC n° 360 de 23 de dezembro de 2003, é definida como “qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestório humano” (BRASIL, 2003). Além disso, a RDC n° 54 de 12 de novembro de 2012, define que o alimento que contém alto teor de fibras alimentares, deve possuir a quantidade mínima de 6g de fibras a cada 100g de sólidos (BRASIL, 2012).

Diante disso, os farelos obtidos pelos distintos métodos de secagem podem ser considerados alimentos com alto teor de fibras alimentares, uma vez que, no presente estudo obtiveram-se os valores de 56,71% e 62,6% de fibras totais, para os farelos secos em estufa e por liofilização, respectivamente.

Silva *et al.* (2013) realizaram uma avaliação do teor de carboidratos, encontrando cerca de 83,37% de carboidratos na farinha de casca de mangostão. Por outro lado, Amorim *et al.* (2020) analisaram especificamente o teor de fibras, obtendo uma média de 53,2% de fibras insolúveis. Além disso, é importante ressaltar que os métodos de secagem utilizados no presente estudo resultaram em quantidades diferentes de fibra bruta, indicando uma possível influência do método escolhido na preservação do conteúdo de fibras nos farelos. De modo semelhante, a diferença observada pode estar relacionada a diferentes produções de mangostão, uma vez que, o cultivo em solos distintos, o estágio de colheita, o grau de maturação e até mesmo o clima do local são fatores que podem propiciar em frutos com características centesimais distintas.

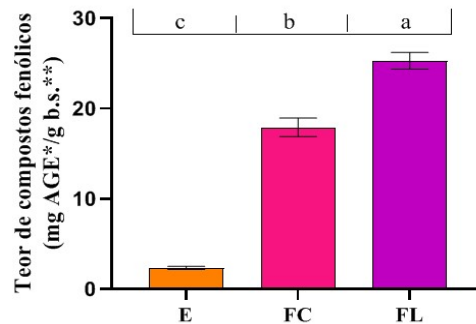
Análise dos compostos fenólicos totais

Os resultados referentes ao teor de compostos fenólicos do extrato bem como dos farelos da casca de mangostão podem ser observados na Figura 4.

Ao analisar o gráfico, observou-se diferenças significativas ($p < 0,05$) nos teores de compostos fenólicos entre o extrato, o farelo seco em estufa e o farelo liofilizado. Entre as amostras analisadas, verificou-se que o farelo liofilizado apresentou a maior quantidade de compostos fenólicos (25,28 mg AGE/g), seguido pelo farelo seco em estufa (17,91 mg AGE/g). O extrato hidroalcoólico apresentou os valores mais baixos, com um teor de compostos fenólicos de 2,33 mg AGE/g. Provavelmente, o processamento realizado em baixas temperaturas durante a liofilização desempenhou um papel crucial na preservação dos compostos fenólicos presentes no farelo. A liofilização é um método de secagem que envolve a remoção da água do material por sublimação, ou seja, a passagem direta do estado sólido para o gasoso, sem a fase líquida intermediária. Esse processo é conduzido em temperaturas extremamente baixas, o que minimiza a exposição dos compostos fenólicos a altas temperaturas e, conseqüentemente, reduz a degradação e perda desses compostos.

Os resultados obtidos no presente estudo estão em concordância com Filho (2017) que ao elaborar o farelo de mangostão a partir da secagem em estufa, obteve 18,75 mg AGE/g de compostos fenólicos. Ao considerar o extrato hidroalcoólico, obtido da casca de mangostão, os valores aqui mencionados estão de acordo com os resultados de Naczk (2018) que obteve a média de 2,5 mg AGE/g. Diante disso, os resultados inferem que a casca do mangostão apresenta alto teor de compostos fenólicos.

Figura 4 - Teor de compostos fenólicos dos farelos de casca de mangostão e do extrato hidroalcoólico de mangostão



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: E: Extrato, FC: Farelo seco em estufa convencional, FL: Farelo liofilizado.

Nota: Médias com expoentes diferentes indicam diferença estatística ($p < 0,05$); *Ácido gálico equivalente; ** gramas em base seca.

Análise da capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante do extrato, farelo seco e farelo liofilizado foi obtida por dois métodos – DPPH e FRAP – e os resultados podem ser verificados na Tabela 2.

Tabela 2 - Atividade antioxidante dos farelos e do extrato de mangostão

Parâmetros	DPPH		FRAP (mg TE/g de extrato) *
	Inibição (%)	EC ₅₀ (mg/mL)	
Extrato	89,95 ± 1,48 ^b	< 0,57 ± < 0,00 ^a	75,45 ± 0,01 ^c
Farelo seco por estufa convencional	93,42 ± 0,17 ^a	< 0,57 ± < 0,00 ^a	181,32 ± 0,23 ^a
Farelo seco por liofilização	93,52 ± 0,54 ^a	< 0,57 ± < 0,00 ^a	150,02 ± 0,16 ^b

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: DPPH: eliminação do radical livre estável 1,1-difenil-2-picrilhidrazil; FRAP: método de redução do ferro.

Nota: Resultados das médias de três medições ± desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna indicam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

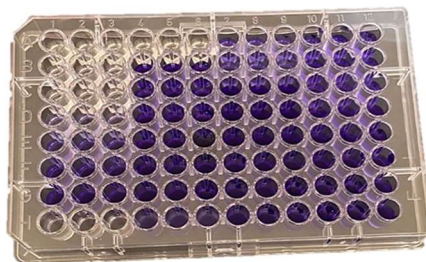
* Valores de FRAP expressos em mg de Trolox equivalente por g de extrato.

Segundo Isabelle *et al.* (2015) a capacidade antioxidante dos frutos é resultante da presença de compostos fenólicos. De acordo com os dados obtidos, é possível estabelecer uma relação inversamente proporcional entre o percentual de inibição e o valor de EC₅₀. Desse modo, maiores valores de inibição resultam em menores valores de EC₅₀.

Os dados obtidos revelam diferenças estatisticamente significativas na capacidade antioxidante, avaliada pelo método DPPH, entre os farelos e o extrato, com um nível de significância de 5%. No entanto, ao analisar exclusivamente os farelos, verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativa na capacidade antioxidante entre as duas amostras. Esse resultado demonstra que o método de obtenção dos farelos não foi capaz de influenciar a capacidade antioxidante final, indicando que ambos são úteis para que haja a preservação da capacidade antioxidante da casca do mangostão. Em seu estudo, Suksamran *et al.* (2022) produziram extrato da casca do mangostão utilizando como metodologia a extração a frio com única filtração. Como resultado, os autores obtiveram uma concentração inibitória (EC_{50}) equivalente a 1,80 mg/mL, valor superior ao encontrado na presente pesquisa. Isso indica que o método de extração utilizado, pode influenciar na capacidade antioxidante final do extrato hidroalcoólico de mangostão.

Em um estudo anterior, Wathoni *et al.* (2019) empregaram estufa com circulação de ar forçada como método de secagem para o farelo da casca de mangostão. Ao avaliar a capacidade antioxidante do farelo obtido, os pesquisadores observaram um percentual de inibição superior a 95,17%. Isso indica uma alta atividade antioxidante presente no farelo da casca de mangostão, evidenciando seu potencial como fonte de compostos com propriedades antioxidantes. Ao considerar a capacidade antioxidante obtida pelo método FRAP, verifica-se que todas as amostras se diferiram entre si ($p < 0,05$). Esse método é baseado na intensidade da coloração roxa obtida ao final da análise. Na Figura 5 é possível verificar as diferentes intensidades arroxeadas obtidas no presente estudo.

Figura 5 - Coloração resultante da análise FRAP



Fonte: Dos autores, 2023.

Utilizando o método FRAP, Mohammad *et al.* (2019) relataram um valor de 75,29 mg TE/g de extrato para o farelo da casca do mangostão, valores inferiores aos obtidos em ambos os tratamentos de secagem empregados na obtenção de farelos no presente estudo. Já Azima *et al.* (2017) ao avaliarem somente o extrato aquoso da casca do mangostão, tiveram como resultado o valor de 75,29 mg TE/g de extrato, corroborando com o resultado apresentado nesse estudo.

Conclusão

A partir da obtenção do extrato hidroalcolólico de mangostão, bem como, dos farelos da casca de mangostão obtidos por dois métodos, infere-se, portanto, que os farelos se destacaram positivamente ao serem comparados ao extrato, visto que, apresentaram um maior teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante, além disso o extrato é difícil obtenção.

Os farelos apresentam elevado teor de fibras, evidenciando a potencialidade de sua aplicação em alimentos com valores funcionais. No que diz respeito ao teor de compostos fenólicos presentes nos farelos, o processo de obtenção por meio da liofilização pode ser destacado, indicando uma maior conservação desses compostos durante o processamento do material, importante característica requerida em um produto industrializado.

No que diz respeito à capacidade antioxidante, particularmente a análise de DPPH, ambos os métodos de produção dos farelos demonstraram ser viáveis para a obtenção de produtos com uma capacidade antioxidante desejável. No entanto, quando avaliado a análise de FRAP, o farelo seco em estufa mostrou resultados mais favoráveis em termos de capacidade antioxidante.

Diante disso, considerando o tipo de processamento e seu custo, evidencia-se que o farelo de casca de mangostão obtido por secagem em estufa convencional possui potencial para ser aplicado tecnologicamente, tanto em produtos alimentícios bem como em matrizes poliméricas que posteriormente podem ser utilizadas na elaboração de filmes biodegradáveis. Ademais, vale ressaltar a necessidade de mais estudos e investimentos de pesquisa na área, a fim de que a reutilização da casca do mangostão seja efetivamente praticada.

Agradecimentos

Os autores expressam sinceros agradecimentos à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pelo suporte institucional, à CAPES (Código 001) pelo apoio financeiro e à FAPEMIG pela concessão da bolsa de mestrado.

Referências

AMORIM, I.S; AMORIM, D.S; MONTEIRO, J. S; LOPES, A.B.R; LEAL, A.B; SOUSA, M.D.N; SILVA, B.A; BRAGA, A.C.C. Elaboração e avaliação da composição centesimal da farinha da casca do mangostão (*garcinia mangostana* l.). **Equidade e Sustentabilidade no Campo da Segurança Alimentar Global**, v.10, p. 85-91, 2020.

AOAC- ASSOC. OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 14. ed. Washington, EUA

BERGAMASCHI, K. B. Capacidade antioxidante e composição química de resíduos vegetais visando seu aproveitamento. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade de São Paulo, 2010. Programa de Pós-Graduação em Ciência.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E.; BERSET, C. L. W. T. Uso de um método de radical livre para avaliar a atividade antioxidante. **LWT-Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 28, 25-30, 1995.

BRASIL, A.-A. N. de V. S. **Resolução RDC nº 53, de 15 de junho de 2000. "Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Mistura à Base de Farelo de Cereais"**. Diário Oficial da União, de 15 de junho de 2000.

BRASIL, A.-A. N. de V. S. **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos"**. Diário Oficial da União, de 20 de setembro de 2005.

BRASIL, A.-A. N. de V. S. **Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar**. Diário Oficial da União, de 13 de novembro de 2012.

CARVALHO, J. E. U. Mangostanzeiro: botânica, propagação, cultivo e utilização. **Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal**, v. 36, n.1, p.148-155, 2014.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 9. ed. São Paulo: São Paulo, 2017.

EÇA, K. S. *et al.* Development of Active Films From Pectin and Fruit Extracts: Light Protection, Antioxidant Capacity, and Compounds Stability. **Journal of Food Science** , v. 80, p. C2389-C2396, 2007.

FILHO, J. M. Estudo da Atividade Antioxidante de Frutas Tropicais Exóticas sobre Espécies Reativas de Oxigênio de importância Biológica em Ensaios Modelos, **UNESP**, p.88-100, 2017. Disponível em: < <https://repositorio.unesp.br/items/f040fa65-b043-4977-988d-552f787afb14> >. Acesso em: 22 out. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. Disponível em: <<http://www.ial.sp.gov.br/index.html>>

IRADUKUNDA, Y. High performance of activated carbons prepared from mangosteen (*Garcinia mangostana*) peels using the hydrothermal process. **Journal of Energy Storage**, Lanzhou, v. 102577, n. 39, p. 1-10, 2021.

ISABELLE, M. *et al.* Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore. **Food Chemistry**, v. 123, n., p. 77-84. 2015.

MOHAMMAD, N. A. *et al.* Optimization of the antioxidant-rich xanthone extract from mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarp via microwave-assisted extraction. **Heliyon**, v. 5, n. 2571, p. 1-10, 2019.

NACZK, M. *et al.* Protein-binding and antioxidant potential of phenolics of mangosteen fruit (*Garcinia mangostana*). **Food Chemistry**, v.128, n., p. 292–298, 2018.

SACRAMENTO, C. K. D O . *et al.*. Cultivo do mangostão no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 195–203, abr. 2009.

SILVA, A.K.N; ABE, S.T.H; SANTOS, O.V. Processamento da farinha da casca do mangostão (*Garcinia mangostana* L.) Com vistas aos aspectos nutricionais e de antocianina. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.7, n.2, p. 1074- 1087, 2013.

SINGLETON, V.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R.. Análise de Fenola Total e Outros Substratos de Oxidação e Antioxidantes por Reagente de Folin-Ciocalteu. *Methods in Enzymology* , 299, 152-78. 1999

SUKSAMRAN, N. *et al.* Mangosteen vinegar from *Garcinia mangostana*: quality improvement and antioxidant properties. **Heliyon**, v. 8, n. e11943, p. 1-8, 2022.

XU X. H. *et al.* Garcinone E induces apoptosis and inhibits migration and invasion in ovarian cancer cells. **Sci Rep**. 2017. doi: 10.1038/s41598-017-11417-4. PMID: 28878295; PMCID: PMC5587559.

WATHONI, N. Characterization and antioxidant activity of pectin from Indonesian mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) rind. **Heliyon**, v. 02299, n. 5, p. 1-5, 09 ago. 2019.

CAPÍTULO 10

Influência da cor da embalagem de pão de forma elaborado com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo (*Butia capitata*) na decisão de compra pelo consumidor

Nicolly Rodrigues¹; Maria Amanda do Carmo Souza¹; Tatiane Pereira da Silva¹; Karine Santos Soares¹; Claysse Aparecida Alves Machado²; Claudia Regina Vieira*³

Resumo

Um dos fatores principais para a aceitação de um produto é a embalagem, sendo um dos fatores primordiais para a escolha de um consumidor à um novo produto. Com isso, o objetivo deste estudo foi analisar qual a embalagem ideal para o pão de forma feito com a farinha de coquinho azedo. Primeiramente, foi realizado o Grupo de Foco, a fim de saber quais os atributos seriam mais apropriados para as embalagens, sendo as cores verde, amarelo e marrom claro escolhidas pelos consumidores como adequadas e que remetesse a memória afetiva ao fruto e uma frase de efeito que deveria ter na embalagem do produto. Após, serem definidos os aspectos da embalagem, foi elaborado o design, utilizando os programas: Canva[®], Adobe Dimension[®] e Adobe Illustrator[®]. Em seguida, questionários elaborados no formulário do Google Forms foram distribuídos aleatoriamente através de e-mail e redes sociais. Foi feito o Teste de Preferência, tendo 220 participantes, sendo escolhida a embalagem da cor verde como a preferida. Portanto, a embalagem escolhida, foi submetida ao Teste de Aceitabilidade, por meio da aplicação de um segundo questionário. A embalagem que obteve maior aceitabilidade foi da cor verde, com 73,74% de índice de aceitação. Ademais, os aspectos gerais da embalagem e sua cor do pão de forma feito com farinha de coquinho azedo, obteve uma aceitabilidade acima 75,40% de aprovação pelos participantes, evidenciando que apresentou uma boa aceitação ao produto, podendo então considerar uma possibilidade para o mercado. Apesar da boa receptividade da embalagem, a intenção de compra ficou com 69,73%, o que deve ser levado em conta, em um estudo futuro.

Palavras-chave: Frutos do Cerrado. Marketing. Panificação. Sensorial.

¹ Discentes do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

² Discente do Curso de Mestrado em Alimentos e Saúde; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Docente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: crvieira@ica.ufmg.br

Introdução

Os coprodutos ou resíduo alimentar são obtidos durante o processamento de frutas ou hortaliças, sejam eles cascas, sementes, bagaço, e no caso de oleaginosas, que é produzida pela realização da extração mecânica do óleo (COSTA, 2019; RAMOS *et al.*, 2023). Devido à quantidade de material orgânico processado nas agroindústrias e por estas, em sua maioria, não possuem local adequado para descartar os resíduos, estes eram descartados no meio ambiente de maneira inapropriada, causando a poluição nos arredores das indústrias e/ou efluentes ou eram destinados à alimentação animal. Ao longo dos anos, essas empresas pretendiam reduzir custos operacionais adicionados com a destinação correta dos coprodutos (DAMIANI; MARTINS; BECKER, 2020; SETTE *et al.*, 2020).

Sendo assim, medidas têm sido propostas e aplicadas para conter os impactos ambientais, como utilizar os coprodutos agroindustriais na produção de alimentos, já que são ricos em vitaminas, minerais e fibras, ou seja, apresentam nutrientes importantes para alimentação humana e trazem benefícios à saúde, além de apresentar lucro para agroindústria ao invés do descarte desse coproduto. Estudos têm sido desenvolvidos para elaboração de novos produtos a partir de coprodutos agroindustriais, como por exemplo, o coquinho azedo, pois a introdução dos mesmos agrega valor nutricional aos novos produtos, como também é um fruto nativo da região do Cerrado e Caatinga (GUIMARÃES *et al.*, 2023). Neste sentido, o coproduto da agroindústria do coquinho azedo (*Butia capitata* var. *capitata*), fruto rico em compostos antioxidantes e fibras, apresenta-se com um potencial aplicação ao ser introduzido na alimentação humana, na forma de farinha, pois seu consumo irá auxiliar no consumo das quantidades diárias aceitáveis de alguns nutrientes. A farinha apresenta teor de fibra (7,0%), provitamina A (146, 2RAE 100g⁻¹), óleo (2,5%), vitamina C (53mg 100g⁻¹), compostos fenólicos (210mg de catequina, equivalente a 100g⁻¹; 116mg de ácido tânico, equivalente a 100g⁻¹) e potássio (516mg 100g⁻¹), (FARIA *et al.*, 2008) igualmente a polpa que é fonte desses nutrientes, além de possuir altos teores de cobre, manganês, magnésio e carotenoides (AGUIAR *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2021; VIEIRA *et al.*, 2016). Dentre as diversas possibilidades de utilizar os coprodutos na produção de alimentos, pode-se elaborar barras de cereais, doces, muffins, farinhas, biscoitos, dentre outros. Contudo, o produto com maior destaque são as farinhas com 38,64% de aplicação, como aponta o estudo de Guimarães *et al.* (2023).

Após o processamento do coquinho azedo na extração da polpa, seu resíduo pode ser beneficiado até obter a farinha, sendo esta utilizada na elaboração de alimentos, entre eles, o pão de forma, que é um alimento amplamente consumido. O pão se trata de um alimento bastante consumido diariamente, devido a sua acessibilidade em vários pontos de venda e por ser base na alimentação humana como fonte de carboidratos de custo acessível. O emprego da farinha do coproduto de coquinho azedo, além

de agregar valor nutricional na alimentação da população, devido à adição de ingredientes ricos em componentes funcionais, como as fibras, irá trazer diversidade no consumo de pães de forma (AGUIAR *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2021; VIEIRA *et al.*, 2016).

Para tanto, não se tem preocupado somente em elaborar um produto saudável, mas também com a forma em que este produto vai ser comercializado, neste sentido a embalagem do produto tem se tornado objeto de estudo, uma vez que esta deixou apenas de acondicionar e proteger o alimento de agentes externos, para se tornar estratégia de *marketing*. Para tal, é importante se observar como estas influenciam na escolha do produto e decisão de compra pelo consumidor (FREITAS; SILVA; DELLA LUCIA, 2020).

Sendo assim, diante da vasta quantidade de produtos nas prateleiras, as marcas têm buscado maneiras de se destacar das concorrentes, sejam por meio de cores, frases com apelos nutricionais ou promocionais, imagens do produto ou meramente ilustrativa, o design em si da embalagem, ou seja, o formato influencia os consumidores, visto que afetam os sentidos (visão, audição, paladar, olfato e tato). Ademais, as embalagens estão se comunicando com quem vai adquirir o produto, por meio das percepções provocadas nessas pessoas, sendo responsáveis por causar emoções antes mesmo do alimento a ser consumido (GIANCRISTOFARO; BORDIGNON, 2016; KOVAČ *et al.*, 2019; SOUSA, 2020; PIQUERAS-FISZMAN; SPENCE, 2016). E algumas associações já foram comprovadas, como relacionar a cor da embalagem com a cor do alimento e o seu gosto característico, por exemplo, às cores vermelha e marrom e preta, estão relacionadas ao sabor morango e ao sabor chocolate respectivamente (DUTRA, 2018).

Em relação à embalagem do produto, alguns consumidores podem associar a cor com a relação de saudabilidade do alimento, cores claras e suaves, remetem a alimentos saudáveis, em contrapartida, os ultraprocessados são acondicionados em embalagens com cores vibrantes e fortes. Entretanto, não é uma informação clara, tendo em vista que não é algo exato, uma vez que cada indivíduo tem suas particularidades, ou seja, as percepções variam de pessoa para pessoa, então os parâmetros de decisão de compra podem alterar de acordo com a idade, cultura e sexo, percepção da cor e as avaliam como saudável ou não (THEBEN; GERARDS; FOLKVORD, 2020; KUMAR, 2017; MEAD; RICHERSON, 2018).

De fato, a cor é o primeiro quesito a ser notado nas embalagens, sendo a responsável por estimular a resposta rápida entre o consumidor e o produto, porém as cores devem estar em harmonia com o restante do design, bem como o projeto da embalagem deve ser pensado num todo, tendo alinhamento com a fonte, imagens gráficas e/ou visuais, até mesmo pensar se a mistura de cores está agradável, formato e a funcionalidade para deixar o consumidor entusiasmado desde o primeiro contato até a conclusão da compra do mesmo (KUMAR, 2017; KIM; SPENCE; MARSHALL, 2018).

Além do mais, as marcas podem utilizar a cor para que o consumidor a identifiquem, com a identidade visual fortalecida, o cliente já saberá o que busca dentre tantas variedades. Será, portanto, uma fidelização entre o consumidor e a empresa, proporcionado à empresa se sobressair das concorrentes (KIM; SPENCE; MARSHALL, 2018).

Diante do exposto, este trabalho propôs avaliar a influência da cor da embalagem de pão de forma elaborado com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo (*Butia capitata*) na decisão de compra pelo consumidor.

Material e Métodos

Este trabalho foi dividido em três partes: Grupo de Foco, Teste de Preferência e Teste de Aceitação seguindo as Normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Para realização de todas as etapas da pesquisa, os participantes concordaram com o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), segundo o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG (CAAE: 97454718.1.0000.5149).

Na primeira etapa da pesquisa, foi realizado um Grupo de Foco, seguindo a metodologia de Della Lucia *et al.* (2010). Os participantes foram convidados a participar através de um questionário enviado por e-mail e foram selecionados com base em sua disponibilidade de horários, usando um método de seleção aleatório. Os debates com os participantes ocorreram entre maio a junho de 2022, utilizando as ferramentas Google Meet e Google Forms. No total, vinte e cinco consumidores participaram das reuniões remotas, com o objetivo de identificar seus hábitos de consumo.

Os consumidores foram designados em três grupos compostos, respectivamente, por 8, 7 e 10 participantes. As sessões duraram em média uma hora e meia, onde havia um colaborador intermediando o debate com perguntas direcionadas para que os participantes expressassem sua livre opinião sobre o assunto. Foi gravada a discussão, sendo previamente consentida pelos participantes com o intuito de serem transcrevidas as respostas de cada um após a discussão para análise de dados, como resultados e discussão para serem usados posteriormente.

Na discussão foram determinadas as características escolhidas no grupo de foco, onde se definiu que o design da embalagem e a frase de efeito seriam apresentados igualmente em todas elas, variando apenas a cor.

Para segunda e terceira etapas da pesquisa, foi feita a proposta de embalagem utilizando os programas Canva® (2023), Adobe Illustrator® (ADOBE, 2023a) e Adobe Dimension® (ADOBE®, 2023b) que está apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Design proposto para a embalagem do pão de forma elaborado com farinha do coproduto do coquinho azedo



Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: (a) Design da parte da frente e (b) da parte de trás da embalagem.

Com a embalagem definida, foram elaboradas as mesmas com as cores escolhidas, mantendo o design proposto. As embalagens foram codificadas e apresentadas de forma que eliminasse o efeito da ordem de apresentação, sendo aleatorizadas, para o Teste de Preferência pelo método 164/IV (IAL, 2008). Com isso, foram elaborados seis formulários e enviados por e-mail, onde foram recolhidos dados socioeconômicos, aspectos gerais sobre o conhecimento do fruto do Cerrado, o coquinho azedo, e seu consumo e qual embalagem mais gostaram para o produto, como pode ser descrito na Tabela 1, para o Teste de Preferência e Teste de Aceitabilidade. Os questionários foram enviados no período de 01 a 05 de junho de 2023 utilizando o formulário do Google Forms.

Para o Teste de Aceitação, utilizou-se o método 165/IV (IAL, 2008), por escala hedônica de nove pontos, onde o consumidor avaliou de “desgostei extremamente” (1 ponto) a “gostei extremamente” (9 pontos), contendo o ponto intermediário de “indiferente” (5 pontos), quanto aos aspectos gerais da embalagem (cores, frase de efeito, desenho etc.) e da cor individualmente. Para avaliar a intenção de compra do produto, utilizou-se a metodologia 167/IV (IAL, 2008), variando de “certamente compraria” (5 pontos) a “certamente não compraria” (1 ponto).

Tabela 1 - Perguntas direcionadas para o Teste de Preferência e Teste de Aceitação

Aspectos Socioeconômicos

Indique sua idade

Qual seu gênero?

Qual sua escolaridade?

Qual é a sua renda familiar bruta? (Somatório de todas as pessoas de sua residência)

Aspectos gerais

Você conhece o fruto do cerrado coquinho azedo (*Butia capitata*)

Você já consumiu algum produto elaborado com coquinho azedo?

Com qual frequência você consome coquinho azedo ou algum produto elaborado com coquinho azedo?

Teste de Aceitação – Aspectos da embalagem

Observando o conjunto de todos os aspectos da embalagem (cores, frases de efeito, desenho etc.), marque a alternativa que melhor representa o que você achou

Sobre as cores utilizadas na embalagem, marque a alternativa que melhor representa o que você achou

Qual sua intenção de compra desse produto?

Fonte: Dos autores, 2023.

O experimento foi conduzido utilizando Delineamento Inteiramente Casualizado. Os resultados para o Teste de Preferência foram avaliados através dos resultados obtidos de cada resposta, levando em consideração a quantidade de participantes e suas análises para os parâmetros estudados. A amostra com maior percentual de preferência, foi considerada a escolhida pelos provadores. O Índice de Aceitabilidade (I.A) foi calculado utilizando a expressão: $IA (\%) = A \times 100/B$, onde A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto ((TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987).

Resultados e Discussão

No Grupo de Foco, identificou-se que a maioria, 60%, são do gênero feminino e 40% do masculino. Com relação aos seus hábitos de consumo, quando perguntados sobre o que eles mais observavam na embalagem na hora de comprar um produto alimentício, 28% alegaram observar a validade. Ao serem perguntados se o material que é feito a embalagem, influência na decisão de compra, 56% alegaram que se sentem influenciados por esse fator. Quanto ao tipo de embalagem, 44% têm preferência por embalagens práticas. Em relação aos frutos do Cerrado e Caatinga, 80% afirmaram

conhecer o fruto coquinho azedo. Quanto à cor ideal para a embalagem do produto usando o coquinho azedo, as respostas encontradas foram: verde, amarelo e marrom claro (Figura 2).

Em relação as frases de efeito, os entrevistados informaram que deveriam ter informações que dessem a percepção ao consumidor que o produto tinha como ingrediente o fruto do Cerrado, e neste caso, foi utilizado na parte frontal a frase “Feito com a farinha do coproduto de coquinho azedo” e na parte de trás “A riqueza do Cerrado em cada mordida!”.

Participaram do Teste de Preferência, 220 consumidores, sendo 130 do gênero feminino, 88 do gênero masculino e 2 preferiram não informar. Dentre eles, 69% têm idade entre 18 e 30 anos, 26% conhecem o coquinho azedo, no entanto, cerca de 10 % têm o hábito de consumir o fruto ou algum produto elaborado com ele, por exemplo, licor, picolé, polpa, bolos, sorvetes etc. Os consumidores escolheram a embalagem verde (42,73%) como preferida, seguida da cor amarela (38,18%) e da cor marrom (19,09%). Desta forma, a embalagem com coloração verde foi utilizada no Teste de Aceitabilidade.

O fato de a cor verde ter sido escolhida como a preferida pelos consumidores ao invés da cor amarela, não se equivale com os resultados observados no Grupo de Foco, onde apenas cinco pessoas dos 25 entrevistados sugeriram essa cor, enquanto 15 entrevistados citaram a cor amarela como ideal para esse tipo de embalagem. Acredita-se que a cor do fruto ser amarela, pode ter influenciado os entrevistados no momento da pergunta.

De certa forma, observa-se que as duas cores mais escolhidas foram a verde e amarela pelos consumidores. Segundo ST Wang (2013), em estudo avaliando os aspectos de embalagens de pão existentes no mercado, o autor observou que a maioria das marcas utilizam as cores azul, amarelo e verde em embalagens de produtos que trazem ingredientes benéficos ao organismo ou que sejam integrais. Sendo assim, pode-se inferir que os consumidores têm a tendência de associar essas cores a “produtos saudáveis”, e por este motivo, podem ter escolhido com mais frequência a cor verde, seguida da cor amarela para a embalagem de pão de forma utilizando o coproduto de coquinho azedo.

No Teste de Aceitabilidade da embalagem escolhida, foram registrados dados demográficos dos 100 participantes. Verificou-se que 52% eram do gênero masculino, enquanto 47% eram do gênero feminino. Apenas 1% dos participantes optaram por não informar seu gênero. Em relação à faixa etária, constatou-se que 67% dos participantes tinham entre 18 e 30 anos, 18% tinham entre 41 e 60 anos. Apenas 1% dos participantes tinham mais de 60 anos.

Figura 2 - Design com as cores propostas para o pão de forma elaborado com farinha do coproduto do coquinho azedo



Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Design da parte da frente e da parte de trás das embalagens (a) amarela, (b) verde e (c) marrom claro.

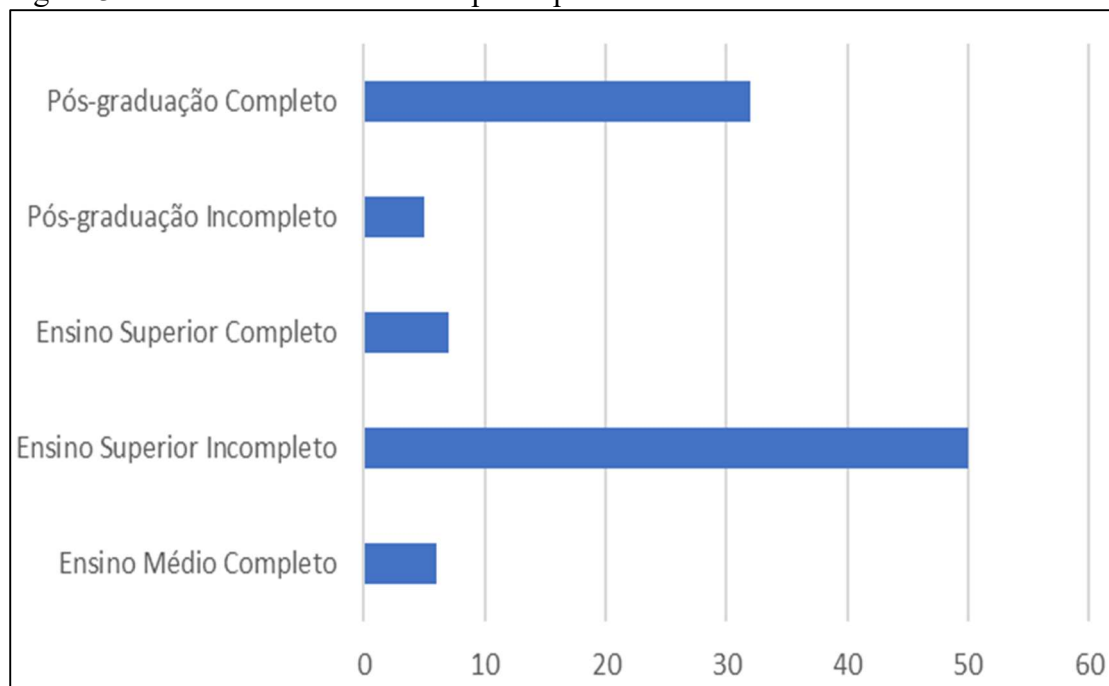
Quanto ao grau de escolaridade, como pode ser observado na Figura 3, 50% dos participantes possuem ensino superior incompleto, sendo 32% com pós-graduação completa.

Ao serem indagados sobre sua familiaridade com o fruto chamado coquinho azedo, constatou-se que 67% dos participantes afirmaram desconhecer-lo, enquanto 26% disseram conhecê-lo e 7% afirmaram talvez conhecer o fruto. Em relação aos hábitos de consumo, verificou-se que 84% dos participantes nunca o haviam consumido, enquanto 13% afirmaram consumi-lo mais de uma vez por mês.

No que diz respeito à preferência por diferentes embalagens, observou-se que a embalagem verde obteve uma taxa de aceitação de 50%, seguida pela amarela com 39% e pela embalagem marrom clara com apenas 11%. É importante ressaltar que as cores possuem um impacto significativo no cérebro humano, despertando sensações e reflexos sensoriais de grande importância (FARINA; PEREZ; BASTOS, 2006). Isso pode explicar a maior aceitação da cor verde, que remete a bem-estar e natureza, chamando mais a atenção das pessoas.

A embalagem da cor verde escolhida obteve comentários como: “a verde é melhor”, porém recebeu comentários de “seria bom na embalagem reforçar os benefícios do coquinho!”, podendo ser exemplificado que produtos que tragam “saúde” para o consumidor chamam mais a atenção (RIBEIRO, 2017). Entretanto, comentários como “achei a fonte da frase ‘Feito com farinha de coquinho azedo’ de difícil leitura. No entanto, imagino que seja o diferencial do produto”, ficando explícito que a fonte influencia muito na sua comercialização.

Figura 3 - Grau de escolaridade dos participantes



Fonte: Dos autores, 2023.

Os resultados médios para a aceitabilidade do conjunto de todos os aspectos da embalagem, cores utilizadas na embalagem e a intenção de compra, podem ser vistos na Tabela 2.

O primeiro conjunto de dados foi avaliado como aspectos gerais (cores, frases de efeito, desenho etc.), a embalagem alcançou 75,40% de aceitabilidade, evidenciando que os aspectos da embalagem foram muito satisfatórios.

Em relação às cores da embalagem, foi obtido um índice de aceitabilidade de 73,74%, isso indica que a escolha da cor seria bem recebida pelos consumidores. Com isso, é possível compreender a importância da escolha das cores e que estas influenciam, e muito, na escolha do consumidor (FARINA; PEREZ; BASTOS, 2006).

Tabela 2 - Teste de Aceitação e de Intenção de Compra da embalagem de pão de forma com a farinha do coproduto de coquinho azedo

Atributos	Nota média	Índice de aceitabilidade ³
Aspectos da embalagem ¹	6,78	75,40
Cores utilizadas na embalagem ¹	6,63	73,74
Intenção de compra ²	3,48	69,73

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: ¹ As médias dos resultados são baseados na escala hedônica de nove pontos, variando de “desgostei extremamente” (1) a “gostei extremamente” (9); ² Escala de cinco pontos, variando de “decididamente não compraria” (1) a “decididamente compraria” (5); ³ IA (%) = $A \times 100/B$, onde A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto, para avaliação global.

O índice de intenção de compra do produto ficou em 69,73%, podendo observar que ficou um pouco abaixo, quando comparado com os aspectos gerais da embalagem e cores. Porém, em média obteve uma boa aceitação de 3,48 em uma escala de cinco pontos.

Em estudo realizado por Viana *et al.* (2022), os autores avaliaram as características de embalagem ideais para comercialização de pães tipo bisnaguinha elaborados com farinha de beterraba. Segundo os autores, na maioria dos aspectos analisados, a embalagem desenvolvida para os pães tipo bisnaguinha elaborados com farinha de beterraba apresentaram valores maiores que 80%, podendo então considerar um bom potencial para o mercado. Ainda, segundo os autores, o estudo sensorial sobre embalagens é de grande importância antes da sua comercialização, levando em conta que este é o primeiro contato do consumidor com o produto. Segundo Teixeira, Meinert e Barbeta, (1987), para um produto ser aceito pelos provadores deve atingir uma porcentagem maior ou igual a 70%. Sendo assim, pode-se inferir que a embalagem foi aceita pelos consumidores em relação aos aspectos avaliados.

Conclusão

Esta pesquisa permitiu identificar as características de uma embalagem para pão de forma elaborado com coproduto do coquinho azedo, sendo a coloração verde a mais aceita pelos consumidores, apresentando aceitabilidade quanto ao design e cor acima de 70%. Os resultados indicam que a comercialização deste produto a partir desta embalagem pode apresentar boa aceitação por parte dos consumidores de pães de forma, se mostrando também um potencial produto a ser adquirido pelos mesmos, uma vez que intenção de compra apresentou índice de aceitabilidade próximo a 70%.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e a todos consumidores que participaram dessa pesquisa.

Referências

ADOBE®. Adobe Dimension®. Version 3.4.2. [S.l.]: Microsoft Corporation, 2023b. Desktop-O2V2T9P for Windows_64.

ADOBE®. Adobe Illustrator®. Version 25.2.3. [S.l.]: Microsoft Corporation, 2023a. Desktop-O2V2T9P for Windows_64.

AGUIAR, M. C. S. *et al.* Volatile compounds from fruits of *Butia capitata* at different stages of maturity and storage. **Food Research International**, v. 62, p. 1095-1099, 2014.

CANVA®. **Canva®**. Versão 2.217.0. Disponível em: <https://www.canva.com>. Acesso em: 8 mai. 2023.

COSTA, M. K. O. **Aproveitamento de coprodutos do biodiesel: torta de girassol e glicerina bruta em rações para poedeiras comerciais**. 2019. 105f. Tese Doutorado em Zootecnia - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2019.

DAMIANI, C.; MARTINS, G. A. S.; BECKER, F. S. **Aproveitamento de resíduos vegetais: potenciais e limitações**. Palmas: Eduft, 2020. 64 p.

DELLA LUCIA, S. M. *et al.* Expectativas geradas pela marca sobre a aceitabilidade de cerveja: estudo da interação entre características não sensoriais e o comportamento do consumidor. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 28, p. 11-24, 2010.

DUTRA, T. C. **A visão na avaliação sensorial de bolo de chocolate**. 2018. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018

FARIA, J. P. *et al.* Caracterização da polpa do coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 827-829, 2008.

FARINA, M.; PEREZ, C.; BASTOS, D. **Psicodinâmica das cores em comunicação**. São Paulo: Edgar Blucher, 2006. p. 2-20.

FREITAS, L. S., SILVA, B. P., DELLA LUCIA, C. M. Influência da embalagem na intenção de compra do consumidor de suco de laranja industrializado. **Revista da Associação Brasileira de Nutrição**, v. 11, n. 1, p. 128-141, 2020.

GIANCRISTOFARO, R. A.; BORDIGNON, P. Consumer preferences in food packaging: CUB models and conjoint analysis. **British Food Journal**, v. 118, n. 3, p. 527-540, 2016.

GUIMARÃES, M. L. L. *et al.* Potential of use tropical fruit co-products in the elaboration of new food products. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, p. e14312240012, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/40012>. Acesso em: 3 jun. 2023.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 310-320. Disponível em: Acesso em: 10 jun. 2023.

KIM, J.; SPENCE, M. T.; MARSHALL, R. The color of choice: The influence of presenting product information in color on the compromise effect. **Journal of Retailing**, v. 94, n. 2, p. 167-185, 2018.

KOVAČ, A. *et al.* Consumers' preferences for visual elements on chocolate packaging. **Journal of Graphic Engineering and Design**, n. 10, v. 1, p. 13-18, 2019.

KUMAR, J. S. The psychology of colour influences consumers' buying behaviour—a diagnostic study. **Ushus Journal of Business Management**, v. 16, n. 4, p. 1-13, 2017.

MARGON, R. A. *et al.* Perfil de sabor para diferentes tipos de malte utilizando técnicas descritivas de análise sensorial. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 3, p. 1761-1767, 2015.

MEAD, J. A.; RICHERSON, R. Package color saturation and food healthfulness perceptions. **Journal of Business Research**, v. 82, p. 10-18, 2018.

OLIVEIRA, N. M. A. L. *et al.* Características físico-químicas e sensoriais de pão de forma enriquecido com concentrado proteico de soro de leite e carbonato de cálcio. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 1, p. 16-22, 2011.

PEREIRA, G. S. L. *et al.* Proximate, mineral and carotenoid composition of coquinho-azedo flour. **International Journal of Development Research** v.11, n.1, p.1-5, 2021.

PIQUERAS-FISZMAN, B.; SPENCE, C. (Ed.). **Multisensory flavor perception: From fundamental neuroscience through to the marketplace**. Woodhead Publishing, 2016.

RAMOS, S. A. *et al.* Reaproveitamento de resíduos alimentares: Desenvolvimento e caracterização de farinha de casca de tangerina (*Citrus reticulata*). **Scientia Plena**, v. 19, n. 4, 2023.

RIBEIRO, S. S. K. **Análise do processo de comunicação dos alimentos funcionais: um estudo das embalagens de pães**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SETTE, P. *et al.* Integral valorization of fruit waste from wine and cider industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 242, p. 118486, 2020.

SIVAM, A. S. *et al.* Physicochemical properties of bread dough and finished bread with added pectin fiber and phenolic antioxidants. **Journal of food science**, v. 76, n. 3, p. H97-H107, 2011.

SOUSA, M. M. M. **Influência de fatores extrínsecos ao produto no julgamento hedônico e percepção de sabor de cafés especiais**. 2020. 96 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Escola de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG), 2020.

SPENCE, C.; VELASCO, C. On the multiple effects of packaging colour on consumer behaviour and product experience in the ‘food and beverage’ and ‘home and personal care’ categories. **Food quality and preference**, v. 68, p. 226-237, 2018.

ST WANG, E. The influence of visual packaging design on perceived food product quality, value, and brand preference. **International Journal of Retail & Distribution Management**, v. 41, n. 10, p. 805-816, 2013.

TALMA, S. V. *et al.* Avaliação da Qualidade dos Pães para Hamburguer Fabricados em Campos dos Goytacazes–RJ. **Biológicas & Saúde**, v. 1, n. 2, p.3, 2011.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Editora da UFSC, 1987.

THEBEN, A.; GERARDS, M.; FOLKVORD, F. The effect of packaging color and health claims on product attitude and buying intention. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 6, p. 1991, 2020.

VIANA, M. I. J. *et al.* Pães tipo bisnaguinha elaborados com farinha de beterraba: quais são as características de embalagem ideais para a sua comercialização. In: **Simpósio Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFVJM**, 2022, Diamantina. Anais eletrônicos [...] Diamantina: UFVJM, 2022. Disponível em: <https://www.ict.ufvjm.edu.br/?p=4481>. Acesso em: 10 jun. 2023.

VIEIRA, B. M. *et al.* The synthesis and characterization of *Butia capitata* seed oil as a FAME feedstock. **Fuel**, v. 184, p. 533-535, 2016.

CAPÍTULO 11

Preferências do consumidor sobre a embalagem de pão de forma elaborado com farinha da torta de buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

Nicolly Rodrigues¹; Debora Maria Barbosa Souza¹; Lilian Karoline Souza Fernandes¹; Roberto Angelo Ferreira Nascimento¹; Mariuze Loyanny Pereira Oliveira²; Juliana Pinto de Lima*³

Resumo

Os frutos do Cerrado e Caatinga são uma exclusividade do bioma. Vários fatores atuam sobre o comportamento do consumidor, tais como origem, apresentação, embalagem, familiaridade ou rotulagem de um produto. As embalagens são o primeiro contato com o consumidor, além do mais, é o que chama a atenção para a compra de um novo produto no mercado. Com isso, objetivou-se criar uma embalagem de pão de forma elaborado com a farinha da torta de buriti, de acordo com a preferência do público. Inicialmente, foi elaborado um grupo de foco para descobrir quais cores mais adequadas para o produto sendo: amarelo, vermelho e marrom escolhidas pelos consumidores como adequadas e que remetesse a memória afetiva ao fruto e uma frase de efeito que deveria ter na embalagem do produto. Posteriormente, foi elaborado o design da embalagem, utilizando os programas: Canva[®], Adobe Dimension[®] e Adobe Illustrator[®]. Com as embalagens prontas, questionários foram feitos através do formulário do Google Forms e enviados em e-mails e redes sociais, com o intuito de saber qual embalagem preferida. Foi feito o Teste de Preferência, tendo 139 participantes, sendo escolhida a embalagem da cor amarela como a preferida. Portanto a embalagem escolhida, foi submetida ao Teste de Aceitabilidade, por meio da aplicação de um segundo questionário. Ademais os aspectos gerais do pão de forma feito com farinha da torta do buriti obtiveram índice superior a 80% de aceitação pelos participantes, evidenciando uma boa aceitabilidade pela embalagem, podendo ser considerado uma opção para o mercado. Entretanto, apesar da boa receptividade da embalagem o percentual das cores deve ser levado em consideração em que futuramente pode-se desenvolver novos estudos sobre as cores da embalagem, por ter tido um índice de aceitação abaixo de 50%.

Palavras-chave: Frutos do Cerrado. Marketing. Panificação. Sensorial.

¹ Discente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

² Técnico Administrativo. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Docente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: juliana-pinto-lima@ica.ufmg.br

Introdução

A palmeira buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é uma palmeira encontrada nos biomas Amazônia e Cerrado, localizada em algumas regiões brasileiras, e produz um fruto com núcleos que variam do amarelo ao marrom avermelhado escuro (LORENZI *et al.*, 2004). O fruto do buriti possui potencial para a produção de alimentos ricos em vitaminas e antioxidantes (BATISTA *et al.*, 2012). O óleo proveniente do *Mauritia flexuosa* L. é de suma importância para variados segmentos industriais e sua extração gera resíduos, como é o caso da torta de buriti, que podem ser destinados ao aproveitamento em forma de farinha para incorporação em diversas receitas (ZANATTA *et al.*, 2010).

O pão é um alimento que pode oferecer macronutrientes, micronutrientes e substâncias biologicamente ativas. Presente na dieta humana, desde tempos mais antigos é responsável por cerca da metade de carboidratos consumidos. Sua combinação com ingredientes funcionais provindos de subprodutos pode ser uma forma de agregar valor nutricional ao alimento e diminuir o impacto do descarte de resíduos. (LIMA *et al.*, 2020).

Nos últimos anos, o pão vem sendo modificado como uma forma de atender diversos públicos que são atraídos pelos ingredientes utilizados. Dessa forma, tem-se pães com calorias reduzidas, auxiliando na redução de peso; pães sem glúten, para celíacos; pães enriquecidos com fibras, entre outros, uma grande variedade sob medida. E o aproveitamento integral dos alimentos através da adição de farinhas elaboradas com os subprodutos, surge como possibilidade para promover essa diversificação que o consumidor almeja. (FERREIRA, 2020).

Segundo Ribeiro (2017), a embalagem de um produto é um dos fatores mais relevantes em sua divulgação e apresentação para o público, podendo ser o fator decisivo para o consumidor na hora da compra. As informações transmitidas e a aparência das embalagens que fazem com que o consumidor associe a aparência com o produto (KOTLER, 2011). Os atributos de um produto são, geralmente, avaliados com base em uma gama de informações associadas a ele. Algumas dessas informações são intrínsecas, ou seja, dizem respeito às características físicas do produto, como tamanho, cor, *design*, aroma etc.; outras são extrínsecas, ou seja, externas ao produto, como preço, imagem da marca e país de origem (GONÇALVES *et al.*, 2016).

Percebe-se que as indústrias estão reconhecendo a importância de entender o comportamento do consumidor, a fim de obter maior sucesso nas decisões tomadas, melhorando o *marketing* para novos produtos. A análise sensorial na área da ciência de alimentos, portanto é uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento, inovação de produtos, controle de qualidade e definição da estratégia de marketing (MINIM, 2018; MINIM; SILVA, 2016). Essa ferramenta pode prever como as embalagens, por exemplo, podem, por meio das preferências e percepções sensoriais, afetar na aceitabilidade de

atributos sensoriais dos produtos e influenciar atitudes e comportamentos dos consumidores (DUTCOSKY, 2011; KIM *et al.*, 2021).

Deste modo, a investigação do tipo de embalagem ideal para consumidores de pães de forma se torna necessário. Este trabalho teve, portanto, como objetivo, avaliar a preferência entre três embalagens diferentes e verificar a aceitabilidade da embalagem preferida pelos consumidores.

Material e Métodos

Este trabalho foi dividido em três partes: Grupo de Foco, Teste de Preferência e Teste de Aceitação seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Para realização de toda as etapas da pesquisa, os participantes concordaram com o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), segundo o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG (CAAE: 97454718.1.0000.5149).

Na primeira etapa da pesquisa, foi feito o Grupo de foco, de acordo com a metodologia de Della Lucia *et al.* (2010) onde os participantes foram convidados a participar através de questionário enviado por e-mail, e selecionados de acordo com suas disponibilidades de horário, sendo selecionados aleatoriamente. O debate com os participantes ocorreu no período de maio a junho de 2022. As ferramentas utilizadas foram o Google Meet e o formulário do Google Forms. Vinte e cinco consumidores participaram das reuniões que aconteceram remotamente, com o objetivo de determinar seus hábitos.

Os consumidores foram designados em três grupos compostos, respectivamente, por 8, 7 e 10 participantes. As sessões duraram em média uma hora e meia, onde havia um colaborador intermediando o debate com perguntas direcionadas para que os participantes expressassem sua livre opinião sobre o assunto. Foi gravada a discussão, sendo previamente consentida pelos participantes com o intuito de serem transcrevidas as respostas de cada um após a discussão para análise de dados, como resultados e discussão para serem usados posteriormente. Na discussão foram determinadas as características escolhidas no grupo de foco, onde definiu-se que o design da embalagem e a frase de efeito seriam apresentados igualmente em todas elas, variando apenas a cor.

Para segunda e terceira etapas da pesquisa, foi feita a proposta de embalagem utilizado os programas Canva® (2023), Adobe Dimension® (ADOBE®, 2023a) e Adobe Illustrator® (ADOBE, 2023b) e estão apresentados na Figura 1.

Com a embalagem definida, foram elaboradas as mesmas com as cores escolhidas, mantendo o design proposto (Figura 2). As embalagens foram codificadas e apresentadas de forma que eliminasse o efeito da ordem de apresentação, sendo aleatorizadas, para o Teste de Preferência pelo método 164/IV (IAL, 2008). Com isso, foram elaborados seis formulários e enviados por e-mail, onde foram recolhidos

dados socioeconômicos, aspectos gerais sobre o conhecimento do fruto do Cerrado, o coquinho azedo, e seu consumo e qual embalagem mais gostaram para o produto. Os questionários foram enviados no período de 01 a 05 de junho de 2023 utilizando o formulário do Google Forms.

Figura 1 - Design proposto para a embalagem do pão de forma elaborado com a farinha da torta de buriti



Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: (a) Design da parte da frente e (b) da parte de trás.

Para o Teste de Aceitação, utilizou-se o método 165/IV (IAL, 2008), por escala hedônica de nove pontos, onde o consumidor avaliou de “desgostei extremamente” (1 ponto) a “gostei extremamente” (9 pontos), contendo o ponto intermediário de “indiferente” (5 pontos), quanto aos aspectos gerais da embalagem (cores, frase de efeito, desenho etc.) e da cor individualmente. Para avaliar a intenção de compra do produto, utilizou-se a metodologia 167/IV (IAL, 2008), variando de “certamente compraria” (5 pontos) a “certamente não compraria” (1 ponto).

O experimento foi conduzido utilizando Delineamento Inteiramente Casualizado. Os resultados para o Teste de Preferência foram avaliados através dos resultados obtidos de cada resposta, levando em consideração a quantidade de participantes e suas análises para os parâmetros estudados. A amostra com maior percentual de preferência, foi considerada a escolhida pelos provadores. O Índice de Aceitabilidade (I.A) foi calculado utilizando a expressão: $IA (\%) = A \times 100/B$, onde A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 2009).

Figura 2 - Design com as cores propostas para o pão de forma elaborado com a farinha da torta de buriti



Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Embalagens (a) amarelo, (b) marrom e (c) vermelha.

Resultados e Discussão

No Grupo de Foco, 60% dos consumidores eram do sexo feminino e 40% do sexo masculino. Os participantes foram perguntados sobre o que observavam em embalagens alimentícias, 52% disseram observar tabela nutricional e ingredientes, e outros 44% disseram observar a estética, *design* e cor da embalagem. Segundo Leite (2022), a embalagem em si é crucial na medida em que esta, através do seu design, é a tela para comunicar com o consumidor.

A maioria dos participantes, 56%, afirmaram que o material que é feito a embalagem lhes influencia na hora de comprar algum produto alimentício, sendo que na hora da compra, preferem optar por embalagens práticas ou reutilizáveis.

Os resultados para o Teste de Preferência, contribuíram 139 consumidores, sendo 75% do gênero feminino, 63% do gênero masculino e 1 preferiu não informar. Dentre eles, 54,67% têm entre 18 e 30 anos, 39,56% conhecem o buriti, entretanto, cerca de 16,54% têm o hábito de consumir o fruto ou algum produto elaborado com ele, buriti. Os consumidores escolheram a embalagem amarela (54,67%) como preferida, seguida da cor vermelha (26,61%) e da cor marrom (18,70%). Desta forma, a embalagem com coloração amarela foi utilizada no Teste de Aceitabilidade.

Em relação à cor, 60% dos entrevistados disseram se sentir influenciados pela cor da embalagem no momento da compra. Os profissionais de marketing, portanto, devem considerar a cor como parte de suas estratégias (MADDEN; HEWETT; ROTH, 2000). Os consumidores foram questionados sobre qual cor lembrariam ao pensar nas embalagens com farinha da torta de buriti, as respostas variaram entre marrom, amarelo e vermelho.

Foram perguntados sobre quais frases lhes chamaria atenção nesse tipo de produto, e as respostas foram unânimes a respeito de citar o bioma, chamando atenção que contém produto nativo do Cerrado. Segundo Noleto (2022), o Cerrado é considerado um dos biomas mais ricos em diversidade e de alto potencial econômico, o que estimula o interesse de indústrias por inovação.

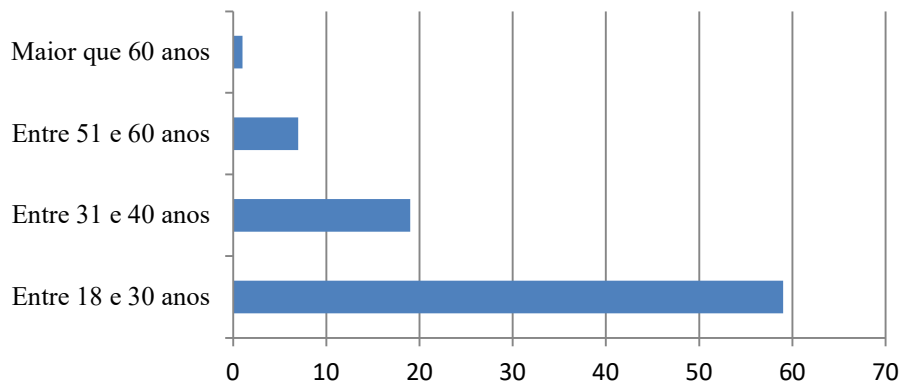
No teste de aceitabilidade, 100 consumidores participaram do estudo, 56% eram do sexo feminino e 44% sexo masculino. Em relação a faixa etária dos participantes, 59% possuíam idade entre 18 e 30 anos, 19% de 31 a 40 anos, 7% entre 51 e 60 anos e somente 1% com idade maior que 60 anos, se caracterizando com um público jovem (Figura 3).

Cerca de 34% dos participantes conhecem o fruto do cerrado buriti, 10% disseram talvez conhecer e 56% não conhecem. Sendo que, 6% já consumiram algum produto elaborado com o buriti, 86% nunca consumiram e 8% disseram talvez já ter consumido em algum momento.

Na preferência das embalagens 49 participantes escolheram amarela, 30 preferiram a coloração vermelha e 21 a cor marrom. A cor é um dos fatores que facilita o processo de troca e uma parte importante no conjunto dos fatores que interferem na decisão de compras (CREPALDI, 2006).

A embalagem de cor amarela foi a escolhida por mais participantes que deixaram comentários como “O buriti é amarelo, é melhor a embalagem que remete a isto”. Em estudo realizado por Crepaldi (2006), diz que a cor tem uma função bem definida e específica de ajudar na clareza da mensagem a ser transmitida e a preferência por cores muda de acordo com a moda, situação econômica, dificuldades existenciais e tantos outros fatores.

Figura 3 - Faixa etária dos participantes

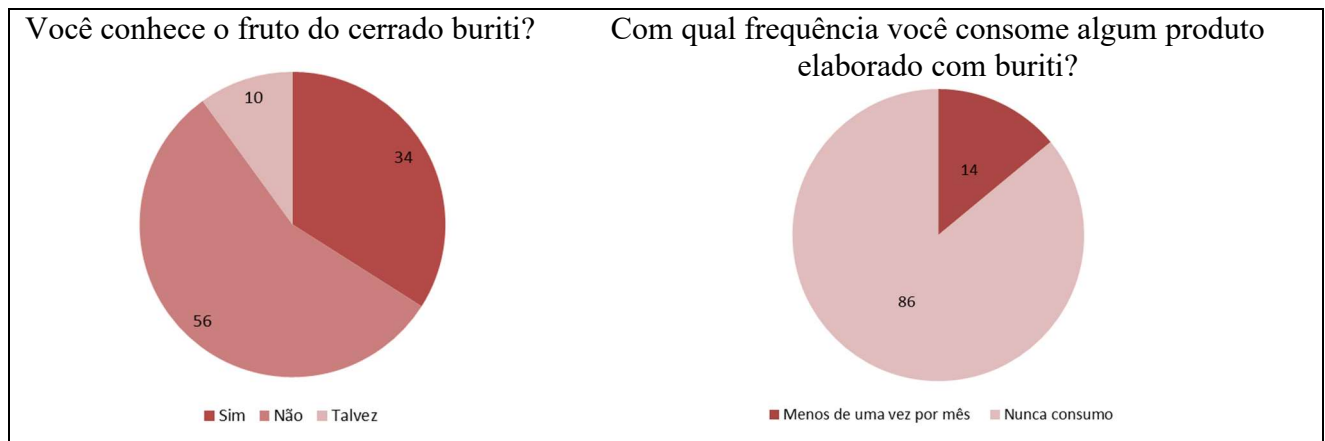


Fonte: Dos Autores, 2023.

Segundo a literatura sobre o assunto, diversos fatores podem influenciar na escolha de um produto, dentre eles, a cor da embalagem se destaca na captação da atenção do consumidor e nas expectativas sobre as prováveis propriedades de sabor do conteúdo (PIQUERAS-FISZMAN; SPENCE, 2015). Segundo Spence (2018), a cor da embalagem é utilizada pela maioria das marcas de alimentos e bebidas para indicar o tipo ou sabor do produto que nela se encontra. Esta observação permite prever porque a maioria dos consumidores optou pela cor amarela, visto que a polpa do fruto é dessa cor.

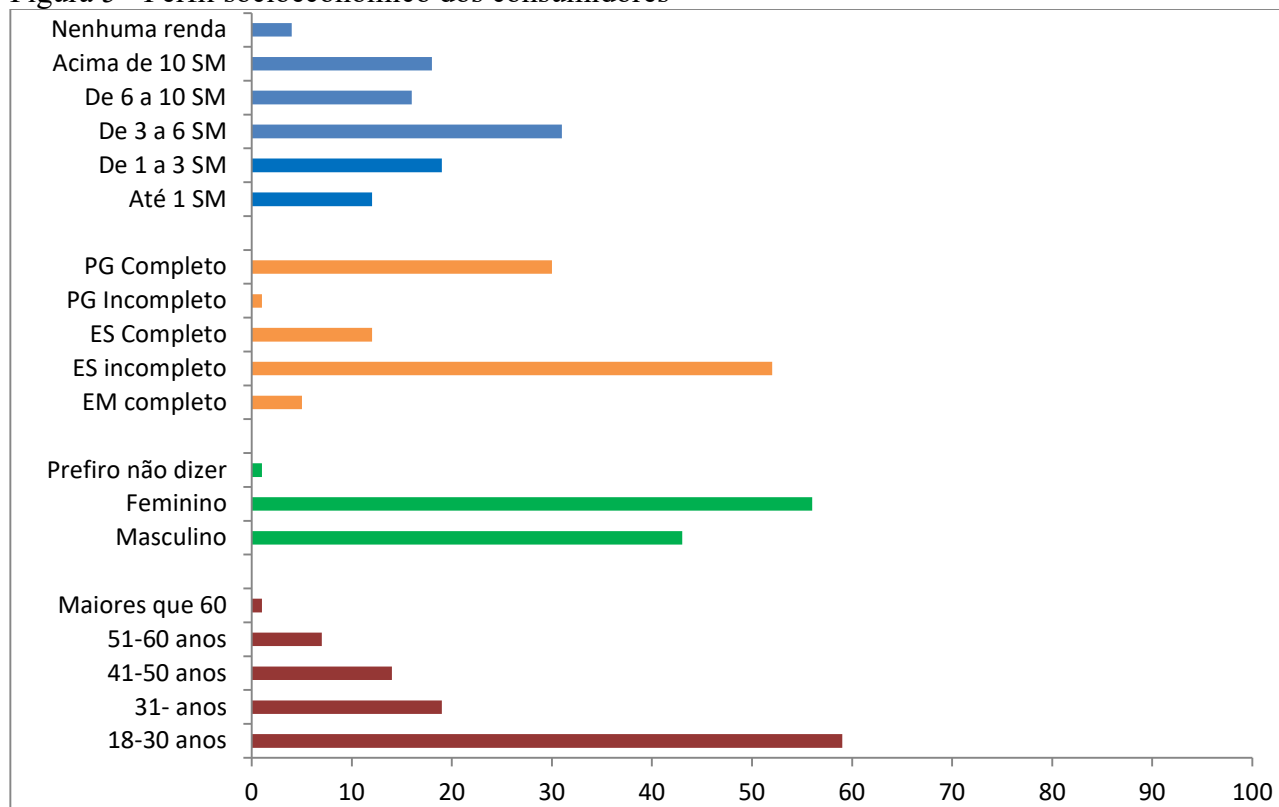
Após a embalagem ter tido uma maior preferência pelos participantes foi realizado o estudo de aceitabilidade com a embalagem amarela. Participaram do teste, com consumidores sendo o perfil da maioria definido como pessoas do gênero feminino (56%), com faixa etária entre 18 e 30 anos (59%), com ensino superior incompleto (52%), renda familiar entre 3 e 6 salários mínimos. Observou-se também que 56 % dos entrevistados não conheciam a farinha da torta de buriti e que 86% não tinha o hábito de consumir alimentos com esse coproduto (Figuras 4 e 5).

Figura 4 - Hábitos alimentares dos consumidores



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 5 - Perfil socioeconômico dos consumidores



Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: SM = Salário mínimo; PG = Pós-graduação; ES = Ensino Superior; EM = Ensino Médio.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados médios para cada parâmetro avaliado e seus respectivos índices de aceitação.

O índice de aceitação para os aspectos da embalagem (cores, frases de efeito, desenho etc.), foi de 82,00%, sendo um índice satisfatório para sua comercialização. Embora seja vista essencialmente pela sua função de proteção do produto, a embalagem está se tornando cada vez mais reconhecida como um instrumento de promoção do mesmo, e representa uma excelente oportunidade para persuadir o consumidor no ponto de venda (GÁRRAN; SERRALVO, 2012).

Tabela 1 - Teste de índice de aceitação (IA) da embalagem para pão de forma elaborado com farinha do coproduto da agroindústria do buriti

Atributos	Média	Índice de aceitação
Aspectos da embalagem ¹	7,38	82,00
Cores da embalagem ¹	7,14	79,33
Intenção de compra ²	3,53	70,60

Fonte: Dos Autores, 2023.

Legenda: ¹Escala hedônica de nove pontos, variando de “desgostei extremamente” (1) a “gostei extremamente” (9); ²Escala de cinco pontos, variando de “decididamente não compraria” (1) a “decididamente compraria” (5); ³ IA (%) = A x 100/B, onde A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto, para avaliação global.

Em relação às cores da embalagem, obteve índice de aceitação de 79,33%, resultado satisfatório. Do ponto de vista comercial, para garantir as vendas de qualquer produto, é necessário que o projeto da embalagem seja voltado para a conveniência do consumidor, possuindo apelo de mercado através de suas cores e formas (ZAHRA, 2012).

A embalagem para o pão de forma obteve a média de 3,53 na intenção de compra. A escolha compra e aceitação de alimentos pelo consumidor é um fenômeno complexo, influenciado por fatores relacionados com marketing, psicológicos e sensoriais (GUERRERO *et al.*, 2000). Uma embalagem que atrai os consumidores irá ajudá-los a tomar decisões rapidamente a respeito de concretizar uma compra. (STEFANO, 2012)

Conclusão

Esta pesquisa permitiu identificar as características de uma embalagem para pão de forma elaborado com a farinha da torta de buriti, sendo a coloração amarela a mais aceita pelos consumidores, apresentando aceitabilidade quanto ao design e cor acima de 80%. Os resultados indicam que a comercialização deste produto a partir desta embalagem pode apresentar boa aceitação por parte dos consumidores de pães de forma, se mostrando também um potencial produto a ser adquirido pelos mesmos, uma vez que intenção de compra apresentou índice de aceitabilidade próximo a 70%.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e a todos consumidores que participaram dessa pesquisa.

Referências

- ADOBE®. **Adobe Dimension®**. Version 3.4.2. [S.l.]: Microsoft Corporation, 2023a. Desktop-O2V2T9P for Windows_64.
- ADOBE®. **Adobe Illustrator®**. Version 25.2.3. [S.l.]: Microsoft Corporation, 2023b. Desktop-O2V2T9P for Windows_64.
- BATISTA, J. S. *et al.* Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. **Revista Ciência Rural**, 42136-141, 2012.
- CANVA®. **Canva®**. Versão 2.217.0. Disponível em: <https://www.canva.com>. Acesso em: 8 mai. 2023.

CREPALDI, L. A influência das cores na decisão de compras: um estudo do comportamento do consumidor no ABC paulista. In: **Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação**. 2006. p. 1-14.

DELLA LUCIA, S. M. *et al.* Expectativas geradas pela marca sobre a aceitabilidade de cerveja: estudo da interação entre características não sensoriais e o comportamento do consumidor. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 28, p. 11-24, 2010.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de Alimentos**. 3 ed. rev. e ampl., São Paulo: PUCPress - Editora Universitária Champagnat, 2011. 426 p.

FERREIRA, C. M. **Adição de farinha de subprodutos vegetais em pães**. 2020. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

GÁRRAN, V. G.; SERRALVO, F. A.. A influência dos aspectos visuais das embalagens na formação das atitudes: um estudo no setor de alimentos. **Revista Administração em Diálogo-RAD**, v. 14, n. 2, 2012.

GONÇALVES, P. R.; VARGAS, A.; FRÓES, R. S. Percepções sobre consumo produto e embalagem de alimentos. **Semioses**, v. 10, n. 3, p. 40-48, 2016.

GUERRERO, L. *et al.* Consumer attitude towards store brands. **Food Quality and Preference**, v. 11, n. 5, p. 387-395, 2000.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 310-320. Disponível em: Acesso em: 10 jun. 2023.

KIM, M. *et al.* The roles of sensory perceptions and mental imagery in consumer decision-making. **Journal Of Retailing And Consumer Services**, v. 61, p. 102517, 2021.

KOTLER, P. Reinventing marketing to manage the environmental imperative. **Journal of marketing**, v. 75, n. 4, p. 132-135, 2011.

LEITE, J. D. J. **Marketing Alimentar: o futuro das embalagens e o seu papel na comunicação com o consumidor**. 2022.

LIMA, S. B. *et al.* Elaboração de farinha de subprodutos de vegetais para adição em pães. **Encontros Universitários da UFC**, v. 5, n. 2, 2020.

LORENZI, H. *et al.* **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Funep, 2004. Disponível em: <https://livraria.funep.org.br/product/palmeiras-brasileiras-e-exoticas-cultivadas/>. Acesso em: 18 de jun. de 2023.

MADDEN, T. J.; HEWETT, K.; ROTH, M. S. Managing images in different cultures: A cross-national study of color meanings and preferences. **Journal of international marketing**, v. 8, n. 4, p. 90-107, 2000.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: Estudos com consumidores**. 4. ed., Viçosa (MG): Ed. UFV, 2018. 344p.

MINIM, V. P. R.; SILVA, R. C. N. **Análise Sensorial Descritiva**. Viçosa (MG): Ed. UFV, 2016. 332 p.

NOLETO, A. R. *et al.* Conhecimento da população sobre frutos nativos do Cerrado brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e520111436585-e520111436585, 2022.

MARGON, R. A. *et al.* Perfil de sabor para diferentes tipos de malte utilizando técnicas descritivas de análise sensorial. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 3, p. 1761-1767, 2015.

PIQUERAS-FISZMAN, B.; SPENCE, C. Sensory expectations based on product-extrinsic food cues: An interdisciplinary review of the empirical evidence and theoretical accounts. **Food Quality and Preference**, v. 40, p. 165-179, 2015.

RIBEIRO, S. S. K.. **Análise do processo de comunicação dos alimentos funcionais: um estudo das embalagens de pães**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SPENCE, C. **Background colour & its impact on food perception & behaviour**. Food Quality and Preference, Barking, v. 68, p. 156-166, Sept. 2018.

STEFANO, N. M. Análise da influência dos atributos da embalagem no ponto de vista do consumidor no momento da compra. **Gestão & Planejamento-G&P**, v. 13, n. 1, 2012.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Editora da UFSC, 1987.

ZAHRA, F. M. **A influência da embalagem na decisão de compra do consumidor de chocolates na região de Curitiba**. 2012. Monografia para conclusão de curso (Curso em Marketing). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2012.

ZANATTA, C. F. *et al.* Photoprotective potential of emulsions formulated with Buriti oil (*Mauritia flexuosa*) against UV irradiation on keratinocytes and fibroblasts cell lines. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 1, p. 70-75, 2010.

CAPÍTULO 12

Análise do impacto das técnicas de ultrassom e micro-ondas na extração proteica de microalgas e sua aplicabilidade em emulsões

Pedro Valverde Reis Lopes*¹; Cintia Nanci Kobori²; Christiano Vieira Pires²;
Janaína Miranda Barbosa²

Resumo

Comumente encontradas em meios aquáticos, microalgas são conhecidas pela alta capacidade de reprodução e consequente acúmulo de biomassa. Estes microrganismos são capazes de armazenar proteínas, carboidratos, lipídios e sintetizar carotenoides, ácidos graxos de cadeia longa, aminoácidos, vitaminas e minerais, além de outros componentes fundamentais para a alimentação humana. Dentre os objetivos do trabalho, está o estudo da extração dos concentrados proteicos da microalga aplicando 3 tratamentos diferentes: extração alcalina (tratamento 1) (EA); extração alcalina e ultrassom (US)(tratamento 2); e extração alcalina, ultrassom e micro-ondas (MO) (tratamento 3). Os resultados mostraram que o tratamento 2 apresentou melhor resultado para rendimento global de para rendimento proteico, mostrando que a técnica de ultrassom contribuiu positivamente para liberação das proteínas celulares para o meio externo. Além disso, devido ao seu elevado teor de proteínas, investigou-se também a aplicação das microalgas como agente emulsificante em emulsões óleo em água (O/A) em pH 3 e pH 7. As microalgas não apresentaram boa capacidade emulsificante e demonstraram baixa estabilidade cinética. Essa baixa estabilidade cinética pode estar associada não apenas a ação da proteína na interface, mas também a fatores do processo como homogeneização, concentração proteica utilizada, entre outros. Todavia, na caracterização da biomassa, observou-se uma alta concentração de proteínas mostrando que o aprofundamento do estudo de microalgas em alimentos tem potencial para o desenvolvimento de produtos de fonte vegetal altamente proteicos.

Palavras-chave: Alcalino. Caracterização. Concentrado. Proteico.

Introdução

Encontradas em meios aquáticos, microalgas são conhecidas pela alta capacidade de reprodução e consequente geração de biomassa, rica em proteínas e lipídios. Através da fotossíntese, são capazes

¹ Bolsista de Iniciação Científica; Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia de Alimentos (DEALI), Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

² Docente, Departamento de Engenharia de Alimentos (DEALI), Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

* E-mail: pvalverde.2105@gmail.com

de se desenvolverem e apresentarem a produtividade de 10 a 100 vezes maior que cultivos tradicionais (EMBRAPA,2016). Algumas microalgas como *Spirulina* e *Chlorella* são consideradas GRAS (*Generally Recognized As Safe*), alimentos que não oferecem risco ao consumidor. No Brasil, a Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA), também aprovou o consumo de microalgas da espécie *Spirulina Platensis*, reforçando a segurança e confiabilidade das microalgas ao mercado de alimentos, que é pouco explorado.

Conforme a Portaria n° 540 de 1997 do Ministério da Saúde, emulsionante/emulsificante é a substância que tem a capacidade de homogeneizar duas ou mais fases de uma mistura heterogênea. Também conhecido como surfactantes, são convencionalmente constituídos de uma parte hidrofílica e uma lipofílica, além de possuírem peso molecular médio. Através de uma reorganização mecânica das moléculas e pelo caráter anfifílico, a adição do agente emulsificante irá gerar uma emulsão mais estável devido à sua redistribuição entre fases imiscíveis. Exemplos clássicos de produtos que contém emulsificantes e/ou são maionese, chocolate, manteiga, leite, entre outros produtos.

Por possuírem uma alta quantidade de proteínas, as microalgas se tornam potenciais candidatos para criação de novos emulsificantes. De acordo com o estudo feito por Radmann (2011), microalgas podem ser usadas como biosurfactantes, ou seja, possuem características tensoativas alterando a tensão superficial de fluídos, através de suas moléculas. Tal capacidade possui diversas aplicações industriais para a indústria química e de alimentos.

Devido à importância nutricional e funcional das proteínas em alimentos, muitos trabalhos têm investigado a respeito de técnicas de extração proteica, visando aplicação tecnológica e nutricional. O tratamento alcalino é muito usado na extração de proteínas principalmente pela sua simplicidade. Além deste tratamento, as técnicas de ultrassom e micro-ondas têm sido estudadas e investigadas (AMORIM *et al.*, 2020). A aplicação do ultrassom visa o rompimento da parede celular e liberação do interior da microalga para o meio, causando assim uma maior exposição das proteínas deste alimento (HOSSAIN *et al.*, 2012). A técnica de micro-ondas por se tratar de um meio convencional de curto tempo de processamento, e não utilizar químicos agressivos se torna atraente. Esta técnica consiste no aquecimento do solvente que entrou em contato com a microalga, portanto a temperatura é a principal responsável pela extração do nutriente desejado.

A combinação de diferentes técnicas para extração das proteínas tem mostrado resultados interessantes e atraído estudos na área. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo estudar a ação dos tratamentos de ultrassom e micro-ondas no processo de extração alcalina das proteínas da microalga *Spirulina platensis*. Além disso, o potencial emulsificante das microalgas em emulsões óleo em água (O/A) foi avaliado em diferentes pHs, visando sua aplicação na indústria de alimentos.

Material e Métodos

A microalga *Spirulina Platensis* foi adquirida da empresa Wenutri Natural Foods (Santo André - SP). Os demais ingredientes usados foram de grau analítico.

Composição centesimal da microalga

O teor de umidade, voláteis e cinzas da microalga foi realizado de acordo com as normas padrões estabelecidos pela *ASTM - American Society for Testing and Materials*. O teor de lipídeos foi determinado pelo método de Soxhlet e o teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl, de acordo com a *Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)*. Para o teor de proteínas, foi primeiro encontrado o teor de nitrogênio na amostra e este valor foi multiplicado pelo fator 6,25 para ser calculado o teor final de proteína na biomassa. Os carboidratos foram calculados por diferença conforme Equação 1:

$$\text{Carboidratos (\%)} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ cinzas}) \quad (\text{Eq.1})$$

Pré-tratamentos e extração alcalina das proteínas

A primeira etapa da extração de proteínas consiste na obtenção da biomassa desengordura, porém, esta etapa não foi realizada já que a microalga adquirida comercialmente já estava desengordurada. Assim, microalga comercial foi diretamente submetida na etapa de extração da proteína e neste processo foram aplicados 3 tratamentos diferentes com as técnicas de extração alcalina, ultrassom e micro-ondas.

A extração alcalina das proteínas foi realizada conforme metodologia descrita por Lupatini (2016) com adaptações. A extração se iniciou pela suspensão da biomassa em água purificada na razão de 1:10 (biomassa:água) e o pH foi ajustado para 9 com o uso de NaOH 2,0 mol.L⁻¹. O Tratamento 1 (controle) consistiu apenas da aplicação da extração alcalina, já para Tratamento 2 aplicou-se o pré-tratamento com ultrassom (150 W) e para o Tratamento 3 foi aplicada a combinação das técnicas de ultrassom e micro-ondas. Os parâmetros utilizados nos pré-tratamentos foram estabelecidos de acordo com a literatura, os 3 tratamentos estudados foram aplicados foram:

- Tratamento 1: Extração alcalina com agitação mecânica (controle) (EA);
- Tratamento 2: Pré-Tratamento com Ultrassom (Frequência: 37 kHz, Tempo: 30 min) + Extração alcalina com agitação mecânica (US + EA);

- Tratamento 3: Pré-Tratamento com Ultrassom (Frequência: 37 kHz, Tempo: 30 min) + Micro-ondas (Potência: 43,5 W, Tempo: 10 min) + Extração alcalina com agitação mecânica (US + MO + EA);

No pré-tratamento com ultrassom, a solução foi submetida ao tratamento com ondas ultrassônicas em banho Ultrassom L200 Schuster com valores de frequência e tempo apresentados nas descrições. O tratamento de ultrassom ocorreu à temperatura ambiente (25°C). Na sequência, a solução seguiu para a etapa de agitação mecânica ou para o tratamento com micro-ondas.

O pré-tratamento com micro-ondas foi conduzido conforme metodologia descrita por Ochar-Rivas *et al.* (2017) com adaptações. Para o tratamento com micro-ondas foi usado um equipamento micro-ondas (LG 30L MS3052RA) e as amostras foram submetidas aos pré-tratamentos com os valores de potência e tempo descritos. Na sequência, a solução seguiu para a agitação mecânica.

Após a aplicação dos pré-tratamentos (Tratamentos 2, 3), a suspensão foi colocada sob agitação mecânica em banho maria com o uso de agitador mecânico (Marconi MA 1039/E) na velocidade de 360 rpm durante 15 minutos. A separação de fases foi realizada por centrifugação a (6000 rpm/ 15min) 7493 xg a 25°C durante 15 minutos. O sobrenadante obtido, que continha as proteínas e carboidratos solubilizados, foi coletado e teve seu pH ajustado para 3, que corresponde ao ponto isoelétrico das proteínas da *Spirulina platensis* (CHRONAKIS *et al.*, 2000). O ajuste do pH para precipitação das proteínas foi realizado utilizando-se HCl 2,0 mol.L⁻¹.

Posteriormente, a solução foi deixada em repouso por 30 min a 10°C seguindo para uma nova centrifugação (6000 rpm / 15min)7493xg7493x g a 25°C durante 15 minutos). O precipitado obtido correspondeu ao concentrado proteico, enquanto o sobrenadante que consistia na solução com carboidratos em suspensão, foi coletado e armazenado a 7°C.

Cálculo do rendimento Global e Proteico

Após as aplicações dos 3 tratamentos, os rendimentos globais (RG) e rendimentos proteicos (RP) foram calculados para cada um deles. O rendimento global foi calculado conforme Equação 2:

$$RG (\%) = \left(\frac{M_{CP}}{M_{BD}} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

M_{CP} = massa de concentrado proteico obtida;

M_{BD} = massa de biomassa (microalga) desengordurada;

O rendimento proteico do concentrado em cada tratamento foi calculado conforme Equação 3:

$$RP (\%) = \frac{(M_{CP} \times PCP)}{(M_{BD} \times PBD)} \times 100 \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

M_{CP} = massa de concentrado proteico obtida;
 M_{BD} = massa de biomassa (microalga) desengordurada;
 P_{CP} = % de proteína total no concentrado protéico;
 P_{BD} = % de proteína total na biomassa desengordurada;
Estudo da aplicação das microalgas em emulsões O/A.

Preparo das emulsões O/A

Inicialmente, foram preparadas as soluções aquosas com a microalga *Spirulina platensis*. A microalga em pó foi diluída em água deionizada na concentração de 6,25% sob agitação magnética por 30 minutos a temperatura ambiente, até completa solubilização.

A solução aquosa teve seu pH ajustado para 7 e para 3, com solução de NaOH 2 mol/L e de HCl 2 mol/L, respectivamente. As emulsões O/A foram preparadas pela mistura de 30% (v·v⁻¹) de óleo de soja com soluções aquosas utilizando-se um homogeneizador Ultra Turrax modelo T18 (IKA, St Augustin, Germany) a 14000 rpm por 10 minutos.

Estabilidade cinética das emulsões à cremação

Aliquotas de 70 mL de emulsão foram transferidas para provetas graduadas e armazenadas por 8 dias a temperatura ambiente, sendo o volume da fase aquosa quantificado diariamente, foram usadas amostras em triplicata. O resultado de estabilidade cinética foi reportado como índice de separação de fases (ISF), onde $ISF\% = H/H_0 \times 100$, com H representando a altura da fase inferior após o tempo de estocagem e H_0 a altura inicial da emulsão.

Microscopia óptica e análise de cor

A estrutura das emulsões foi visualizada em um microscópio óptico modelo AxioScope.A1 (Carl Zeiss Micro Imaging GmbH, Alemanha) para avaliação qualitativa. As amostras foram colocadas em lâminas, cobertas com lamínulas e visualizadas com aumento de 10X e 40X, obtendo-se aproximadamente 5 imagens de cada lâmina.

A análise de cor das emulsões foi realizada utilizando colorímetro portátil (Minolta Chroma meter CR-210) calibrado previamente a escala CIELab (L^* , a^* , b^*) na temperatura de 25°C. As medidas foram expressas em termos dos parâmetros de luminosidade L^* ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco),

cromaticidade definida por a^* ($+a^*$ = vermelho e $-a^*$ = verde), b^* ($+b^*$ = amarelo e $-b^*$ = azul), C^* (croma); e ângulo Hue (h°). Os parâmetro C^* e h° foram calculados (McGuire,1992).

Resultados e Discussão

Caracterização físico-química

Na Tabela 1, estão descritos os valores encontrados para análise imediata e análise centesimal da *Spirulina platensis*, estes valores foram comparados com valores fornecidos na embalagem.

Tabela 1 - Composição centesimal obtida nas análises para microalga *Spirulina Platensis* e comparação com valores declarados no rótulo

Caracterização centesimal	Análises	Rótulo
Umidade	7,28% ± 0,07%	ND
Cinzas	7,46% ± 1,22%	ND
Proteínas	60,66% ± 1,10%	60%
Lipídios	0,00% ± 0,00%	0%
Carboidratos	24,59% ± 0,79%	12%
a.a	0,43 ± 0,00%	ND
pH	7,69 ± 0,03%	ND

Fonte: Dos autores, 2022

Legenda: a.a (Atividade de água); pH (potencial Hidrogeniônico); ND (não declarado).

Nota: Média ± Desvio Padrão

A análise de lipídeos confirmou o valor de aproximadamente 0% de teor de lipídeos, conforme descrito na rotulagem. Este valor demonstra que a biomassa adquirida já havia sido desengordurada uma vez que estudos já mostraram que a microalga *Spirulina Platensis in natura* apresenta valores de 10,02% de lipídios, aproximadamente (BARBOSA *et al.*, 2020).

O teor de proteínas foi de 60,66% ± 1,10% em base desengordurada. Este resultado foi condizente com a tabela nutricional do rótulo. Além disso, o teor corrobora com o valor relatado no trabalho de Becker (2007), que caracterizou a microalga *Spirulina maxima* e a porcentagem de proteínas encontrada no estudo foi de 59,50%. De acordo com Moraes (2009), a proporção de proteínas na microalga é muito maior que a de carnes (15% - 25%), soja (35%) entre outros. Ademais, a proporção de proteínas das algas no estudo deste autor foi parecida (~64%) com a obtida.

Para teor de cinzas ou resíduos minerais fixos (RMF), encontrou-se o valor de 7,46 ± 1,22%, demonstrando uma alta concentração de minerais no alimento, para padrões alimentícios convencionais.

Em comparação com Tibbetts, Milley e Lall (2014) e Barbosa (2020), que encontraram os valores de teor de cinzas de 7,8% e $7,17 \pm 0,60$ %, respectivamente, verificamos que os valores encontrados neste trabalho são compatíveis com a literatura.

O teor de umidade variou de $7,28\% \pm 0,07\%$, apesar de a embalagem não fornecer o valor de umidade do produto, este resultado foi condizente com a rotulagem do produto adquirido (microalga seca). De acordo com Barbosa (2020), o teor de umidade na microalga *in natura* é de 86,74%, já para um extrato seco o valor encontrado é condizente. Podemos concluir também que o produto possui alta higroscopicidade, já que a pesagem até peso constante foi realizada cinco vezes, porém o menor resultado foi o da terceira pesagem.

Os carboidratos foram calculados por diferença, sendo que a medida calculada foi de 24,59%, grande diferença com o declarado no rótulo (12%). Este maior valor se assemelha ao valor encontrado por Barbosa *et al.*, (2020) de 29,23% para a *Spirulina platensis in natura*. De acordo com Chaiklahan *et al.* (2013) as microalgas do gênero *Spirulina* podem variar de 15% a 20% (*in natura*), a depender do meio de cultivo. Se levarmos em consideração que a biomassa está desengordurada e seca a porcentagem dos outros nutrientes tende a aumentar, corroborando assim com o resultado da análise.

Após a caracterização a extração dos concentrados proteicos foi realizada aplicando-se os 3 tratamentos previamente descritos (T1, T2 e T3). O Tratamento 1 (T1) que consistiu na extração alcalina, o Tratamento 2 (T2) com aplicação do pré-tratamento com ultrassom, e o Tratamento 3 aplicando o pré-tratamento com as técnicas combinadas de ultrassom e micro-ondas. Os valores encontrados nos experimentos estão reportados na Tabela 2.

Os valores em T1 (64,04%) e T2 (63,99%) encontrados estavam ligeiramente acima da média encontrada no rótulo (60%) e na análise proteica (60,66%). Em contraste, a amostra T3 obteve um valor médio abaixo do esperado de 59,97%, revelando assim que o processo de extração usando as técnicas combinadas (T3) não foi eficiente quando comparado aos outros tratamentos (T1 e T2).

Tabela 2 - Teor de proteínas para cada tratamento segundo o método de Kjeldahl

Concentrados	Proteínas (%)
T1 (EA)	$64,04 \pm 1,07$
T2 (US + EA)	$63,99 \pm 0,62$
T3 (US + MO+ EA)	$59,97 \pm 1,14$

Fonte: Dos autores, 2022

Legenda: T1 (tratamento 1); T2 (tratamento 2); T3 (tratamento 3).

Nota: Média \pm Desvio Padrão

Diferente do esperado em que o ultrassom tenderia a apresentar um valor maior de proteínas concentradas, verificou-se que esta técnica não teve efeito na extração das proteínas. No estudo de

Jaeschke (2020), concluiu-se que o efeito do ultrassom não foi o esperado por conseguirem remover apenas 48 mg de ficocianinas das amostras, enquanto por outros métodos como maceração e congelamento obtiveram 119 mg deste composto.

Se compararmos a amostra T3 com a média da microalga não processada, é perceptível que houve uma diminuição na concentração de proteínas. Provavelmente, esta redução deve estar relacionada a algum processo de superaquecimento da amostra no micro-ondas, por exemplo. Em teoria, o Tratamento 3 deveria ser o mais proteico por ser submetido a extração alcalina, ultrassom e micro-ondas. Neste trabalho, o superaquecimento pode ter levado ao o começo da desnaturação das proteínas deste micro-organismo. Apesar de vários testes preliminares terem sido feitos até a definição do tempo/potência do micro-ondas aplicada neste estudo, concluímos que um tempo ou potência mais curta poderia gerar valores mais aceitáveis e desejáveis para a análise.

Análise dos rendimentos

As análises de rendimentos global e proteico foram calculadas pela equação 2 e estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados obtidos para o rendimento global e rendimento proteico para T1, T2 e T3

Tratamento	RG (%)	RP (%)
T1 (EA)	19,10	19,96
T2 (US + EA)	31,59	32,96
T3 (US + MO+ EA)	27,59	26,69

Fonte: Dos autores, 2022

Legenda: T1 (tratamento 1); T2 (tratamento 2); T3 (tratamento 3);RG (Rendimento Global); RP (Rendimento proteico).

Ao analisarmos os rendimentos, concluímos que tanto o rendimento global quanto o proteico apresentaram o melhor resultado para o Tratamento 2. Segundo Ma (2014), a aplicação de ultrassom (US) pode ser uma grande vantagem para indústria de alimentos, por conseguir romper as paredes celulares dos organismos devido a cavitação acústica, liberando proteínas para o meio. As proteínas dispersas no meio podem ser usadas para diferentes finalidades, possibilitando, por exemplo, a formação da emulsão. O trabalho de Safi et. al (2014) avaliou 4 métodos para serem aplicados visando a concentração de proteínas em meio aquoso (após lise celular) em cinco espécies de microalgas dentre elas *Spirullina Platenis*. Os autores obtiveram valores de concentração proteica entre 35% a 47,1% e observaram que a sequência de métodos mais eficazes na lise celular foi: alta pressão > tratamento químico > ultrassom > agitação mecânica. Analogamente, para este trabalho, observamos também um

efeito positivo da técnica de ultrassom (T2) em comparação com o tratamento que se aplicou apenas agitação mecânica (T1).

Todavia, a combinação das técnicas de ultrassom e micro-ondas (T3) obteve um resultado cerca de 4% menor para RG e de 6,27% menor para RP. Esse resultado mostra que tal redução pode ocorrer devido ao excesso de tempo sob ação do aquecimento por micro-ondas, apesar de testes preliminares terem sido conduzidos. Um maior tempo de exposição pode ter elevado a temperatura para valores que possivelmente proporcionaram desnaturação proteica e levaram ao rompimento da estrutura da proteína. Assim, os aminoácidos se dispersaram nos processos de concentração, impedindo o teste físico químico de Kjeldahl. De acordo com Nelson (2011), temperaturas acima de 40°C proporcionam o início do processo de desnaturação proteica.

Análise de cremeação

Na Tabela 4, estão os valores encontrados para o índice de separação de fases (ISF) ao decorrer dos 7 dias de análise de cremeação da amostra sob pH 7.

Tabela 4 - Índices de separação de fases (ISF) das amostras de pH 7 ao decorrer de 7 dias

DIA	pH 3	pH 7
0	100%	100%
1	100%	91,43% ± 1%
2	14,29% ± 0,58%	89,52% ± 0,58%
3	15,71% ± 0,58%	87,14% ± 0,58%
4	18,57% ± 1%	86,19% ± 1%
5	18,57% ± 1,15%	83,33% ± 0,58%
6	18,57% ± 1,15%	82,86% ± 1,15%
7	21,43% ± 0,58%	81,90% ± 0,58

Fonte: Dos autores, 2022

Nota: Média ± Desvio Padrão

A emulsão sob pH 7 se manteve estável no primeiro momento, porém teve uma grande perda de estabilidade cinética ao decorrer do primeiro dia, cerca de 8,57%. Ao decorrer dos dias seguintes houve uma perda de estabilidade cinética padrão, que variou de aproximadamente 89,52% a 81,90% ao longo de seis dias. Emulsões suspensas em forma coloidal óleo/água comumente apresentam baixa estabilidade cinética, em que normalmente são acentuadas sobre a ação de um surfactante

(VELIKONJA; KOSARIC, 1993). Também foi notada a presença de um corpo de fundo em fase líquida, como demonstra imagem da Figura 1.

Figura 1 - Fotografia do corpo de fundo líquido detectado nas análises



Fonte: Dos autores, 2022.

As emulsões de pH 3 apresentaram estabilidade cinética superior às de pH7, uma vez que a emulsão não demonstrou perda de estabilidade na parte superior. Por outro lado, as amostras de pH 3, apresentaram um grande corpo de fundo chegando a 15 mL dos 70 mL de emulsão preparadas, portanto, 21,4%.

Foi notável uma estabilidade cinética maior neste pH, principalmente por ter se mantido constante no dia de preparo e no dia posterior. Porém, no segundo dia, repentinamente, foi notada a presença do corpo de fundo que dominou cerca de 14,29% do volume da amostra, que evoluiu constantemente até o dia 7 chegando a 21,43% do volume. A formação deste corpo de fundo pode ter ocorrido pois em pH3 as proteínas estão e valor de $pH=pI$, indicando que este corpo fundo foi formado devido à precipitação das mesmas. Assim, este estudo de emulsões de microalga apresentou baixa estabilidade cinética em ambos os casos, resultando em uma emulsão estável apenas no primeiro dia pós preparo.

Análise de cor das emulsões

Nas Tabelas 5 e 6, estão descritos os valores encontrados nas análises de cor ao decorrer de cinco dias não consecutivos para as emulsões em pH 7 e pH 3, respectivamente.

Foi notado nas amostras de pH 7 um escurecimento do dia 1 ao dia 3, sendo assim o padrão L^* variou de 30,32 a 24,34, aproximadamente. Diferentemente da tendência nos dias seguintes, foi notado um padrão de clareamento em que as amostras elevaram a luminosidade (L^*) para 33,02. Tal padrão também foi notado nas coordenadas a^* em que as amostras começaram a perder as cores verdes reduzindo seus padrões de -7,33 a -0,40, porém retornaram a tons mais fortes da cor nos dias

consecutivos chegando a $-6,90$. A perda da coloração verde também foi notada nos valores de h° que teve seu valor cada vez mais distante de 180° (verde) até o 3º dia. Por outro lado, as análises de b^* tiveram uma variação relativamente baixa de 3,92 a 2,87 ao decorrer das análises.

Tabela 5 - Valores dos parâmetros L^* , a^* , b^* , C^* e h° das emulsões sob pH 7 ao decorrer de 7 dias

Dia	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
1	$30,32 \pm 0,11$	$-7,33 \pm 0,03$	$3,92 \pm 0,04$	$8,32 \pm 0,03$	$151,87 \pm 0,28$
2	$24,26 \pm 0,05$	$-0,39 \pm 0,02$	$2,51 \pm 0,03$	$2,54 \pm 0,03$	$98,83 \pm 0,30$
3	$24,34 \pm 0,05$	$-0,40 \pm 0,05$	$2,43 \pm 0,10$	$2,46 \pm 0,10$	$99,36 \pm 1,05$
5	$29,94 \pm 0,64$	$-4,45 \pm 0,52$	$2,87 \pm 0,11$	$5,30 \pm 0,49$	$147,04 \pm 2,26$
7	$33,02 \pm 0,49$	$-6,90 \pm 0,22$	$2,87 \pm 0,07$	$7,47 \pm 0,19$	$157,42 \pm 0,98$

Fonte: Dos autores, 2022.

Nota: Média \pm Desvio Padrão

Tabela 6 - Valores dos parâmetros L^* , a^* , b^* , C^* e h° das emulsões sob pH 3 ao decorrer de 7 dias

Dia	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
1	$29,26 \pm 0,03$	$-5,56 \pm 0,01$	$3,00 \pm 0,01$	$6,32 \pm 0,01$	$151,62 \pm 0,02$
2	$28,32 \pm 0,03$	$-4,02 \pm 0,02$	$2,74 \pm 0,02$	$4,86 \pm 0,02$	$145,72 \pm 0,11$
3	$28,31 \pm 0,11$	$-3,84 \pm 0,08$	$2,76 \pm 0,07$	$4,72 \pm 0,11$	$144,30 \pm 0,15$
5	$28,36 \pm 0,12$	$-3,07 \pm 0,12$	$2,50 \pm 0,15$	$3,96 \pm 0,19$	$140,83 \pm 0,66$
7	$26,75 \pm 2,46$	$-3,07 \pm 0,12$	$2,50 \pm 0,15$	$3,96 \pm 0,19$	$140,83 \pm 0,66$

Fonte: Dos autores, 2022.

Nota: Média \pm Desvio Padrão

Nas amostras de pH 3, foi notado uma perda de cor constante em todos os padrões L^* , a^* e b^* , em que todos tendem ao zero. Portanto, houve uma redução na luminosidade L^* , e uma tendência ao vermelho e ao amarelo em a^* e b^* , respectivamente. Essa perda de cor é confirmada pela perda de saturação das cores, representada pela redução dos valores do parâmetro C^* ao longo dos dias. Ademais, observa-se pelo valor do ângulo h° que a cor verde foi mais expressiva no dia 1.

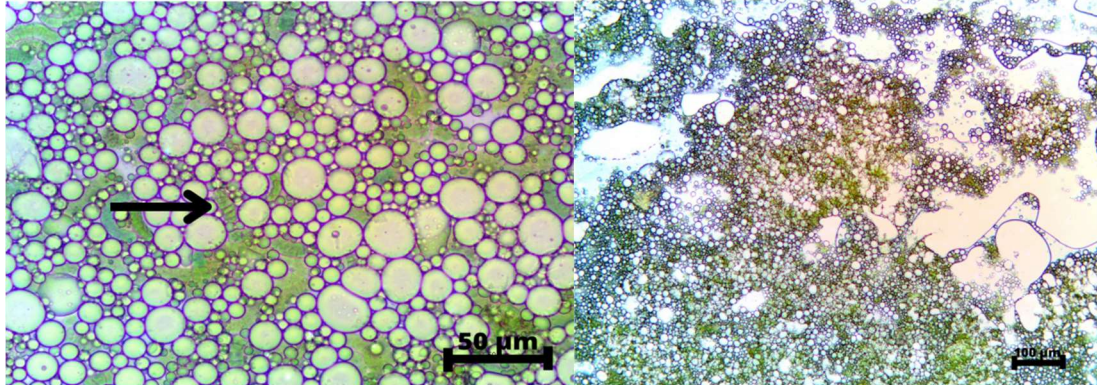
Análise microscópica

Na Figura 2, estão representados os resultados das análises microscópicas sob pH 3 e 7, e ampliação entre 10 e 40 vezes, pois a perda de estabilidade cinética dificultou a visualização do meio emulsionado.

Ao analisar as emulsões no dia zero, notou-se gotículas de óleo emulsionadas com diâmetros variados, porém mantendo um tamanho médio de $25 \mu\text{m}$, distribuídas em toda a placa. Se compararmos

com Da Silva (2015), os diâmetros encontrados em tal estudo são muito parecidos, revelando certa semelhança na capacidade emulsificante de tais espécies. Ao analisar a Figura 3, é possível notar a presença de estruturas helicoidais como marcado pela seta, de acordo com Shimada (2017), tal estrutura se trata da estrutura celular da *Spirulina Platenis* intactas.

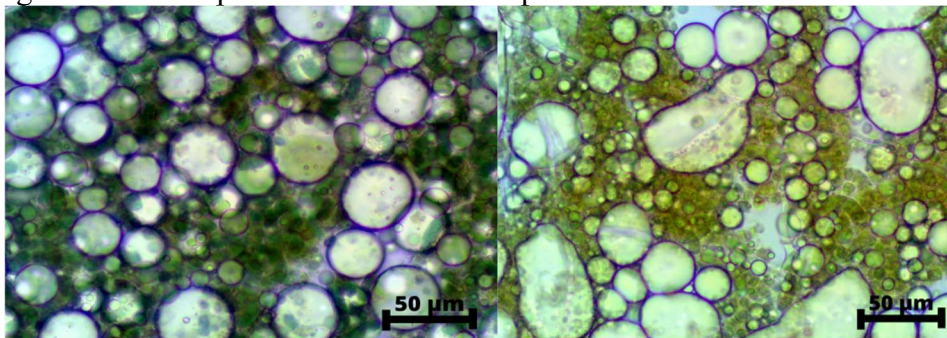
Figura 2 - Fotografia microscópicas das emulsões sob pH 7 em 40x dia 0 e 10X dia 7



Fonte: Dos autores, 2022.
Legenda: µm (micrômetro).

Observando a imagem da direita, foi reduzida a ampliação, para facilitar a visualização. A perda de estabilidade cinética da emulsão foi bem visível, uma vez que as gotículas de óleo não apresentam nenhuma padronização de tamanhos, devido à interação das partes. Por outro lado, as partículas oleosas de menor tamanho se mantiveram, devido à menor superfície de contato não interagiram umas com as outras.

Figura 3 - Fotografia microscópicas das emulsões sob pH 3 em 40x dia 0 e 7



Fonte: Dos autores, 2022.
Legenda: µm (micrômetro).

Assim, como já concluído neste estudo, a emulsão de pH 3 se demonstrou mais estável. Diferentemente do pH neutro, a fase oleosa obteve bolhas com diâmetros maiores cerca de 40 µm, porém a estabilidade cinética do meio foi maior. Mesmo após 7 dias foi possível notar padrões nas bolhas, ainda que com diâmetros superiores à fase inicial. Assim como no estudo de Soares (2015), a

adição de soluções ácidas auxiliou na tensão superficial da solução, aumentando a estabilidade cinética do meio.

Conclusão

Através da pesquisa foi concluído que a *Spirulina platenses* possuía alto teor de proteínas e consequente capacidade emulsificante. O Tratamento 2, que combinou as técnicas de ultrassom e extração alcalina, apresentou uma concentração proteica semelhante ao Tratamento 1, que utilizou apenas extração alcalina; porém foi observado maior rendimento global (31,59%) e maior rendimento proteico (32,96%), podendo ser escolhido como melhor tratamento do estudo. Estes maiores rendimentos estão relacionados à liberação das proteínas para o meio aquoso devido à lise celular. Por outro lado, foi visto que a combinação das técnicas de extração no Tratamento 3 não obteve o melhor resultado, provavelmente, devido à inconformidades de tempo e temperatura dos testes.

Outro ponto de destaque foi que as gotas de óleo observadas na análise microscópica da emulsão se aglutinaram ao longo de 7 dias, passando de gotas de 50 µm para 150 µm e causaram assim a perda de estabilidade cinética e consequente separação de fases.

Referências

AGROENERGIA EM REVISTA: MICROALGAS. - **Portal Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1060364/agroenergia-em-revista-microalgas>>. Acesso em: 21 out. 2022.

AMORIM, M. L.; SOARES, J.; COIMBRA, J. S. R.; LEITE, M. O.; ALBINO, L. F. T.; MARTINS, M. A. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Microalgae proteins: production, separation, isolation, quantification, and application in food and feed, v. 61, p. 1976 -2002, 2020.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS **Official methods of analysis**. 13 ed. Arlington: AOAC, 2000. 3200p.

BARBOSA, J. M. *et al.* Multi-response optimization of bio-oil production from catalytic solar pyrolysis of *Spirulina platensis*. **Journal of the Energy Institute**, v. 93, n. 4, p. 1313-1323, 2020.

BECKER, E. Wolfgang. Micro-algae as a source of protein. **Biotechnology advances**, v. 25, n. 2, p. 207-210, 2007.

BENELHADJ, S. *et al.* Effect of pH on the functional properties of *Arthrospira (Spirulina) platensis* protein isolate. **Food Chemistry**, v. 194, p. 1056-1063, 2016

BORUGADDA, V. B.; GOUD, V. V. Biodiesel production from renewable feedstocks: Status and opportunities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 7, p. 4763-4784, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento Técnico:** Aditivos alimentares – definições, classificação e emprego. Portaria no 540, de 27 de Outubro de 1997.

CARVALHO, A. A. B. **Recuperação e purificação de biomassa das microalgas de *Chlorella sp.* e *Dunaliella tertiolecta* utilizando microfiltração tangencial.** (Dissertação de mestrado em Engenharia Química). Departamento de Engenharia Química: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014.

CHAIKLAHAN, R. *et al.* Polysaccharide extraction from *Spirulina sp.* and its antioxidant capacity. **International journal of biological macromolecules**, v. 58, p. 73-78, 2013.

CHEL-GUERRERO, L. *et al.* Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. **Journal of Agricultural and Food chemistry**, v. 50, n. 3, p. 584-591, 2002.

CHRONAKIS, I. S. *et al.* The behaviour of protein preparations from blue-green algae (*Spirulina platensis* strain Pacifica) at the air/water interface. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 173, p. 181-192, 2000.

DA SILVA, T. M. O estudo do efeito da homogeneização de alto cisalhamento na estabilidade física de emulsões.

HUSSAIN, M. N.; JANAJREH, I. Acousto-chemical analysis in multi-transducer sonochemical reactors for biodiesel production. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 40, p. 184-193, 2018.

İLTER, I. *et al.* Optimization of phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* using different techniques. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 70, p. 78-88, 2018.

JAESCHKE, D. P. *et al.* Phycocyanin from *Spirulina*: A review of extraction methods and stability. **Food Research International**, v. 143, p. 1103-1114, 2021.

MA, Y. A. *et al.* Effects of ultrasonic and microwave pretreatments on lipid extraction of microalgae. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 37, p. 1543–1549, 2014.

MCGUIRE, R. G.; Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MORAIS, M. G. de; MIRANDA, M. Z.; COSTA, J. A. V. Biscoitos de chocolate enriquecidos com *Spirulina platensis*: características físicoquímicas, sensoriais e digestibilidade. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 3, p. 323-328, 2009.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 5o ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 140-141 p

OCHA-RIVAS, A. *et al.* **Microwave and Ultrasound to Enhance Protein Extraction from Peanut Flour under Alkaline Conditions:** Effects in Yield and Functional Properties of Protein Isolates, v.10, p.543-555, 2017.

PRIYADARSHANI, I.; RATH, B. Commercial and industrial applications of micro algae—A review. **Journal of Algal Biomass Utilization**, v. 3, n. 4, p. 89-100, 2012.

RADMANN, E. M. **Cultivo de microalgas para produção de biossurfactantes. Escola Química e de Alimentos.** Universidade Federal do Rio Grande – FURG, 2011.

SAFI, C. *et al.* Aqueous extraction of proteins from microalgae: Effect of different cell disruption methods. **Algal Research**, v. 3, p. 61-65, 2014.

SHIMADA, R. T. **Estabilidade de emulsões na presença da biomassa da microalga *Arthrospira platensis* e do polímero hidroxipropil metilcelulose.** 2017. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

SOARES, L. de S. Avaliação do potencial do quitosano como estabilizante de emulsões alimentares ácidas. 2015.

SOLETTO, D. *et al.* Batch and fed-batch cultivations of *Spirulina platensis* using ammonium sulphate and urea as nitrogen sources. **Aquaculture**, v. 243, n. 1-4, p. 217-224, 2005.

TIBBETTS, S. M.; MILLEY, J. E.; LALL, S. P. Chemical composition and nutritional properties of freshwater and marine microalgal biomass cultured in photobioreactors. **Journal of Applied Phycology**, v. 27, n. 3, p. 1109-1119, 2015.

U.S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **U S Food and Drug Administration Home Page.** Disponível em: <<https://www.fda.gov/>>. Acesso em: 21 out. 2022.

VELIKONJA, J.; KOSARIC, N. A. I. M. **Biosurfactants in food applications.** Biosurfactants: production, properties, applications, v. 48, 1993.

CAPÍTULO 13

Influência do modelo de caneca em parâmetros de textura de bolos de micro-ondas

Rayanna Ferreira Lopes¹; Gabriel Montagnini Oliveira¹; Victor Hugo Bernardes Rodrigues¹; Katiúcia Alves Amorim²; Fernanda Salamoni Becker³; Clarissa Damiani^{3*}

Resumo

A textura desempenha um papel fundamental na percepção sensorial dos consumidores e tem influência direta na aceitação dos produtos alimentícios, incluindo os bolos de micro-ondas. Esses bolos são conhecidos pela praticidade, porções individuais e ausência de desperdício, atendendo às demandas dos consumidores modernos em busca de conveniência e facilidade de preparo. Ao considerar a praticidade e facilidade oferecidas pelos bolos de caneca em micro-ondas, compreender como diferentes geometrias de canecas podem influenciar a textura é essencial para atender às expectativas dos consumidores e promover a aceitação desses produtos no mercado de alimentos. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes tamanhos e geometrias de canecas na textura de bolos de caneca comerciais sabor chocolate. Foram utilizadas misturas comerciais para bolo de caneca e os procedimentos de preparo seguiram as especificações do fabricante. Os bolos foram assados em cinco modelos de canecas distintas, cada uma com características geométricas específicas. Foram realizadas análises de textura, considerando parâmetros como dureza, coesividade, elasticidade, mastigabilidade, gomosidade, resiliência e adesividade. Dentre os parâmetros de textura analisados, verificou-se que a dureza, mastigabilidade, gomosidade e adesividade dos bolos não foram significativamente influenciadas pelos diferentes modelos de canecas utilizados ($p > 0,05$). No entanto, a coesividade, elasticidade e resiliência apresentaram diferenças significativas entre os bolos preparados em cada modelo de caneca ($p < 0,05$). Esses resultados sugerem que o tamanho e a geometria das canecas podem ter um impacto na textura final do bolo de caneca comercial, quando preparado em micro-ondas. Portanto, a escolha adequada do recipiente pode ser um fator importante para garantir a qualidade sensorial do produto, atendendo às preferências dos consumidores e sua busca por bolos com textura agradável. Além disso, tais informações fornecem subsídios valiosos para a indústria alimentícia desenvolver produtos com texturas agradáveis e que atendam às expectativas dos consumidores.

Palavras-chave: Pré-misturas. Panificação. Propriedades físicas. Reologia.

¹ Estudante de graduação de Engenharia de Alimentos; Universidade Federal do Goiás.

² Doutoranda em Ciência dos Alimentos; Universidade Federal de Lavras.

³ Docente Curso de Engenharia de Alimentos; Universidade Federal do Goiás.

*E-mail: damianiclarissa@hotmail.com

Introdução

O setor de panificação no Brasil possui uma significativa representatividade e apresenta um fortalecimento contínuo da indústria ano após ano (TAVARES; AMORIM; PINHEIRO, 2022). De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP, 2019), somente no ano de 2019, o faturamento do setor atingiu a marca de R\$95,08 bilhões. Através da adoção de novas tecnologias, técnicas aprimoradas de preparo e execução, além de investimentos em programas de capacitação, os profissionais da área têm alcançado resultados promissores para a economia brasileira (ABIP; ITPC; SEBRAE, 2017).

A busca por alimentos que atendem satisfatoriamente as necessidades e expectativas dos consumidores mudou a forma como essa relação indústria - cliente é estabelecida. Os padrões de consumo se alteram e, logicamente, este acontecimento é refletido nas escolhas e nos requisitos demandados pela população. Segundo o relatório Brasil Food Trends 2010, baseando-se em relatórios estratégicos produzidos por institutos de referência, identificou-se as principais tendências e exigências dos consumidores mundiais de alimentos e os agrupando em cinco categorias: sensorialidade e prazer, saudabilidade e bem-estar, conveniência e praticidade, confiabilidade e qualidade e sustentabilidade e ética (BRASIL FOOD TRENDS, 2010).

As tendências de conveniência e praticidade são impulsionadas, principalmente, pelo ritmo de vida nos centros urbanos e pelas mudanças na estrutura tradicional das famílias. Esses fatores estimulam a procura por produtos que permitam economia de tempo e maior eficiência para os consumidores. Conseqüentemente, a demanda por refeições prontas e semi-prontas, alimentos de fácil preparo e embalagens de fácil abertura tem aumentado significativamente (BRASIL FOOD TRENDS, 2010).

Deste modo, com o avanço da inovação científica e tecnológica, a utilização de micro-ondas tem se tornado uma prática recorrente ao longo dos anos, sendo cada vez mais comum em diversos setores, incluindo a indústria de alimentos. No mercado mundial, os alimentos preparados utilizando micro-ondas ganham ainda mais força devido à sua praticidade e eficiência, pois reduzem o tempo de cozimento e preservam os nutrientes e a cor dos alimentos em comparação ao cozimento em forno por convecção. No entanto, é importante destacar a influência desses meios de preparação e cocção nas características dos produtos (SOLEIMANIFARD *et al.*, 2018).

Nesse sentido, a diferenciação de produtos e o desenvolvimento de novas fórmulas se tornam tão importantes, garantindo a qualidade dos ingredientes e condicionando suas propriedades de acordo com as especificidades e características desejadas pelos consumidores. O processo de preparação de bolos envolve uma série de modificações estruturais a depender da formulação e das condições do processo e que pode ser analisado por meios reológicos e estruturais. Os bolos comerciais utilizam

ingredientes e tecnologia específica que, conjuntamente, fornecem características únicas e próprias de textura. E com os bolos de caneca isso não seria diferente. A mistura permite à massa do bolo constituir-se em uma emulsão estável de água e gordura, viscosa suficientemente para a retenção das bolhas de gás durante seu cozimento (HESSO *et al.*, 2015).

De acordo com Teotônio *et al.* (2021), a textura é considerada critério crucial na avaliação de produtos de panificação, incluindo bolos. A textura desempenha um papel fundamental na percepção sensorial dos consumidores e pode influenciar diretamente a recepção e preferência pelo produto. Além disso, a textura também está relacionada à qualidade percebida, à sensação de frescor e à palatabilidade dos alimentos, sendo um fator essencial para a aceitação do produto no mercado (SZCZESNIAK, 2002). É composta por diversas propriedades e os atributos mecânicos para produtos alimentícios semissólidos e sólidos podem ser divididos em cinco parâmetros primários (dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade e adesividade) e quatro parâmetros secundários (fragilidade, mastigabilidade, resiliência e gomosidade) (MALDONADO; SINGH, 2008; TEOTÔNIO *et al.*, 2021).

A Análise do Perfil de Textura Instrumental (Texture Profile Analysis - TPA) é realizada por meio de um texturômetro que comprime uma amostra de tamanho e forma padronizados em dois ciclos, simulando a ação da mandíbula durante a mastigação (SZCZESNIAK, 2002; BOURNE, 2002; CARR *et al.*, 2006; LIRA, 2017). A análise de TPA, tem sido amplamente utilizada devido à sua praticidade. Essa técnica permite a comparação dos atributos sensoriais e propriedades reológicas com outros alimentos (KOWALSKI *et al.*, 2002).

Para bolos, a forma utilizada interfere em questões importantes, como por exemplo: tempo que a massa fica no forno, a temperatura necessária e a textura do bolo quando estiver pronto (CATUAI, 2022). Portanto, torna-se essencial avaliar o recipiente utilizado para assar bolos de canecas, já que existe uma ampla variedade de canecas disponíveis no mercado, que podem ser utilizadas em micro-ondas.

Tendo em vista a importância da textura, para a qualidade do bolo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes tamanhos e geometrias de canecas na textura de bolo de caneca comercial.

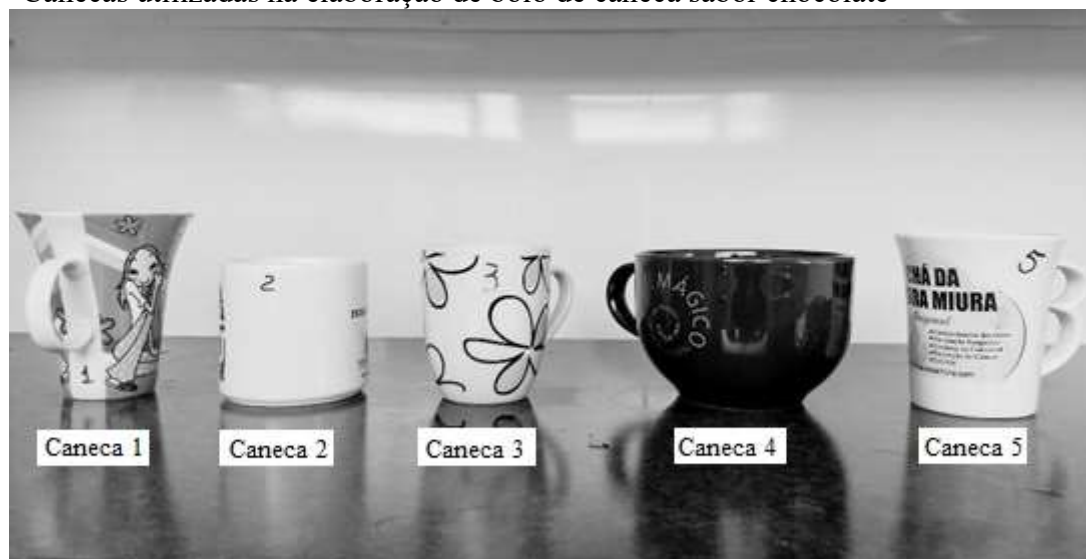
Material e Métodos

Amostra experimental

Foram adquiridas misturas comerciais para bolo de caneca sabor chocolate em um estabelecimento varejista e atacadista na cidade de Goiânia - GO.

O presente trabalho utilizou o produto da marca Dr. Oetker® e as etapas de preparo e avaliação foram conduzidas na Planta Piloto de Panificação e no Laboratório Multiusuário do Setor de Engenharia de Alimentos da Escola de Agronomia. Foram selecionados cinco modelos de canecas com diferentes geometrias (Figura 1), as especificações das canecas são apresentadas na Tabela 1, foram respeitados o volume mínimo de 300 mL especificado na embalagem da mistura para bolo de caneca.

Figura 1- Canecas utilizadas na elaboração de bolo de caneca sabor chocolate



Fonte: Dos autores, 2022.

Tabela 1 - Especificações das canecas utilizadas

	Altura (mm)	Diâmetro Superior (mm)	Diâmetro inferior (mm)
Caneca 1	115	97	50
Caneca 2	93	80	66
Caneca 3	100	76	46
Caneca 4	97	105	53
Caneca 5	105	85	64

Fonte: Dos autores, 2022.

Preparo do bolo de caneca

O procedimento consistiu na adição da mistura para bolo a 50 mL de leite previamente adicionados em cada caneca, seguida de homogeneização com um garfo. A massa homogeneizada, foi cozida em um forno micro-ondas (Electrolux Meus Favoritos Mef41-31L), utilizando uma potência de 900 W por um minuto e dez segundos.

Todo o processo de preparo seguiu as especificações do fabricante descritas na embalagem do produto. Essa mesma sequência foi repetida dez vezes para cada uma das cinco canecas, totalizando 50 amostras de bolos de caneca (10 amostras de cada).

Após o cozimento, os bolos foram desformados em pratos plásticos numerados e devidamente separados em bandejas de acordo com o tipo de caneca utilizada, aguardando o resfriamento até atingirem a temperatura ambiente para a realização posterior da análise do perfil de textura.

Propriedades de textura (TPA) do bolo de caneca

Os bolos de caneca foram encaminhados ao Laboratório Multiusuário (Labmulti) no mesmo dia em que foram preparados, onde foram realizadas as análises do perfil de textura para cada amostra. Utilizou-se o equipamento Texturômetro TA. XT Plus - Texture Analyser - Stable Micro Systems (2002), com uma análise de dupla compressão e uma sonda cilíndrica de 25 mm de diâmetro (perspex P/25P). Os parâmetros utilizados foram: velocidade de pré-teste de 1,0 mm/s, velocidade do teste de 1,7 mm/s, velocidade do pós-teste de 10 mm/s, distância de 6,2 mm/s, força de 10 g, deformação de 40% em relação à altura inicial, altura média das amostras de 70,3 mm, geometria recomendada p36r e temperatura de aproximadamente 25 °C. A taxa de aquisição de dados foi de 200 pontos por segundo (PPS).

Os dados foram coletados por meio do software Texture Exponent lite. Os parâmetros avaliados foram: dureza (N), coesividade (%), elasticidade (%), mastigabilidade (N), gomosidade (N) Resiliência (%) e adesividade (N).

Os dados obtidos para TPA foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa Microsoft Excel, versão 2016.

Resultados e Discussão

A análise comparativa dos atributos de textura considerou apenas a geometria das canecas, sem levar em conta o material de fabricação, o qual também pode influenciar os fenômenos de transferência de calor e, conseqüentemente, as características de textura. Portanto, os resultados foram baseados exclusivamente nas dimensões dos recipientes, respeitando a capacidade volumétrica mínima de 300 mL.

A dureza ou firmeza está relacionada à resistência necessária para deformar o bolo. A mastigabilidade é determinada pelo produto da viscosidade e elasticidade, representando a quantidade de energia necessária para desintegrar o alimento para a deglutição. A resiliência refere-se à proporção de energia recuperável quando a compressão inicial é aliviada (JAHANBAKHSI; ANSARI, 2020). Já a coesividade indica a força das ligações internas do bolo (PATHAW; MAHANTA; BHATTACHARYA, 2021). A elasticidade, por sua vez, representa a resistência à extensão e mede a capacidade de recuperação entre a primeira e a segunda compressão no texturômetro (LEBESI; TZIA, 2011).

Na Tabela 2, são apresentados os resultados em relação aos parâmetros de textura para os bolos preparados em diferentes modelos de canecas. Observa-se que foram avaliados diferentes parâmetros de textura, sendo que apenas coesividade, elasticidade e resiliência apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os bolos preparados em cada um dos modelos de canecas.

Dentre os atributos de textura, a dureza é frequentemente destacada como um parâmetro primordial. Ela refere-se à resistência encontrada ao comprimir uma substância sólida durante a mastigação. A dureza pode ser influenciada por vários fatores, como a composição da massa do bolo, a formulação utilizada, a presença de ingredientes elaborados, bem como a interação entre os componentes da receita (MESQUITA, 2015; BARROS *et al.*, 2021).

Ao analisar os resultados obtidos, observa-se que a dureza variou de 1024,71 a 1269,03, e não diferenciou entre os bolos elaborados com diferentes modelos de canecas ($p > 0,05$). Isso sugere que o modelo de caneca utilizado não teve um impacto significativo na dureza do bolo.

Valores baixos de dureza indicam um bolo mais macio, que requer menos energia para mastigação. A maciez do bolo é um parâmetro importante para a aceitação pelos consumidores, que preferem um bolo macio (RESENDE, 2007). Assis *et al.* (2019) observaram maiores valores de dureza (1214,8 - 1926,4) em amostras de bolo de arroz sem glúten. Da mesma forma, Souza *et al.* (2022) também observaram valores mais altos de dureza (1322 - 3035) em bolos de chocolate com substituição da farinha de trigo pelo pó da casca da amêndoa de cacau. Aydogdu, Sumnu e Sahin (2018) também observaram valores mais altos de dureza e constataram que o aumento do teor de fibras nas formulações resulta em maior dureza dos bolos.

Tabela 2 - Perfil de textura instrumental (TPA) de bolo de caneca com diferentes modelos de canecas, os parâmetros analisados foram dureza, coesividade, elasticidade, mastigabilidade, gomosidade, resiliência e adesividade

Parâmetros	Caneca 1	Caneca 2	Caneca 3	Caneca 4	Caneca 5
Dureza (N)	118388 a	1260,94 a	1269,03 a	1024,71 a	1230,65 a
Coesividade (%)	0,56 b	0,58 ab	0,57 ab	0,62 a	0,58 ab
Elasticidade (%)	0,86 b	0,91 a	0,90 ab	0,92 a	0,90 ab
Mastigabilidade (N)	577,26a	669,68 ^a	650,28a	587,73a	635,33a
Gomosidade (N)	669,27 a	734,21 a	724,58 a	635,28 a	708,22 a
Resiliência (%)	0,20 b	0,22 a	0,21 a	0,22 a	0,21 a
Adesividade (N)	- 715,00 a	- 680,04 a	- 782,20 a	- 487,90 a	- 693,74 a

*Médias com as mesmas letras minúsculas, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de *Tukey*, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Dos autores, 2023.

A coesividade, por sua vez, é definida como a força que mantém a massa íntegra ou coesa. É a extensão até onde um material pode ser deformado antes da ruptura, sensorialmente é o grau de deformação da amostra antes da ruptura com os molares (RIPARI; SERAVALLI, 2016). Ela quantifica a resistência interna da estrutura alimentar, resumidamente, é a capacidade de um material se prender a si mesmo (JAHANBAKHSI; ANSARI, 2020).

A amostra produzida com o modelo de caneca 1 apresentou o menor valor de coesividade, diferenciando-se estatisticamente apenas da amostra produzida com o modelo de caneca 4, que, por sua vez, também não diferenciou das demais amostras. Esses achados para a coesividade corroboram com o estudo de Boldori *et al.* (2021), que observou valores semelhantes de coesividade em bolos utilizando alfarroba. Valores baixos de coesividade caracterizam bolos de difícil manipulação e fatiamento, pois esfarelam com facilidade. Quanto menor a coesividade, mais propenso está o bolo a desintegração (SOUZA *et al.*, 2022).

Elasticidade é definida como taxa em que o material deformado volta para a condição inicial, ou seja, é o grau em que o produto retorna para sua forma original quando comprimido entre os dentes (MESQUITA, 2015, BARROS, 2021). Os resultados mostraram diferenças significativas de elasticidade entre os modelos de canecas utilizados. O modelo de caneca 1 apresentou o menor valor de elasticidade, diferenciando estatisticamente dos modelos 2 e 4, que por sua vez não foram diferentes dos modelos 3 e 5.

A elasticidade está associada à qualidade dos produtos de panificação, mostrando quanto maior o valor melhor a elasticidade. As autoras Esteller e Lannes (2005), afirmam que a manutenção da elasticidade em derivados de trigo está relacionada principalmente às interações moleculares dos

componentes, principalmente pontes de hidrogênio, dissulfeto e ligações cruzadas com a participação de íons metálicos e a mobilidade da água na massa. Produtos “envelhecidos”, ou seja, apresentando maior tempo de estocagem perdem sua elasticidade. De acordo com Pathaw, Mahanta e Bhattacharya (2021), uma redução na elasticidade do bolo indica uma menor tendência de aderência na boca durante a mastigação.

A mastigabilidade é um parâmetro secundário de textura que se relaciona com os parâmetros primários de dureza, coesividade e elasticidade (SZCZESNIAK, 2002). Ela representa a quantidade de energia necessária para desintegrar um alimento até atingir uma consistência adequada para ser engolido, sendo mensurada pelo número de mastigações requeridas sob uma força constante (MESQUITA, 2015). É importante ressaltar que um bolo com menor firmeza também apresentará um menor valor de mastigabilidade (OSAWA *et al.*, 2009).

A mastigabilidade desempenha um papel significativo nos aspectos sensoriais dos alimentos (PREMI; SHARMA, 2018). Portanto, é crucial que um bolo possua uma mastigabilidade adequada para garantir uma boa aceitação pelo consumidor. Os resultados obtidos indicaram que a amostra produzida com o modelo de caneca 1 apresentou o menor valor de mastigabilidade em comparação com as demais amostras. No entanto, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre os diferentes modelos de canecas para esse parâmetro.

Boldori *et al.* (2021) também observaram um valor próximo de mastigabilidade (752) em bolos de cacau, porém, ao substituir o cacau pela alfarroba, houve um aumento na mastigabilidade. Além disso, Assis *et al.* (2019) constataram que a adição de fibras de psyllium na formulação de bolos resulta no aumento da mastigabilidade. É importante destacar que os bolos, por sua natureza, geralmente apresentam uma taxa de mastigabilidade baixa, em contraste com alimentos crocantes, como cookies, que podem ter uma taxa de mastigabilidade variando de 361,79 a 2.066,44 (N/mm), conforme relatado por Rios (2014).

A gomosidade é um atributo mecânico de textura que está relacionado à firmeza e à coesividade, apresentando uma alta correlação entre eles. Valores baixos de gomosidade, mastigabilidade e dureza são desejados pelos consumidores, uma vez que altos valores nesses parâmetros conferem características de produto envelhecido (HAGER *et al.*, 2012). A gomosidade é um parâmetro secundário que representa a quantidade de energia necessária para desintegrar um alimento semissólido até que esteja em um estado adequado para ser engolido, levando em consideração um baixo nível de dureza e um alto nível de coesão (SZCZENIAK, 2001; ALVES *et al.*, 2020).

Neste estudo, o parâmetro de gomosidade, não apresentou diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre os diferentes modelos de canecas. Conforme Ulzijiargal *et al.* (2013), a inserção de outros componentes na panificação tende a alterar características de textura, dentre elas a

gomosidade. Maurício (2011) menciona que os atributos de dureza e gomosidade têm um impacto negativo na aceitação de produtos panificados. Quanto maior a dureza e a gomosidade, mais evidentes são as características de pão armazenado por muito tempo e menos fresco, o que não agrada o consumidor e não atende às preferências sensoriais.

De acordo com Rios (2014), a resiliência é o grau necessário para que a amostra retorne ao seu formato original após uma compressão. Pode-se considerar como uma medida de elasticidade instantânea, uma vez que a resistência é medida ao retirar a primeira compressão antes que o período de espera seja iniciado no texturômetro. Matos, Sanz e Rosell (2014) afirmam que esse parâmetro está associado ao frescor, à aeração e à elasticidade do produto final. Os resultados obtidos para a resiliência seguiram uma tendência semelhante à elasticidade e à coesão, na qual a amostra da caneca 1 apresentou o menor valor. No que diz respeito à resiliência, o modelo de caneca 1 diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos demais modelos utilizados.

A adesividade é um parâmetro relacionado à pegajosidade do alimento devido à quantidade de amido solto durante o processo de cozimento, bem como à força necessária para remover o material aderido à boca durante o processo de ingestão. Estudos indicam que quanto maior a adesividade, maior a pegajosidade do alimento (GASPARRE; BETORET; ROSELL, 2019). É definida como a área de força negativa obtida no intervalo entre a primeira e a segunda mordida. Em outras palavras, é a força exercida pelo bolo assado sobre a sonda, prendendo-a e impedindo seu retorno à posição inicial após a primeira compressão (MAU *et al.*, 2017).

Nota-se que os valores obtidos na adesividade indicaram uma alta pegajosidade. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas nos valores de adesividade entre os diferentes modelos de canecas ($p > 0,05$). Segundo Lebesi e Tzia (2011), a adesividade está diretamente relacionada à elasticidade e à mastigabilidade do bolo.

Apesar de ser um dos primeiros estudos a investigar a influência dos diferentes modelos de canecas para bolos de micro-ondas, o que se destacou no trabalho foi em sua maioria as divergências dos parâmetros dentre os modelos de caneca 1 e 4. Além da possível diferença dos materiais de fabricação das canecas já citado, é evidente na Figura 1, as diferentes dimensões das mesmas. O modelo de caneca 1 tem maior altura e menor diâmetro central (na distância da altura/2) dentre todos os demais modelos, como também contrapondo ao modelo 1, a caneca 4 apresenta o maior valor de diâmetro central (na distância da altura/2) dentre os demais modelos. Além disso, há uma grande diferença de espessura entre as canecas.

Conclusão

Conclui-se que diferentes tamanhos e geometrias de canecas podem alterar, mesmo que de forma mínima, os parâmetros relacionados à textura de bolo de caneca comercial. A geometria e o material de composição da caneca são exemplos de aspectos a serem levados em consideração, com potencial capacidade para contribuição às modificações relacionadas a textura, uma vez que determinarão, por exemplo, a taxa de transferência de calor, a quantidade de calor fornecida e a extensão do tempo de cozimento mesmo após utilização de micro-ondas.

A textura é um atributo significativo e importante no tocante à sensorialidade e aceitação dos alimentos, com este estudo, acerca da influência do modelo de caneca (recipiente) sobre os parâmetros de textura para bolos de micro-ondas, ratifica-se a importância do aprofundamento sobre potenciais interferentes nesse atributo.

Referências

ABIP. Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. **Indicadores da panificação e confeitaria brasileira em 2019**. 2019, 16p. Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2020/02/INDICADORES-DA-PANIFICA%C3%87%C3%83O-E-CONFEITARIA-EM-2019-2.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2023.

ABIP; ITPC; SEBRAE. Tecnologia e inovação na panificação e confeitaria. **Projeto de desenvolvimento do setor de panificação e confeitaria com atuação na qualidade, produtividade e sustentabilidade**. 2017, 16p. Disponível em: <https://www.abip.org.br/encarteinovacaoetecnologia.pdf>. Acesso em: 05 de setembro, 2022.

ALVES, I. A. *et al.* Análise sensorial de bolo do tipo *muffin* isento em glúten, lactose e com teor reduzido de fenilalanina. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e37791211126-e37791211126, 2020.

ASSIS, I. C. L. *et al.* Efeitos da adição de fibras de *psyllium* no perfil de textura instrumental e na aceitação sensorial de bolo de arroz sem glúten. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos** Volume 6, p. 56, 2019.

AYDOGDU, A.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 667–677, 2018.

BARROS, S. K. A. *et al.* Elaboração de massa alimentícia fresca sem glúten enriquecida com farinha de resíduo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e1810613722-e1810613722, 2021.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. San Diego, Academic Press, 2002. 400-427 p.

BOLDORI, J. R. *et al.* Análise físico-química e sensorial de bolos utilizando alfarroba (*Ceratonia siliqua L.*) como substituto do cacau. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, p. 491-501, 2021.

BRASIL FOOD TRENDS 2010. Equipe Brasil Food Trends. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.alimentosprocessados.com.br/arquivos/Consumo-tendencias-e-inovacoes/Brasil-Food-Trends-2020.pdf>. Acesso em: 28 maio. 2022.

CARR, L. G. *et al.* Physical, textural and sensory characteristics of 7- day frozen part baked French bread. **LWT - Food Science and Technology**, 2006.

CATUAI. **Qual a melhor forma para assar bolo?** 2022. Disponível em: <https://blog.catuaipresentes.com.br/posts/qual-a-melhor-forma-para-assar-bolo>. Acessado em: 10 jul 2023.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 802-806, 2005.

EXCEL, M. S. Microsoft Office. **Microsoft Corporation**, 2016.

GASPARRE, N.; BETORET, E.; ROSELL, C. M. Quality indicators and heat damage of dried and cooked gluten free spaghetti. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 74, n. 4, p. 481-488, 2019.

HAGER, A.S. *et al.* Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. **European Food Research and Technology**, v. 235, n. 2, p. 333-344, 2012.

HESSO, N. *et al.* Formulation effect study on batter and cake microstructure: Correlation with rheology and texture. **Food Structure**, v. 5, 31-41, jul. 2015.

KOWALSKI, M. B.; CARR, L. G.; TADINI, C. C. Parâmetros físicos e de textura de pão francês produzido na cidade de São Paulo. *In*: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18, Porto Alegre. **Anais eletrônicos [...]** Porto Alegre, 2002.

JAHANBAKHSI, R.; ANSARI, S. Physicochemical properties of sponge cake fortified by olive stone powder. **Journal of Food Quality**, v. 2020, p. 1-11, 2020.

LEBESI, D. M.; TZIA, C. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 5, p. 710-722, 2011.

LIRA A.P. **Aplicação de farinhas de cogumelos na produção de pão e avaliação das propriedades tecnológicas e sensoriais.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2017.

MALDONADO, S.; SINGH, J. Efecto de gelificantes en la formulación de dulce de yacón. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 429-434, 2008.

MATOS, M. E.; SANZ, T.; ROSELL, C. M. Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 150-158, 2014.

MAU, J. *et al.* Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cake prepared with black rice as replacement for wheat flour. **LWT**, v. 75, p. 434-439, 2017.

MAURÍCIO A. A. **Desenvolvimento de bolo de cenoura sem glúten com sacarose e diet e estudo do impacto do edulcorante no perfil sensorial e na aceitação do consumidor.** Angélica Aparecida Maurício. Campinas, SP, 2011.

MESQUITA B.P. **Desenvolvimento de pão de forma livre de glúten.** Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, 2015.

OSAWA, C. C.; FONTES, L. C. B.; MIRANDA, E. H. W.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 92-99, 2009.

PATHAW, P. M. S.; MAHANTA, C. L.; BHATTACHARYA, S. Characteristics of gluten free rice batter and baked cake made from the flour of heat-moisture-treated paddy of pigmented rice. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 3, e15206, 2021.

PREMI, M.; SHARMA, H. K. Effect of drumstick leaves powder on the rheological, microstructural and physico-functional properties of sponge cake and biter. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, n. 11, p. 11–21, 2018.

RESENDE, G. C. **Formulação e avaliação de fermentos químicos para pré-mistura de bolo.** 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

RIOS, R. V. **Efeitos da substituição de gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolos.** 2014. 131 f. Dissertação (Mestrado) do curso de Pós-graduação em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica, Departamento de Tecnologia Bioquímica Farmacêutica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

RIPARI G.F.; SERAVALLI E.A.G. **Utilização da polpa de coco verde desidratada na fabricação de pão de forma.** 2016.

SOUZA, F. N. S. *et al.* Impact of using cocoa bean shell powder as a substitute for wheat flour on some of chocolate cake properties. **Food Chemistry**, v. 381, p. 132215, 2022.

STABLE MICRO SYSTEMS. **User guide: texture expert for Windows.** Surrey, 1997. 155 p.

SUMNU, G.; SAHIN, S. **The microwave processing of foods.** In H. Schubert, & M. Regier (Eds.), *Baking using microwave processing* (pp. 119–141). Cambridge: CRC Press. 2005.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food quality and preference**, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

SOLEIMANIFARD, S.; SHAFEDI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASKARI, G. R. Investigating Textural and Physical Properties of Microwave- Baked Cupcake. **J. Agr. Sci. Tech.** v. 20, 265-276, 2018.

TAVARES, F N.; AMORIM, K A.; PINHEIRO, A C M. Avaliação de cor de mini bolos com adição de cerveja: Color evaluation of mini cakes with addition beer. **Brazilian Journal of Development**, v.

8, n. 10, p. 65617-65627, 2022.

TEOTÔNIO, D O. *et al.* Fructo-oligosaccharides, hydrolyzed soy protein and yeast (*Saccharomyces* sp.) extract as potential cryoprotectants in gluten free frozen dough and bread quality. **Research, Society and Development**, 10(3), 2021.

ULZIJARGAL, E.; YANG, J. H.; LIN, L. Y.; CHEN, C. P.; MAU, J. L. Quality of bread supplemented with mushroom mycelia. **Food Chemistry**, v. 138, n. 1, p. 70-76, 2013.

CAPÍTULO 14

Carne de búfalo (*Bubalus bubalis*): composição química, física e maturação *wet aged*

Ricardo Alexandre Silva Pessoa*¹; Maria Victoria Viegas de Moraes Teixeira²; Maria Vitória Gomes da Silva³; Maria Luciana Menezes Wanderley Neves⁴; Júlio César dos Santos Nascimento⁵; Marília Celeste Tavares Fernandes⁶

Resumo

O presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito da maturação da carne de búfalo embalada a vácuo (coração de paleta) sobre as características físicas e químicas da carne. Foram utilizados 10 cortes individuais de coração de paletas provenientes de bubalinos jovens da raça Murrah (entre 17 e 18 meses e com dentição decídua). Os cortes cárneos utilizados no presente estudo foram obtidos comercialmente de um frigorífico particular inspecionado pelo Serviço de Inspeção Estadual (SIE) da Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do Estado de Pernambuco (Adagro). Os cortes foram subdivididos em cinco amostras, cada. As amostras destinadas ao tratamento T0 foram processadas e submetidas às análises no dia zero. As demais amostras foram devidamente identificadas, embaladas a vácuo e submetidas ao processo de maturação. As amostras foram mantidas em temperatura entre -1 °C e 2 °C e as embalagens foram abertas por ocasião de cada período de maturação/tratamento (7; 14; 21 e 28 dias). Em cada período as amostras equivalentes foram processadas e destinadas à realização das análises físicas e químicas. O corte de carne de búfalo “coração de paleta” apresentou excelente maciez no dia zero (sem maturação). A carne do dianteiro de novilhos bubalinos apresenta genuína qualidade físico-química com destaque para a sua maciez. A maturação úmida da carne de novilhos bubalinos não altera os parâmetros químicos e físicos da carne, com exceção da maciez que aumenta significativamente.

Palavras-chave: Bubalinocultura. Composição nutricional. Corte cárneo. Maciez.

¹ Docente; Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens – PPGCAP/UFAPE.

² Bolsista PIBIC; Departamento de Zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

³ Graduanda PIC; Departamento de Zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

⁴ Docente; Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA.

⁵ Docente; Departamento de Zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

⁶ Mestranda; Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens – PPGCAP/UFAPE.

* E-mail: ricardo.spessoa@ufrpe.br

Introdução

A criação de búfalos é bem difundida no Brasil. Porém, há grande controvérsia sobre a dimensão do rebanho bubalino brasileiro, estimado entre 1,6 milhão de cabeças pelo IBGE (2021) conforme a metodologia utilizada, números inconsistentes com dados de abate apurados pelo próprio instituto. Dados Regionais conflitam ainda com os dados nacionais, que por sua vez conflitam com dados do Sistema de Defesa Sanitária (vacinação) e parecem indisponíveis informações da Vigilância Sanitária (abates, produção leiteira). Estima-se que o rebanho bubalino brasileiro seja da ordem de 3.000.000 de cabeças (Associação Brasileira de Criadores de Búfalos) (BERNARDES, 2011), com a região Nordeste detentora do terceiro maior efetivo nacional (aproximadamente 10,0%), após a região Sudeste (13,0%) e a região Norte (66,0%). O Brasil tem um rebanho de búfalos bastante inferior ao rebanho bovino. No entanto, a atividade deve ser considerada relevante em função da facilidade de adaptação dos animais as condições locais e regionais, docilidade, rusticidade, alta capacidade produtiva, resistência a doenças e prolificidade (PESSOA *et al.*, 2011). O Brasil detém o maior rebanho de búfalos das Américas, o que demonstra a alta capacidade de adaptação da espécie e potencial produtivo no país. Segundo Mariante *et al.* (2003), a taxa anual de crescimento do rebanho bubalino é superior a 12%, mais de cinco vezes a de bovinos no Brasil, embora existam estimativas de que esta taxa possa chegar aos 16%.

De acordo com Bernardes (2006), pelas características superiores da espécie e elevada demanda para o leite, o crescimento da população do *Bubalus bubalis* no Brasil, no período compreendido entre 1961 a 2005 foi de 1.806%, enquanto que no mundo, o crescimento do rebanho bovino foi de 97,3%. Particularmente entre os anos 60 e 80 do século passado, o número de animais saltou de cerca de 63 para quase 500.000 exemplares. No que diz respeito à produção de carne, à época, os criadores de búfalos buscando aproveitar a forte identidade anatômica e sensorial da musculatura das espécies bovina e bubalina, optaram por não as diferenciar no mercado, abatendo-os, desossando-os, embalando e distribuindo a carne de búfalos pelos mesmos canais e como se bovina fosse. Tal estratégia permitiu que rapidamente a produção de carne bubalina fosse escoada ao mercado numa cadeia já estruturada, sem necessidade de maiores investimentos. Porém, acabou por não gerar demanda específica por produtos da espécie bubalina (BERNARDES, 2011) e, conseqüentemente, o interesse para a obtenção de dados científicos que atendam ao potencial de expansão da espécie em sistemas de produção racionais e sustentáveis.

Um aspecto característico dos búfalos é a especificidade peculiar e positiva de seus produtos. A carne é sensorialmente similar e praticamente indistinguível às carnes bovinas consideradas de qualidade, por sua aparência, suculência, sabor e maciez, apresentando-se com boa aceitação pelo mercado consumidor nacional, com pouca gordura e boa coloração. Possui menor conteúdo calórico do

que as carnes de aves, ovinos e bovinos. Funcionalmente, apresenta reduzida aterogenicidade e trombogênicidade potencial, atributos de composição que permitem a sua inclusão na categoria de “alimentos funcionais”, por seus baixos teores e adequação de tipos de ácidos graxos. Ainda, pela expressiva presença de componentes funcionais como Ômega 3, corroborado por resultados de pesquisa clínica realizada na Itália em que observou-se fortes indícios que o consumo regular da carne de búfalo contribui para a redução dos fatores de risco de doenças cardiovasculares (GIORDANO *et al.*, 2010). Segundo dados do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), a carne bubalina apresenta propriedades nutritivas e organolépticas superiores às dos outros ruminantes domésticos por ter menos 40% colesterol, 12 vezes menos gordura, 55% menos calorias, 11% mais proteínas e 10% mais minerais, quando comparada à carne bovina (CARVALHO, 2005). Sensorialmente, a carne de búfalos é semelhante à carne bovina “magra” dos zebuínos, usualmente macia e suculenta pela precocidade de seu abate e, o seu consumo deve ser maximizado.

Dentre as características associadas à qualidade da carne destaca-se a maciez, parâmetro físico marcante na aceitação deste produto pelo consumidor. A carne de novilhos bubalinos é extremamente macia, muitas vezes com maciez superior a observada na carne de bovinos da espécie taurina, notadamente mais macia que a carne de zebuínos. A “dureza” da carne é um aspecto responsável por grandes perdas econômicas na indústria.

Observa-se crescente interesse financeiro na utilização de técnicas simples e rápidas que permitam efeitos positivos sobre a maciez da carne no processo de industrialização. A maturação é uma técnica que promove maior maciez na carne após a manutenção sob refrigeração por alguns dias. Consiste na estocagem dos cortes durante um período em temperatura acima do ponto de congelamento da carne (GALL, 2019). Ocorre a partir do *rigor mortis*, que se prolonga durante as estocagens refrigeradas e envolve um complexo enzimático com destaque para as enzimas calpaína e calpastatina, as quais iniciam as suas atividades aproximadamente 15 horas após o abate do animal (GALL, 2019). De acordo com Volpelli *et al.* (2005), as calpaínas e calpastatinas são enzimas cálcio dependentes e apresentam três componentes principais: as calpaínas tipo I, que são ativadas quando o pH reduz de 6,8 para aproximadamente 5,7; as calpaínas tipo II, que são ativadas quando o pH está em torno de 5,7, atuando aproximadamente 16 horas post-mortem, permanecendo por longos períodos; e as calpastatinas, que tem como principal função inativar as calpaínas, regulando o processo de amaciamento da carne. O processo de maturação promove a melhoria da maciez e do sabor da carne, além de reduzir as diferenças de maciez dentro de um mesmo tipo de corte, conferindo uniformidade ao produto e agregando valor diferencial (PEREIRA, 2019).

Uma das formas de se realizar a maturação da carne é através da maturação por embalagem a vácuo. A carne embalada a vácuo permanece por 14 a 28 dias armazenada em temperatura entre -1 °C

e 2 °C (WOOLF, 2014). A embalagem protege a carne contra a contaminação por microrganismos, promovendo a conservação do alimento e prolongando a vida de prateleira. Com a redução da presença e atuação das bactérias aeróbias, há um aumento na proliferação das bactérias lácticas, as quais possuem ação antimicrobiana inibindo o crescimento de bactérias não desejáveis (MARTINO, 2016). A ausência de oxigênio também favorece a atuação das calpaínas e calpastatinas, hidrolisando as proteínas miofibrilares e tornando o músculo menos rígido e mais macio (FELÍCIO; PFLANZER, 2018).

Conforme Smith *et al.* (2008), o método de maturação mais frequentemente utilizado é a maturação úmida que consiste em acondicionar os cortes cárneos desossados em embalagens a vácuo apropriadas (com elevada barreira contra vapor de água e oxigênio) e mantê-las sob refrigeração. Este método de maturação se tornou popular uma vez que apresenta grandes vantagens em relação à maturação a seco como, por exemplo, menor quebra de peso e maior praticidade (WARREN; KASTNER, 1992). *Wet aging* consiste na colocação das peças de carne desossadas numa embalagem a vácuo, protegendo a carne contra o oxigênio e o vapor de água. Apresenta vantagens no que diz respeito ao rendimento da carne, visto que as peças não sofrem desidratação, ou sofrem desidratação mínima. É ainda um método prático no tocante ao armazenamento e transporte (SMITH *et al.*, 2008).

É imprescindível destacar que a carcaça bubalina apresenta aproximadamente 30% de cortes considerados como nobres posicionados no quarto traseiro. A carcaça bubalina é composta por todos os cortes presentes, por exemplo, na carcaça de bovinos taurinos. No entanto, animais terminados em idade jovem (novilhos) e com bom acabamento de carcaça certamente renderão produtos cárneos de alta qualidade, tanto no traseiro como no dianteiro. O músculo *Triceps brachii* se posiciona no quarto dianteiro do animal, região rica em tecido conjuntivo, aspecto que geralmente confere maior rigidez no produto final. Como corte cárneo, o *Triceps brachii* é chamado de “coração da paleta” e não é considerado um corte “nobre”, embora muitas vezes se apresente com uma excelente qualidade.

O presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito da maturação úmida da carne de búfalo (coração de paleta) sobre as características físicas e químicas da carne.

Material e Métodos

Os cortes cárneos utilizados no presente estudo foram obtidos comercialmente de um frigorífico particular inspecionado pelo Serviço de Inspeção Estadual (SIE) da Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do Estado de Pernambuco (Adagro). Foram utilizados 10 cortes individuais de coração de paletas provenientes da carcaça esquerda de 10 bubalinos jovens da raça Murrah (entre 17 e 18 meses e com dentição decídua). Os cortes foram obtidos e subdivididos em cinco amostras, cada. As amostras

destinadas ao tratamento T0 foram processadas e submetidas às análises no dia zero. As demais amostras foram devidamente identificadas, embaladas a vácuo e submetidas ao processo de maturação.

As amostras foram mantidas em temperatura entre -1 °C e 2 °C e as embalagens foram abertas por ocasião de cada período de maturação (7; 14; 21 e 28 dias). Em cada período as amostras equivalentes foram processadas e destinadas à realização das análises físicas e químicas. As amostras destinadas as análises de matéria seca (MS), cinzas, nitrogênio total (NT) e extrato etéreo (EE) foram moídas em moinho de bolas, colocadas em placas de Petri 90 x 15 mm, pesadas e congeladas a -20 °C. Após o congelamento, as amostras foram liofilizadas para obtenção da MS e umidade conforme protocolo n°925.09 (AOAC, 2000). Foram avaliados os teores de cinzas em mufla com método gravimétrico (942.05), NT pelo método de micro-Kjeldahl (954.01) e EE pelo método Soxhlet (920.39), conforme metodologia descrita pela AOAC (1990). Para a avaliação da coloração da carne foi retirada uma porção com cerca de 3 cm de espessura da amostra e exposta ao ambiente refrigerado por 30 minutos, a 4 °C, aproximadamente (RAMOS; GOMIDE, 2007). Esta amostra foi exposta ao equipamento Minolta Chroma Meter® (modelo CR - 400), posicionado perpendicularmente na superfície onde se realizou três registros em pontos diferentes para obter os valores L^* , a^* e b^* que indicam, respectivamente, a luminosidade, o teor de vermelho e o teor de amarelo das amostras de carne (MUCHENJE *et al.*, 2008).

Para análise da perda de peso por cocção foram utilizadas as amostras onde realizou-se as leituras de coloração, as quais foram pesadas e embaladas em papel alumínio, sendo, em seguida, submetidas a tratamento térmico em forno convencional constantemente monitorado até atingir a temperatura interna de 70 °C, aferida com auxílio de termopar acoplado as amostras (WHEELER *et al.*, 1998). Após o cozimento, as amostras foram cuidadosamente secas, deixando-se escorrer a água em excesso até atingir a temperatura ambiente, quando foram novamente pesadas para determinação das perdas de peso no cozimento.

A força de cisalhamento, que permite avaliar a maciez da carne, foi aferida utilizando-se do equipamento Warner-Bratzler Shear® (G-R MANUFACTURING CO, Modelo 3000) com célula de carga de 25 kgf e velocidade de corte de 20 cm/min. Foram retiradas três amostras cilíndricas de 1,0 cm de diâmetro no sentido da fibra de cada bife cozido, as quais foram cortadas perpendicularmente à fibra para a obtenção da força de cisalhamento (WHEELER *et al.*, 1998). O pH da carne foi determinado conforme o método descrito por Beltrán *et al.* (1997), onde aproximadamente 3 g da amostra foi homogeneizado com 20 mL de água destilada por 15 segundos. Em seguida foi determinado o pH usando o pH-metro da TECNAL, modelo TEC3MP. A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada de acordo com a metodologia modificada proposta por Sierra (1973), onde amostras com aproximadamente 300 mg de carne foram colocadas no interior do papel filtro dobrado e previamente

pesado (P1), e em seguida prensada por cinco minutos, utilizando-se um peso de 3,4 kg. Após a prensagem, a amostra de carne foi removida e o papel imediatamente pesado (P2). A capacidade de retenção de água foi calculada através da seguinte equação: $CRA (\%) = 100 - [(P2 - P1) / S \times 100]$, onde “S” representa o peso da amostra.

Para a realização da análise microbiológica da carne foram separadas 50 gramas das amostras e encaminhadas ao laboratório comercial de análises microbiológicas, onde foram realizadas a enumeração de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e isolamento e identificação de *Salmonella* spp com base na Resolução RDC 12/2001, aplicando a metodologia descrita na Instrução Normativa SDA nº62/2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2001).

As variáveis foram analisadas segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B(X_{ij} - X) + e_{ij}, \text{ sendo:}$$

Y_{ij} = resposta experimental medida sobre o tratamento i e repetição j;

μ = constante geral;

T_i = efeito do tratamento i, sendo i = 1, 2, 3, 4 e 5; $B(X_{ij} - X)$ = efeito da covariável; e

e_{ij} = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto NID (0; σ^2).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco períodos de maturação da carne: sem vácuo (T=0), sete dias (T=7), quatorze dias (T=14), vinte e um dias (T=21) e vinte e oito dias (T=28) de acondicionamento a vácuo, e dez repetições para cada um dos tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa *Statistical Analysis System* (SAS, 1989) e as médias comparadas pelo teste de Dunnett utilizando nível de 5% de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

Não foram observados efeitos significativos dos tratamentos ($P < 0,05$) sobre a composição centesimal da carne de búfalo (Tabela 1).

O teor médio de umidade da carne de búfalo no presente estudo foi de 72,76 g/100 g de carne. A água é muito importante para a atividade muscular, uma vez que a pressão e descompressão, contração e relaxamento somente é possível em presença dela. Por ser um componente abundante, a água influencia na qualidade da carne, afetando a suculência, textura, cor e sabor. Sendo a água o meio universal das reações biológicas, sua presença afeta diretamente as reações que ocorrem na carne durante o armazenamento e processamento (JORGE, 2001). Melo *et al.* (2023) observaram teor de umidade médio na carne de búfalo de 73,93%. Landi *et al.* (2016) observaram valor médio de umidade na carne de búfalo de 74,23 g/100 g.

Tabela 1 - Composição centesimal da carne de búfalo

Variáveis (g/100 g)	Tempo de Maturação					EPM	P-Valor	
	0	7	14	21	28		L	Q
Umidade	72,07	72,86	73,06	72,87	72,95	0,3467	0,1169	0,1729
Minerais	1,27	1,23	1,16	1,23	1,17	0,0304	0,0529	0,3186
Proteína	24,92	24,20	24,05	24,21	24,09	0,2859	0,0752	0,1615
Gordura	1,34	1,34	1,29	1,24	1,26	0,1081	0,4435	0,9218

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: EPM – erro padrão da média.

O conteúdo de cinzas ou resíduo mineral fixo, obtido após incineração da carne a 500-600 °C, está em torno de 0,8 a 1,8%. No presente estudo, a carne de búfalo apresentou valor médio de 1,21 g de minerais por 100 g de carne. Entre as funções importantes que exercem os íons orgânicos e inorgânicos destacam-se o cálcio e o magnésio que desempenham papel fundamental na contração muscular; os compostos orgânicos do fósforo, com diversos ésteres do ácido fosfórico intervêm nas modificações post-mortem, no processo de maturação da carne e hidratação da carne (ROÇA, 2000). Di Stasio e Brugiapaglia (2021), em extensa revisão sobre a carne de búfalo, relataram teores de minerais na carne entre 0,57 e 1,82 g/100 g.

O teor em proteínas com alto valor biológico é considerado uma característica positiva da carne. O valor biológico de uma proteína está definido por seu conteúdo em aminoácidos essenciais. Devido à sua composição em aminoácidos, as proteínas de origem animal possuem um valor mais elevado quando comparados às proteínas de origem vegetal (ROÇA, 2000). A solubilidade das proteínas da carne é o principal fator que irá determinar as propriedades de suculência (JORGE, 2001). A carne de búfalo no presente estudo apresentou valor médio de 24,50 g de proteína para cada 100 g de carne. Melo *et al.* (2023) observaram teor médio de proteína de 22,45 g/100 g de carne de búfalo e níveis crescentes de proteína na carne com a inclusão de concentrado na dieta dos bubalinos. Contò *et al.* (2022) relataram valor de 21,25 g de proteína/100 g de carne de bubalinos criados a pasto, inferior ao observado no presente estudo.

No presente estudo, a carne de búfalo apresentou 1,3 g de gordura para cada 100 g de carne. O teor de gordura está negativamente correlacionado com a umidade na carne de búfalo (LI *et al.*, 2018). Búfalos alimentados com maior inclusão de concentrado produzem carne mais rica em proteína e gordura, influenciada pelo maior consumo de energia (NAVEENA; KIRAN, 2014), comportamento também observado por Melo *et al.* (2023). Isso sugere que a carne de búfalo é potencialmente mais benéfica do ponto de vista nutricional ou de saúde humana do que a carne bovina de confinamento

(GIUFFRIDA-MENDOZA *et al.*, 2015). Gontijo *et al.* (2019) avaliaram as características de qualidade da carne bovina maturada a vácuo. A carne bovina apresentou 69,05% de umidade e 2,58% de gordura. A carne de búfalo do presente estudo possui atributos que permitem classificá-la como de alta suculência e de reduzido teor de ácidos graxos.

A quantidade de água presente em nível intramuscular tem influência direta na textura, pois quanto mais elevado o conteúdo de água fixada no músculo, maior será a maciez da carne (GAYA; FERRAZ, 2006). A capacidade de retenção de água se refere à capacidade que a carne tem para reter água durante aplicação de forças externas, tais como: o corte, aquecimento, moagem ou pressão, sendo que uma menor capacidade de retenção de água implica em perdas no valor nutritivo através do exsudado liberado, resultando, após o cozimento, em carnes mais secas e com menor textura (ZEOLA *et al.*, 2002). No presente estudo, não houve efeito dos tratamentos sobre a capacidade de retenção de água da carne (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros físicos e químicos da carne de búfalo

Variáveis	Tempo de Maturação					EPM	P-Valor	
	0	7	14	21	28		L	Q
Capacidade de retenção de água ¹	65,98	66,07	65,55	66,35	66,10	0,0090	0,8538	0,8471
pH	5,53	5,52	5,53	5,48	5,46	0,0292	0,0541	0,3960
Luminosidade (L)	44,11	43,82	42,99	43,59	44,03	0,4496	0,7828	0,0941
Componente vermelho-verde (a)	15,48	15,95	15,77	15,81	15,88	0,2531	0,4065	0,5391
Componente amarelo-azul (b)	8,54	8,38	8,64	8,13	8,02	0,2574	0,1185	0,4977
Perda de peso por cocção ¹	28,82	26,78	27,70	26,04	25,79	1,58	0,1823	0,8674
Força de cisalhamento ²	2,82	2,49	2,49	1,88*	1,58*	0,11	<,0001	0,1999

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: ¹%; ²kgf; *Difere do tempo zero pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade; EPM – erro padrão da média.

A capacidade de retenção de água (CTR) pode ser influenciada pela queda no pH; que, quanto mais elevado apresenta tendência à maior CTR (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). No presente estudo observou-se que a maturação úmida não alterou o pH da carne (Tabela 2). De acordo com Woltersdorf e Troeger (1990), o pH é o mais importante parâmetro para se predizer a qualidade final da carne, considerado o principal indicador a nível comercial, uma vez que pode afetar características importantes como a cor, maciez, sabor, capacidade de retenção de água, perdas de peso por cocção e conservação (OURIQUE; NICOLAIEWSKY, 1990).

Pearson (1994) afirmou que a capacidade de retenção de água esta relacionada à cor da carne, pois a quantidade de luz absorvida ou refletida depende da estrutura da superfície, que varia com o

ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares e a localização de água dentro das células. Neste caso, também se observa que não houve efeito dos tratamentos sobre os parâmetros de coloração da carne no presente estudo (Tabela 2). A similaridade observada para os valores de L^* , a^* , b^* e as perdas por cozimento da carne de búfalo pode estar relacionada à proximidade nos valores de pH final da carne. A embalagem a vácuo é um dos métodos mais eficientes para a manutenção da qualidade do produto. A carne embalada a vácuo mantém as suas propriedades físico-químicas além de estar protegida por uma barreira física contra a contaminação pelo ambiente. A carne de búfalo muitas vezes tem sido qualificada como de cor escura. Na realidade, a carne do novilho bubalino jovem é potencialmente confundível à carne de um novilho bovino zebuino, embora exista uma diferença marcante no que diz respeito à cor da gordura, extremamente branca na carne de búfalo em função da ausência do pigmento caroteno. Ao submeter o corte cárneo à embalagem a vácuo, a cor pode se tornar escura e não atrativa para o consumidor no momento da compra. Esse é um fenômeno natural, no qual a mioglobina, proteína sarcoplasmática da fibra muscular, na ausência do oxigênio assume a coloração vermelho escuro, porém, quando exposta ao oxigênio, após a abertura da embalagem, a ligação com esse elemento traz de volta a sua coloração vermelho brilhante (ABULARACH *et al.*, 1998).

Segundo Bressan *et al.* (2001), as perdas por cocção constituem-se em uma medida essencial de qualidade da carne, posto que durante o cozimento o calor provoca alterações na aparência e nas propriedades físicas da carne, tais como a maciez e o seu rendimento no momento do consumo. Não foram observados efeitos significativos ($P < 0,05$) dos tratamentos sobre a perda de peso por cozimento no presente estudo (Tabela 2).

A textura da carne é a primeira característica avaliada pelos consumidores quando se mencionam os aspectos qualitativos (LUCHIARI FILHO; MOURA, 1997). A maciez da carne pode ser medida pelo método objetivo, que utiliza equipamento como o texturômetro para medir a força necessária para o cisalhamento de uma seção transversal de carne e, quanto maior a força dispensada, menor é a maciez apresentada pelo corte de carne. Consideram-se como carnes macias, valores de força de cisalhamento inferiores a 5 kgf. No presente estudo, a maturação úmida da carne de búfalo resultou em redução linear ($P < 0,05$) da força de cisalhamento (Tabela 2). É imprescindível observar que o corte de carne de búfalo “coração de paleta” avaliado no presente estudo apresentou excelente maciez ainda no T0, tratando-se de um corte do dianteiro, confirmando que ao contrário do que é enganosamente relatado, a carne de búfalo possui genuína maciez. Os valores observados no presente estudo qualificam a carne bubalina como de maciez superior à observada na literatura para bovinos taurinos. Torna-se imprescindível desmistificar e apresentar essa importante fonte de proteína como de alto valor nutricional e sensorial.

De acordo com Lima (2014), a qualidade global de um produto cárneo é resultante de fatores biológicos (contagem microbiana, a ausência de microrganismos patogênicos e vírus), químicos e das

características sensoriais. O conhecimento das populações microbianas associadas à deterioração da carne é extenso. A análise microbiológica das amostras do *Triceps brachii* (coração de paleta), através da enumeração de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e isolamento e identificação de *Salmonella* spp., revelou conformidade com a legislação vigente da RDC 12/2001 (BRASIL, 2001), pois, todas as amostras apresentaram resultado satisfatório em ambos os testes, com ausência de salmonelas em 25 g de carne e contagem menor que 1x10¹ UFC/g de Coliformes e *Staphylococcus* coagulase, estando assim, aptas à realização das análises.

Os resultados observados no presente estudo indicam que a carne bubalina avaliada é de alta qualidade, no padrão de um animal jovem (TURAN *et al.*, 2021).

Conclusão

A carne do dianteiro de novilhos bubalinos apresenta genuína qualidade físico-química com destaque para a sua maciez. A maturação úmida da carne de novilhos bubalinos não altera os parâmetros químicos e físicos da carne, com exceção da maciez que aumenta significativamente.

Agradecimentos

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (DZ/UFRPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB), a Bubalis Food e a Tapuio Agropecuária.

Referências

ABULARACH, M. L. *et al.* Características de qualidade de contra-filé de touros jovens da raça Nelore. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 15 ed. Arlington: AOAC, 1990.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17 ed. Washington: AOAC, 2000.

BELTRÁN, J.A. *et al.* Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. **Meat Science**, v. 45, n. 2, p. 201-207, 1997.

BERNARDES, O. **Bubalinocultura no Brasil: situação e importância econômica**, 1. ed. Medellín, 2006.

BERNARDES, O. Integração, associativismo e arranjos na cadeia produtiva da bubalinocultura: situação atual e perspectivas. *In: SIMPÓSIO DA CADEIA PRODUTIVA DA BUBALINOCULTURA*, 2, 2011, Botucatu. **Anais [...]** Botucatu: UNESP. 2011.

BRASIL. RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 01 jan. 2001.

BRESSAN, M. C. *et al.* Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 293-303, 2001.

CARVALHO, F.C.A. **Análise estrutural e ultra-estrutural de folículos pré- antrais de fetos e de fêmeas bubalinas (*Bubalus bubalis*) em diferentes fases reprodutivas**. 2005. 122f. Tese (Doutorado em Reprodução Animal) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

CONTÒ, M. *et al.* Effect of pasture and intensive feeding systems on the carcass and meat quality of buffalo. **Animal Bioscience**, v. 35, n. 1, p. 105-114, 2022.

DI STASIO, L.; BRUGIAPLAGIA, A. Current knowledge on river buffalo meat: a critical analysis. **Animals**, v. 11, p. 1-20, 2021.

FELÍCIO, P. E.; PFLANZER, S.B. Maturação da carne bovina. **Revista Bovinos** (Associação Brasileira do Tabanel), v. 12, p. 42-48, 2018.

GALL, J. **Carne maturada é macia, suculenta e de alto valor comercial**. 2019. Disponível em: <https://agro20.com.br/carne-maturada>. Acesso em: 17 out. 2020.

GAYA, L. G.; FERRAZ, J. B. S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. **Ciência Rural**. v. 36, n. 1, p. 349-356, 2006.

GIORDANO, G. *et al.* Beneficial impact on cardiovascular risk profile of water buffalo meat consumption. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 64, n. 9, p. 1000-1006, 2010.

GIUFFRIDA-MENDOZA, M. *et al.* Cholesterol and fatty acid composition of *longissimus thoracis* from water buffalo (*Bubalus bubalis*) and Brahman-influenced cattle raised under savannah conditions. **Meat Science**, v. 106, n. 1, p. 44-49, 2015.

GONTIJO, R.P. *et al.* Características de qualidade da carne bovina maturada proveniente do músculo *semispinalis thoracis*. **B. Ceppa**, v. 36, n. 1, p. 1-16, 2019.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S.M. Mechanisms of waterholding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 194-204, 2005.

IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=destaques>Rio de Janeiro. Acesso em: 23 jul. 2022.

JORGE, A. M. Produção e qualidade de carne bubalina. *In: SIMPÓSIO PAULISTA DE BUBALINOCULTURA*, 2, 2001, Pirassununga. **Anais [...]** Pirassununga: USP/FZEA, 2001.

LANDI, N. *et al.* Free amino acid profile of *Bubalus bubalis* L. meat from the Campania region. **Revista**

Brasileira de Zootecnia, v. 45, n. 10, p. 627-631, 2016.

LI, Q. *et al.* Effects of age on slaughter performance and meat quality of Binlangjang male buffalo. **Saudi Journal Bio Science**, v. 25, n. 2, p. 248-252, 2017.

LIMA, M. **Aplicação do CO₂ para aumento da vida útil de mexilhão perna perna e *Mytilus edulis*: processo de pré-solubilização e acondicionamento sob atmosfera modificada ativa**. 2014, 277f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos) - Departamento de Engenharia Química e Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

LUCHIARI FILHO, A.; MOURA, A. C. Situação atual e tendências da pecuária de corte no Brasil relacionados à qualidade da carne. *In*: I Simpósio Internacional sobre Produção Intensiva de Gado de Corte, 1997, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo, 1997.

MARIANTE, A.S.M. *et al.* **Country report on the state of animal genetic resource Brazil**. Brasília: Embrapa Genetic Resource and Biotechnology, 2003. 92p.

MARTINO, P. **Carne maturada: entenda as diferenças entre maturação sanitária e comercial**. 2016. Disponível em: <https://www.carnecomciencia.com.br/carne-maturada/>.

MELO, S.A.F. *et al.* Performance, carcass yield, and meat quality of buffalo (*Bubalus bubalis*) fed on diets with different levels of concentrate. **South African Journal of Animal Science**, v. 53, n. 1, p. 133-138, 2023.

MUCHENJE, V. *et al.* Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa. **Meat Science**, v. 79, n. 1, p. 20-28, 2008.

NAVEENA, B.M.; KIRAN, M. Buffalo meat quality, composition, and processing characteristics: Contribution to the global economy and nutritional security. **Animal Frontiers**, v. 4, p. 18–24, 2014.

OURIQUE, J.M.R.; NICOLAIEWSKY, S. Características físicoquímicas e organolépticas e suas relações na avaliação da qualidade da carne suína. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 19, n. 2, p. 118-125, 1990.

PEARSON, A.M. **La función muscular y los cambios postmortem**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1994, 273p.

PEREIRA, T.F. **Carne maturada: como é o processo de produção?** 2019. Disponível em: <https://blog.ifope.com.br/carne-maturada/> Acesso em: 05 fev. 2023.

PESSOA, R.A.S. *et al.* Calving interval in water buffaloes (*Bubalus bubalis*) in Pernambuco State, Brazil. *In*: VI SIMPOSIO DE BUFALOS DE LAS AMERICAS. V SIMPOSIO DE BUFALOS DE EUROPA Y AMERICA, 6, 2011, Havana. **Anais [...]** Havana: Cuba, 2011.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2007, 599 p.

ROÇA, R.O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. 2000, 202f. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2000. 202p.

SAS - **Statistical Analysis System. Sas/Stat user's guide**. 4. ed. Cary: 1989, 846 p.

SIERRA, I. Aportaciones al estudio del cruce Blanco Belga x Landrace: caracteres productivos, calidad de la canal y calidad de la carne. **Revista del Instituto de Economía y Producciones Ganaderas del Ebro**, v. 16, n. 1, p. 43-48, 1973.

SMITH, RD. *et al.* Envelhecimento seco versus úmido de carne bovina: avaliações de rendimentos de cortes no varejo e avaliações de palatabilidade do consumidor de bifes da US Choice e US Selezione lombos curtos. **Meat Science**, v. 79, n. 6. p. 631-639, 2008.

TURAN, A. *et al.* Effects of gender and slaughter age on meat quality of Anatolian water buffaloes. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, 2021.

VOLPELLI, L.A. *et al.* Calpain system in vitro activity and miofibrillar fragmentation index, in fallow deer (*Dama dama*) effects of age and supplementary feeding. **Meat Science**, v. 69, n. 3, p. 579-582, 2005.

WARREN, K. E.; KASTNER, C. L. A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. **Journal of Muscle Foods**, v. 3, n. 1, p. 151–157, 1992.

WHEELER, T.L. *et al.* Cooking and palatability traits of beef longissimus steaks cooked with a belt grill or on an open hearth electric broiler. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 13, p. 2805–2810, 1998.

WOLTERS DORF, W.; TROEGER, K. Mejoramiento de la capacidad de la carne PSE de cerdos mediante refrigeración extra rápida. **Fleischwirtsch español**, n. 1, p. 29-37, 1990.

WOOLF, F. 2014. **Maturação de carnes: as vantagens de uma carne “velha”**. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/36252/maturacao-de-carnes:-as-vantagens-de-uma-carne-“velha”.htm>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ZEOLA, N.M.B.L. *et al.* Influência de diferentes níveis de concentrado sobre a qualidade da carne de cordeiros Morada Nova. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 97, n. 544, p. 175- 180, 2002.

CAPÍTULO 15

Caracterização físico-química e tecnológica de pão de forma elaborado com farinha da torta de buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

Roberto Angelo Ferreira Nascimento¹; Debora Maria Barbosa Souza¹; Lilian Karoline Souza Fernandes¹; Nicolay Rodrigues¹; Mariuze Loyanny Pereira Oliveira²; Juliana Pinto de Lima*³

Resumo

A gestão de resíduos agroindustriais tem sido um problema para a indústria alimentícia, onde muitas vezes estes são descartados de forma inadequada causando problemas ao meio ambiente. Entre os resíduos, destacamos a farinha da torta de buriti, que é o subproduto da fabricação do óleo. A classificação “pão de forma” é atribuída ao produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo. O trabalho teve o objetivo de elaborar pães de forma com enriquecidos com 10 % e 20 % de farinha da torta de buriti (FB) e fazer a caracterização físico-química e tecnológica desses pães além do pão padrão. A composição centesimal das formulações de pão foi determinada quanto aos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos. O volume específico foi calculado pela relação entre o volume aparente (cm³) e a massa (g) do pão. A massa foi obtida em balança analítica e o volume pelo deslocamento de sementes de painço. A análise colorimétrica da crosta e miolo dos pães foi avaliada em colorímetro portátil de reflexão, sendo os resultados expressos pelos parâmetros L*, a*, b*. A composição centesimal mostrou que, o teor de umidade ficou em 39,92 % e 34,23 %, proteínas 10,43 % e 9,69 %, lipídeos 3,92 % e 2,87 %, cinzas 3,16 % e 4,30 %, e carboidratos 82,49 % e 83,14 %, para os pães com 10 % e 20 % de FB, respectivamente. Em relação à crosta o pão com mais FB ficou mais escuro (L*=59,57) em relação ao pão com menor quantidade de FB, no entanto, foi estatisticamente semelhante ao pão padrão. Embora os pães elaborados com a FB tenham apresentado um volume específico menor que do pão padrão, o enriquecimento com minerais traz uma possibilidade de comercialização deste produto, com apelo nutricional.

Palavras-chave: Coproduto agroindustrial. Frutos do Cerrado. Panificação.

¹ Discente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

² Técnico Administrativo. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Docente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: juliana-pinto-lima@ica.ufmg.br

Introdução

Entre os frutos nativos do Brasil, destaca-se o buriti, fruto do buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.). Trata-se de uma palmeira nativa da América tropical encontrada no Brasil e na América do Sul (GILMORE; ENDRESS; HORN, 2013; SAMPAIO, 2012). A polpa do buriti possui potencial para a produção de alimentos ricos em vitaminas (B, C e E), antioxidantes carotenoides, polifenóis, fibra alimentar, lipídeos (ácidos graxos, oleico, palmítico e ômega-9) e diversos minerais (BATISTA *et al.*, 2012; PESSÔA, 2017; BARBOZA *et al.*, 2022; RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019; LESCANO *et al.*, 2018; NASCIMENTO-SILVA; SILVA; SILVA, 2020), além de apresentar um potencial para ser usado na prevenção de doenças causadas pelo estresse oxidativo (NOBRE *et al.*, 2018).

Do ponto de vista comercial, o buritizeiro tem elevado potencial para exploração extrativista (NASCIMENTO-SILVA; SILVA; SILVA, 2020). O principal produto oriundo do buritizeiro é o óleo extraído do fruto, explorado fortemente pela indústria cosmética. Contudo, a extração do óleo de buriti gera aproximadamente 9500 toneladas/ano de resíduos agroindustriais (RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019) tais como as partes não aproveitadas dos frutos (casca, endocarpo e semente) e as tortas prensadas (no caso da extração por prensagem a frio) e artesanal (na extração por fervura), utilizadas para ração animal, mas com potencial para uso culinário (RODRIGUES, 2010; SAMPAIO, 2012).

A gestão dos resíduos agroindustriais tem sido um problema mundial. Os prejuízos econômicos ou ambientais causados pela geração de resíduos, bem como a subutilização de seus coprodutos, podem ser minimizados através de estudos científicos, que embasem uma forma segura e eficaz de utilizá-los. O principal desafio atualmente é dar um destino alternativo e sustentável a estes resíduos (MIRABELLA; CASTELLANI; SALA, 2014).

Na literatura é possível encontrar diversos trabalhos que estudaram a substituição parcial ou total do trigo em produtos de panificação ou até o enriquecimento com farinhas alternativas elaboradas com frutos do cerrado, incluindo resíduos do processamento destes. Braga Souto *et al.* (2022) investigou os efeitos da substituição de 10 %, 20 % e 30 % da torta de buriti nas propriedades tecnológicas e sensoriais de bolos de chocolate, e observaram que a aplicação desse subproduto do buriti foi satisfatória de acordo com as avaliações tecnológicas e os bolos aceitos nas análises sensoriais.

Braga *et al.* (2021) produziu massas alimentícias com diferentes substituições da farinha de trigo por farinha da polpa de pequi, em seus resultados foi possível observar que a farinha de pequi promoveu expansão no volume e na absorção de água no produto; massas cruas e coccionadas apresentaram cores mais intensas; incrementou-se os teores de umidade, cinzas e lipídios pelo uso da farinha de pequi; e as notas dos testes sensoriais das amostras com pequi foram elevadas em relação às amostras controle,

sendo as formulações com maiores teores de substituição de farinha de pequi as melhores avaliadas. Silva *et al.* (2018) estudou cookies elaborados com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha da polpa dos frutos de pequi, e concluiu que a farinha da polpa do pequi pode ser uma alternativa para agregar valor nutricional em novos produtos alimentícios. Lima *et al.* (2019) por sua vez, substituiu parcialmente a farinha de trigo pela farinha de resíduo de graviola, em pães de forma, e observaram que a aceitabilidade não foi afetada em razão a adição da farinha.

Pereira *et al.* (2017) visando a utilização do coquinho-azedo, elaborou massa alimentícia fresca incorporada de farinha de coquinho-azedo, e inferiu que a farinha de coquinho-azedo, mostrou-se eficaz no aumento nutricional do produto sem que este perdesse características tecnológicas. É importante destacar que a substituição parcial ou total da farinha de trigo ou enriquecimento deverá ocorrer desde que se obtenha melhorias da qualidade sensorial, nutricional e tecnológica dos produtos alimentícios e que seja viável economicamente, para que sua utilização pelos consumidores seja realmente possível, além de suprir a necessidade dos consumidores por produtos diversificados (BORGES *et al.*, 2011).

A torta de buriti, ainda que seja um resíduo, se destaca pelo seu conteúdo de fibra alimentar, minerais (cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro, zinco, manganês) e lipídeos, assim, seu uso deve ser uma alternativa na elaboração de produtos alimentícios, em especial os de panificação, como fonte de fibra alimentar, minerais e compostos bioativos (BARBOSA *et al.*, 2019; BARBOZA *et al.*, 2022; RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019). Tendo em vista o exposto, o objetivo do presente trabalho foi elaborar e avaliar as características físico-químicas e tecnológicas de pães de forma enriquecidos com farinha de torta de buriti.

Material e Métodos

Materiais

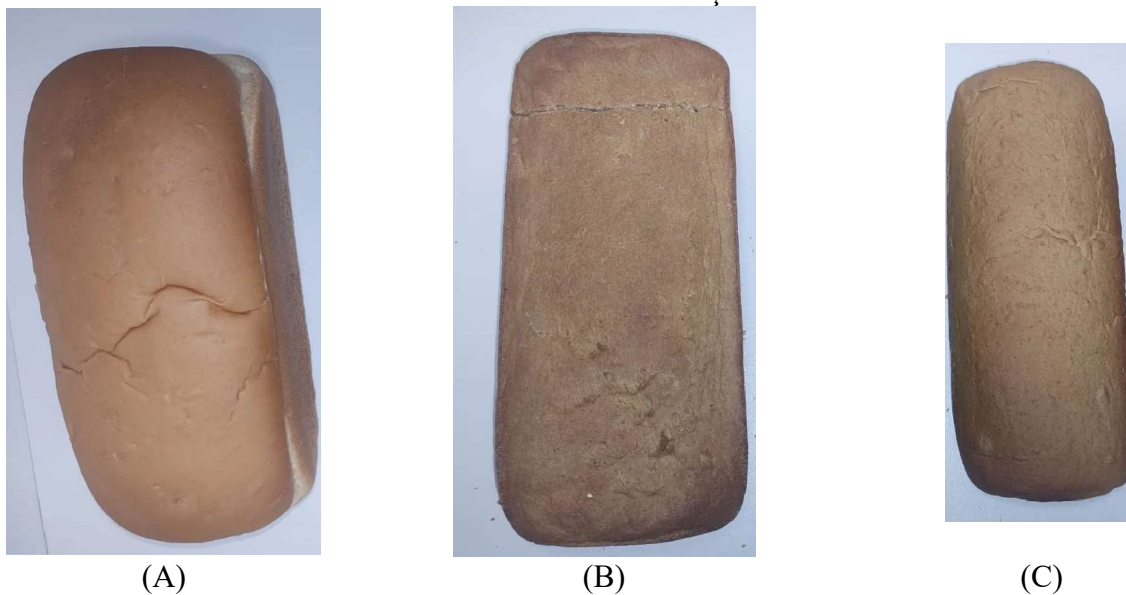
A farinha da torta de buriti foi doada pela Cooperativa Grande Sertão, de Montes Claros MG, sendo um coproduto da agroindústria do óleo de buriti, safra 2022/2023. Os demais ingredientes, farinha de trigo, açúcar cristal, margarina (70 % lipídeos), fermento biológico seco, sal e melhorador de farinha foram adquiridos no comércio local.

O experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Produtos Alimentícios do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

Métodos

Foram elaboradas três formulações de pães de forma (Figura 1): um pão padrão, utilizando exclusivamente a farinha de trigo e duas outras formulações enriquecidas com farinha da torta de buriti na concentração de 10 % e 20 % em relação da formulação padrão. Os demais ingredientes mantiveram a mesma proporção, divergindo apenas no realçador de farinha, que foi acrescentado aos pães que continham a farinha da torta de buriti.

Figura 1 - Pães de forma controle e em diferentes concentrações de torta de buriti



Fonte: Dos autores, 2023.

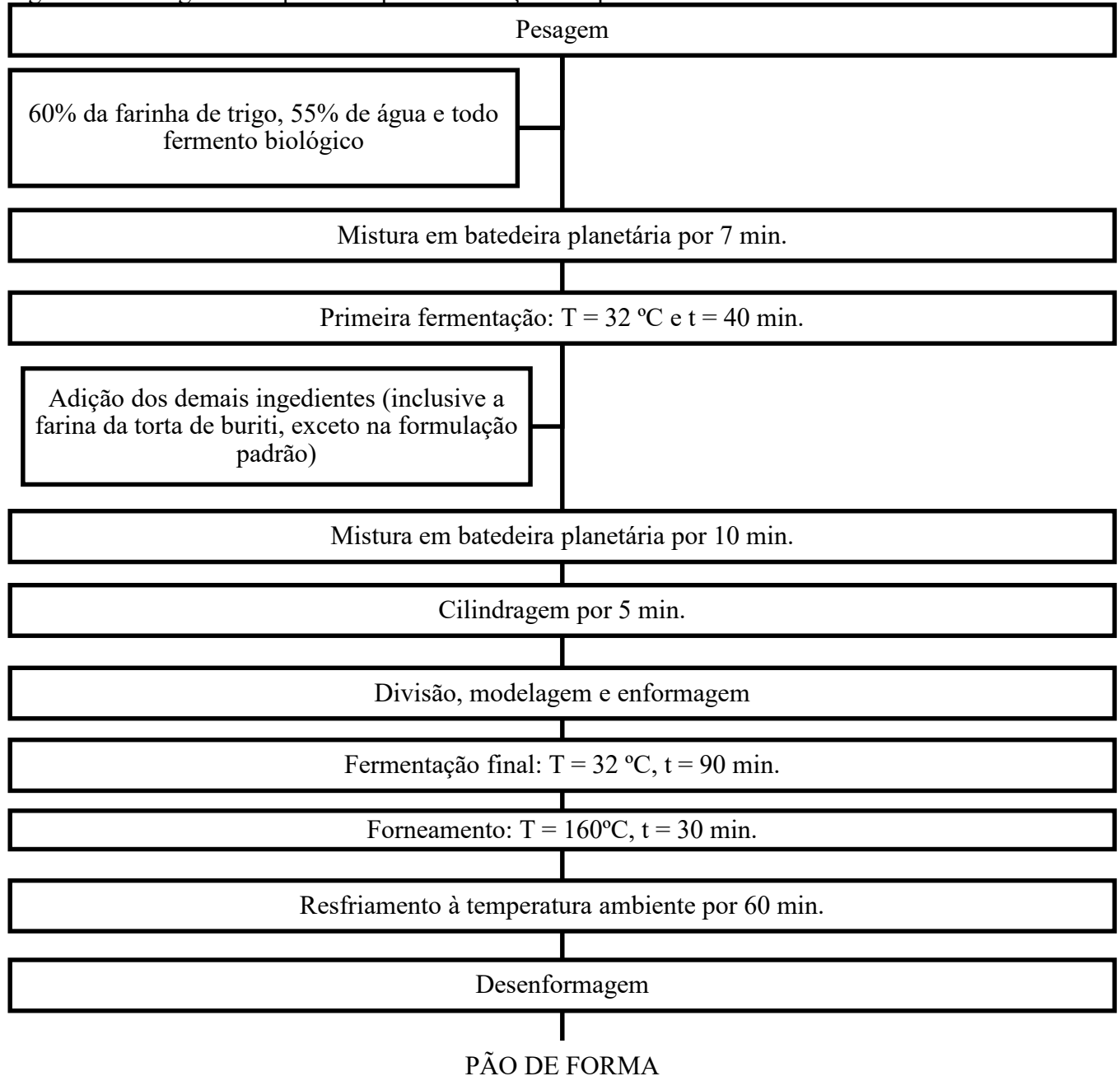
Legenda: A: formulação padrão; B: formulação com 10 % de farinha da torta de buriti; C: formulação com 20 % de farinha da torta de buriti.

Para a elaboração dos pães de forma, os ingredientes foram pesados em balança semi analítica (Marca Marte – Modelo AD430) e processados utilizando o método esponja, segundo metodologia descrita por Chagman e Huamán (2010) com modificações (Figura 2). Cada formulação foi preparada com três repetições de processo.

A composição centesimal de cada formulação de pão foi determinada quanto aos teores de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos. O teor de umidade foi determinado em estufa (Quimis, Q31M242, Diadema, Brasil) a 105 °C até peso constante; cinzas foi determinado por incineração em mufla (Coel, UL 1400, São Paulo, Brasil) a 550 °C e proteínas pela determinação do nitrogênio total pelo método de Kjeldahl utilizando digestor (Gerhardt Bonn, TR, Alemanha) e destilador de nitrogênio (Marconi, MA036, Piracicaba, Brasil), empregando o fator de conversão para proteínas de 6,25 (AOAC, 2011). O teor de lipídeos foi quantificado pelo método de Bligh & Dyer (BLIGH; DYER, 1959). O teor de

carboidratos totais foi calculado por diferença percentual, subtraindo-se do total a soma de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos. Na Tabela 1, temos as três formulações dos pães de forma:

Figura 2 - Fluxograma de processo para elaboração dos pães de forma



Fonte: Dos autores, 2023.

O volume específico foi calculado pela relação entre o volume aparente (cm³) e a massa (g) do pão, com resultados expressos em cm³ g⁻¹. A massa foi obtida em balança analítica e o volume pelo deslocamento de sementes de painço (GAYARDO; COLLING; ENSINA, 2015).

Tabela 1 - Formulações para pão de forma

Ingredientes	FP	FB10%	FB20%
Farinha de trigo	100 %	100 %	100 %
Farinha da torta de buriti	0 %	10 %	20 %
Açúcar cristal	14 %	14 %	14 %
Margarina 70 % lipídeos	4 %	4 %	4 %
Fermento biológico seco	3 %	3 %	3 %
Sal	1,5 %	1,5 %	1,5 %
Reforçador de farinha	0 %	1 %	1 %
Água	+/- 60 %	+/- 60 %	+/- 60 %

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FP: formulação padrão; FB 10%: formulação com 10 % de farinha da torta de buriti; FB 20%: formulação com 20 % de farinha da torta de buriti.

A análise colorimétrica da crosta e miolo dos pães foi avaliada em colorímetro portátil de reflexão, marca Konica Minolta, modelo KM-CR-400 básico, sendo os resultados expressos pelos parâmetros L^* , a^* , b^* , onde os valores de luminosidade (L^*) variam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores das coordenadas de cromaticidade a^* e b^* , variam de $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho), e de $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições e as análises realizadas em quadruplicata. Os dados foram avaliados estatisticamente utilizando-se Análise de Variância (ANOVA). As diferenças foram consideradas significativas para $p < 0,05$, pelo método de Tukey com intervalo de confiança de 95 %. O programa utilizado para as análises foi o software R.

Resultados e Discussão

A composição centesimal dos pães de forma com a farinha de torta de buriti e do pão padrão estão apresentadas na Tabela 2.

O teor de água apresentou diferença significativa apenas para o pão formulado com 10 % de farinha de torta de buriti, onde se encontrou um teor de água mais elevado, de 39,92 %, estando esses valores acima do limite máximo de 35 %, exigido pela legislação brasileira (BRASIL, 2005).

Silva *et al.* (2020) ao avaliarem a influência da incorporação da farinha de resíduo de gergelim nas características físicas, físico-químicas e o perfil de textura dos pães, também reportaram valores entre 36 e 41,39 % para teor de água de pães. Segundo o mesmo autor é comum no setor de panificação colocar no mercado produtos com maior teor de água, com intuito de aumentar a maciez e conferir aspecto de fresco ao pão, contudo aumenta o risco de contaminação por bolores.

Tabela 2 - Composição centesimal dos pães de forma

	Pão Padrão	Pão com 10%FB ¹	Pão com 20%FB ¹
Umidade (%)	33,73 ± 1,93 b	39,92 ± 0,12 a	34,23 ± 0,09 b
Proteínas (%) ²	9,89 ± 0,16 b	10,43 ± 0,21 a	9,69 ± 0,27 b
Lipídeos (%) ²	3,73 ± 0,06 a	3,92 ± 0,39 a	2,87 ± 0,10 b
Cinzas (%) ²	3,06 ± 0,00 c	3,16 ± 0,02 b	4,30 ± 0,02 a
Carboidratos totais (%) ³	83,33	82,49	83,14

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: ¹ FB: Farinha da torta de buriti; ²Resultados em base seca; ³ Resultados em base seca e calculados por diferença: (100 - % umidade - % proteínas - % lipídeos - % cinzas).

Nota: Médias acompanhadas de letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si significativamente pelo Teste de Tukey (p<0,05).

O valor de umidade do pão com 20 % FB se assemelha ao apresentado no estudo de Santos *et al.* (2018), que avaliou pães elaborados com farinha da casca de mamão, e encontrou valores de umidade variando de 33,66 ± 3,27 a 35,77 ± 2,19 g 100⁻¹.

Quanto ao teor de proteínas, houve aumento significativo quando 10 % da farinha de buriti foi adicionada a formulação controle. Outros estudos corroboram com esse resultado, de modo que pão com farinha de bagaço de malte, pães com incorporação de farinhas de cevada e pães com farinha de casca de guavira, também tiveram aumento no teor proteico em função do aumento da farinha em estudo (KUIAVSK, *et al.*, 2020; NÖRNBERG *et al.*, 2022; SALGADO *et al.*, 2022).

Em relação ao teor de lipídios, apenas o pão elaborado com 20 % de FB diferenciou-se das outras formulações, verifica-se, que o teor de lipídios do pão 20 % FB diminuiu em função do incremento da FB na formulação. Resultado diferentes foram relatados por Silva *et al.* (2020), ao realizarem a caracterização físico-química de pães compostos por diferentes concentrações de farinha de resíduo de gergelim, e também por Kuiavsk *et al.* (2020) ao incorporar 20 % de malte na formulação do pão em estudo. Entretanto, Salgado *et al.* (2022), observaram que a adição de farinhas da casca da guavira provocou redução neste componente.

Nos alimentos, os teores de cinzas referem-se ao resíduo inorgânico ou resíduo mineral fixo como no caso do sódio, potássio, magnésio, cálcio, ferro, fósforo, cobre, cloreto, alumínio, zinco, manganês e outros compostos minerais que são remanescentes da queima do material orgânico em mufla a temperaturas elevadas (500-600°C) (ZAMBIAZI, 2010). Na presente pesquisa, houve diferença significativa entre as diferentes amostras de pães para os teores de cinzas, (p<0,05). Observou-se que o aumento do teor de cinzas foi acompanhado pelo aumento da concentração de torta de buriti. As formulações com adição de 10 % e 20 % de farinha de buriti obtiveram um teor de cinzas maior, em torno de 0,1 a 1,24 %, em relação ao controle, que obteve 3,06 %, o que indica o quanto a farinha influenciou na composição físico-química dos pães.

O teor de cinzas deste estudo, foram superiores aos valores encontrados por Salgado *et al.* (2022), que avaliaram pães elaborados com adição de farinha da casca da guavira, e obteve valores variando de 1,56 a 2,05 g 100 g⁻¹. Em estudo com pães elaborados a partir do resíduo de malte proveniente da produção de cervejas estilo Pilsen e Porter, Tombini *et al.* (2022), reportaram valores de cinza de 2,47 ± 0,13 % a 3,21 ± 0,11 %, sendo estes quando comparados com os resultados deste estudo próximos a formulação controle e 10 % FB, e inferiores a formulação 20%FB deste estudo. O teor de cinzas encontrados para ambos os pães também foi maior que o teor médio encontrado por Nörnberg *et al.* (2022), de 2,66 %, ao elaborar pão de forma com adição de farinha de cevada.

Os teores de carboidratos totais (fibrosos e não fibrosos) ficaram próximos entre as amostras, sendo menor na formulação contendo 10 % de FCM (82,49 %) e maior no pão controle (83,33 %). A farinha de torta de buriti possui 92,59 % de carboidratos total, desses 9,20 g 100g⁻¹ de carboidratos não fibroso e 83,39 % de fibra alimentar (RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019), enquanto a farinha de trigo comum apresenta 75,10 % de carboidratos e 2,30 % de fibras (TACO, 2011). Sendo assim, a variação da proporção desses ingredientes nos pães indica uma diminuição no teor de amidos e aumento no teor de fibras dos pães estudados.

Os valores para a cor do miolo e da crosta, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise de tecnológica dos pães de forma

Amostra	Parâmetros	Pão Padrão	Pão com 10%FB ¹	Pão com 20%FB ²
Cor da crosta	L* ²	58,96 ± 2,20 a	51,16 ± 1,61 b	59,57 ± 1,64 a
	a* ³	10,37 ± 0,29 a	8,64 ± 1,40 b	7,65 ± 0,64 b
	b* ⁴	22,83 ± 2,10 b	30,74 ± 0,79 a	23,20 ± 2,05 b
Cor do miolo	L* ²	73,36 ± 1,74 a	56,68 ± 2,45 b	55,48 ± 1,35 b
	a* ³	-1,86 ± 0,09 c	3,30 ± 0,28 b	4,82 ± 0,22 c
	b* ⁴	22,83 ± 2,10 a	24,64 ± 0,98 a	12,74 ± 1,44 b
	VE (g.cm ⁻³) ⁵	4,51 ± 0,18 a	2,68 ± 0,11 b	1,88 ± 0,04 c

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: ¹ FB: Farinha da torta de buriti; ² Luminosidade: variam entre zero (preto) e 100 (branco); ³ variam de -a* (verde) até +a* (vermelho); ⁴ variam de -b* (azul) até +b* (amarelo); ⁵ VE: Volume específico.

Nota: Médias acompanhadas de letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si significativamente pelo Teste de Tukey (p<0,05).

A crosta do pão tornou-se significativamente (p < 0,05) mais escura apenas quando houve adição de 10 % de FB no pão. O parâmetro a* do pão controle foi o maior e diminuiu significativamente com a adição da FB. Semelhante a luminosidade, o b* medido foi significativamente menor na amostra 10 % FB quando comparado com os demais pães.

Vanin, Carvalho e Rodrigues (2020), avaliando a eficiência da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de banana verde na produção de pão francês, observaram que, a crosta dos pães, para os parâmetros de cor, ocorreu uma diminuição significativa tanto da crosta quanto do miolo dos pães, em função do aumento do teor da farinha de banana verde, dessa forma, a substituição com 10 % da farinha de banana verde possibilitou uma produção de pães com características próximas ao pão francês tradicional, o que foi diferente do observado no presente trabalho em pães com a mesma concentração.

Em relação ao parâmetro de cor L^* do miolo dos pães com as formulações, foi obtido 73,36 % para o pão padrão, 56,68 para o pão 10 % FB e 55,48 % para o pão 20 % FB. Os valores obtidos foram decrescentes em relação à quantidade adicionada de FB, assim como Salgado *et al.* (2022) que encontrou valores decrescentes à medida que aumentava o teor de farinha de casca de mandioca guavira em pães. Os resultados também são semelhantes ao trabalho de Vázquez-Duran *et al.* (2014), que ao aumentarem a concentração de farinha de brócolis em chips reduziam a luminosidade em relação ao controle.

Quanto ao parâmetro a^* do miolo, também foram observadas diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). O a^* mais elevado das formulações contendo FB, indicou proximidade com a vermelha, tal resultado está associado à grande quantidade de betacaroteno, que é um pigmento avermelhado que o buriti possui. Os resultados para a coordenada b^* do miolo indicaram que houve diferença significativa entre as cores das amostras ($p < 0,05$), verificando que a cor do miolo do pão controle e do pão com 10 % FB tenderam para a coloração amarela.

Estudos anteriores relataram resultados diferentes quando ingredientes de cor escura foram usados na produção de pão (ALINOVI *et al.*, 2022; LAZOU *et al.*, 2022; MIKULEC *et al.*, 2019; PURIĆ *et al.*, 2020; SALGADO *et al.*, 2020; ZHANG *et al.*, 2023).

Considerando as diferenças significativas apresentadas na análise tecnológica dos pães deste trabalho, uma possível explicação para isso pode estar associada aos maiores teores de água e proteínas e menor conteúdo de carboidratos da amostra com 10 % FB. Logo, essas mudanças de cor podem ser atribuídas não apenas à cor escura da farinha de buriti, mas também menor formação de pigmentos marrons em virtude da redução do conteúdo total de substratos (alta temperatura, baixo teor de água e altos níveis de açúcar redutor e aminoácidos) que favorecem a caramelização e reação de Maillard que causa o escurecimento dos produtos assados (TORBICA *et al.*, 2019; Ni *et al.*, 2020).

O volume de um pão está diretamente relacionado ao teor de proteínas da farinha de trigo (NI *et al.*, 2020). Quando se mistura farinha de trigo e água, o resultado é a formação de uma massa composta da rede proteica do glúten ligada aos grânulos de amido que retêm o gás carbônico produzido ao longo do processo fermentativo e faz com que o pão retenha o gás formado e aumente de volume (GUTKOSKI; JAKOBSEN NETO, 2002).

Pode-se notar que o aumento da concentração da FB na formulação, contribui com o decréscimo no volume específico dos pães. Entre as médias do volume específico foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,005$) entre todas as amostras. Sendo que o menor volume encontrado foi para a formulação 20 % FB ($1,88 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$).

A redução do volume específico dos pães desenvolvidos com FB pode ser atribuída ao elevado teor de fibras e falta quantidade e qualidade de glúten desejáveis na farinha de torta de buriti, que promovem à redução do teor de proteínas do trigo e ao aumento do conteúdo de sólidos insolúveis na massa (SOUZA *et al.*, 2022). Embora a adição de fibras em produtos de panificação seja considerada um benefício saudável, ela pode causar problemas na qualidade de pães (ZHANG *et al.*, 2023). O aumento do nível de fibra tende a formar uma massa mais fraca e menos extensível, com menor capacidade de retenção de gás durante a fermentação e o cozimento, resultando em uma estrutura compacta (ZHANG *et al.*, 2023; NI *et al.*, 2020).

Conclusão

A elaboração dos pães de forma enriquecidos com a farinha de buriti se mostrou promissora por apresentar características nutricionais e tecnológicas importantes. Tendo em vista que dará outro fim para o resíduo da indústria de óleo de buriti, trata-se de uma alternativa viável para criar uma nova variedade de produto, que poderá inclusive gerar uma nova fonte de renda para as cooperativas e agroextrativistas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e à Cooperativa Grande Sertão pela doação do material experimental.

Referências

ALINOVI, M. *et al.* Cascas de castanha e farelo de trigo em diferentes níveis de água influenciam as propriedades físicas do pão de panela. **Investigação e Tecnologia Alimentar Europeia**, v. 248, n. 5, 2022.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18 ed. 4 rev. Gaithersburg: AOAC, 2011. 1505p.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911 – 917, 1959.

BARBOSA, R. P. *et al.* Utilização de farinha da torta de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) na elaboração de barra de frutas. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UFMG, 2. 2019, Montes Claros. **Anais eletrônicos [...]** Montes Claros: UFMG, 2017. Disponível em: www.simeali.com. Acesso em: 19 jun. 2023.

BARBOZA N. L. *et al.* Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.): An Amazonian fruit with potential health benefits. **Food Research International**, v. 159, p. 111654, 2022.

BORGES, J. T. S. *et al.* Caracterização Físico-Química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 83-96, 2011.

BATISTA, J. S. *et al.*, Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. **Ciência Rural**, v.42, n.1, p.136-141, 2012.

BRAGA SOUTO, R. N. *et al.* Improvement of sensorial and technological characteristics of chocolate cakes with buriti fruit by-product. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. e16557, p. 1-11, 2022.

BRAGA, R.N. *et al.* Pequi flour applied in the preparation of food pasta. **Revista Caatinga**, v. 34, p. 460-470, 2021.

BRASIL. RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 set. 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em 30 jun. 2023.

CHAGMAN, G. P.; HUAMÁN, J. Z. Sustitución parcial de harina de trigo *Triticum aestivum* L. por harina de kiwicha *Amaranthus caudatus* L., usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. **Revista de la Sociedad Química del Perú**, v. 76, n. 4, p. 377-388, 2010.

GAYARDO, M.; COLLING, S.S.; ENSINA, T.C.S. **Desenvolvimento de pães bisnaguinhas com substituição de farinha de trigo por farinha de beterraba, isento de gordura hidrogenada com adição de estermid®**. 2015. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, Paraná, 2015.

GILMORE, M. P.; ENDRESS, B. A.; HORN, C. M. The socio-cultural importance of *Mauritia flexuosa* palm swamps (aguajales) and implications for multi-use management in two Maijuna communities of the Peruvian Amazon. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, vol. 9, 2013.

GUTKOSKI, L. C.; JACOBSEN NETO, R. Procedimento para teste laboratorial de panificação: pão tipo forma. **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 873-879, 2002.

KUIAVSKI, Maria Paula *et al.* Elaboração de pães com adição de farinha do bagaço de malte. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 53208-53221, 2020.

LAZOU, A. *et al.* Utilização de farinha de semente desengordurada de cânhamo industrial subproduto: Efeito de sua incorporação nas propriedades e características de qualidade de 'tsourekí', um produto

grego rico em massa assada. **Revista da Ciência da Alimentação e da Agricultura**, 2022.

LESCANO, C. H. *et al.* Nutritional and chemical characterizations of fruits obtained from *Syagrus romanzoffiana*, *Attalea dubia*, *Attalea phalerata* and *Mauritia flexuosa*. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, n. 2, p. 1284-1294, 2018.

LIMA, D. V. **Desenvolvimento e avaliação sensorial de pão de forma adicionado de farinha do resíduo da graviola**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Nutrição) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Cuité, 2019.

MIKULEC, S. *et al.* Farinha de cânhamo como um componente valioso para enriquecer as propriedades físico-químicas e antioxidantes do pão de trigo **LWT**, v. 102, 2019.

MIRABELLA, N.; CASTELLANI, V.; SALA, S. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p.28-41, 2014.

NASCIMENTO, A. C. *et al.* Pão do norte de Portugal: um estudo interventivo com vista a reduzir o teor de sal no pão. **Alimentação e nutrição**, v.24, n. 5, p 28-30, 2019.

NASCIMENTO-SILVA, N. R. R.; SILVA, F. A.; SILVA, M. R. Physicochemical composition and antioxidants of buriti (*Mauritia flexuosa* Linn. F.)–pulp and sweet. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 7, n. 1, p. e2792019, 2020.

NI, Q. *et al.* Adição de casca de fava à farinha de trigo para o desenvolvimento de pães ricos em fibras: efeitos nas propriedades físicas e nutricionais. **Alimentos**, v. 9, n. 9, 2020.

NOBRE, C. B. *et al.* Antioxidative effect and phytochemical profile of natural products from the fruits of “babaçu” (*Orbignia speciose*) and “buriti” (*Mauritia flexuosa*). **Food and Chemical Toxicology**, v. 121, p. 423-429, 2018.

NORNBERG, M. L. *et al.* Efeito da incorporação de farinha de cevada sobre a qualidade do pão de forma. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.2, p. 10313-10333, 2022.

PEREIRA, G. S. L. *et al.* Análises físico-químicas e tecnológicas em massa alimentícia fresca incorporada de farinha de coquinho-azedo (*Butia capitata*). **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, p. 1-5-5, 2017.

PESSÔA, P. A. P. **Avaliação das propriedades do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) e sua aplicação em creme vegetal**. 2017. (Tese de doutorado). Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2017.

PURIĆ, B. *et al.* Aplicação de tortas desengorduradas de sementes de maçã como subproduto para o enriquecimento de pão de trigo. **LWT**, v. 130, 2020.

RODRIGUES, A. M. C., *et al.* fatty acid profiles and tocopherol contents of Buriti (*Mauritia flexuosa*), Patawa (*Oenocarpus bataua*), Tucuma (*Astrocaryum vulgare*), Mari (*Poraqueiba paraensis*) and Inaja (*Maximiliana maripa*) Fruits. **J. Braz. Chem. Soc.**, vol. 21, n. 10, 2010.

RESENDE, L. M., FRANCA, A. S., OLIVEIRA, L. S. Farinhas de subprodutos de frutas de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.): avaliação como fonte de fibras alimentares e antioxidantes naturais. **Química de Alimentos**, v. 270, p. 53–60, 2019.

RESENDE, L. M. **Avaliação do potencial de aproveitamento de resíduos da extração de óleo de buriti para produção de pós ricos em fibra alimentar com compostos antioxidantes associados.** 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

SAMPAIO, M. B. Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Buriti (*Mauritia flexuosa*). Brasília – DF. **Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN)**. Brasil, 76 p, 2012.

SANTOS, C. A. *et al.* Elaboração de biscoito de farinha de Buriti (*Mauritia flexuosa* L.f) com e sem adição de Aveia (*Avena Sativa* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 05, n. 01, p. 262-273, 2011.

SALGADO, C. S. *et al.* Adição de farinha de casca de guavira em pão: características físico-químicas e sensoriais, **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, 2022.

SILVA, D. R. S. *et al.* Influência da incorporação da farinha de resíduo de gergelim na qualidade do pão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020.

SILVA, C. L. M. *et al.* Composição centesimal de biscoitos tipo cookies adicionados de farinha de *Caryocar brasiliense* Camb. (*Caryocaraceae*). **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 10, p. 78-82, 2018.

SOUSA, M. M. D. *et al.* **Análise física de pão de forma elaborado com farinha de cotilédones de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L) Walp.]**. In: V Jornada Científica da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, 3 e 4 de setembro de 2019. VIEIRA, P. F. M. *et al.* (Ed.). Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2022.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p. Disponível em: https://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=1. Acesso em: 19 jun. 2023.

The R Foundation for Statistical Computing. **R: A language and environment for statistical computing**. Versão 4.3.0. Auckland, Nova Zelândia, 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>; Acesso em: 30 jun. 2023.

TORBICA, A. *et al.* Sensory and physico-chemical properties of wholegrain wheat bread prepared with selected food by-products. **LWT**, v. 114, p. 1-8, 2019.

TOMBINI, C. *et al.* Análise da gestão do resíduo bagaço de malte em cervejarias da região oeste e extremo oeste do estado de Santa Catarina. **Conjecturas**, v. 22, n. 8, p.560-580, 2022.

VILHALVA, D. A. A. *et al.* Aproveitamento da farinha de casca de mandioca na elaboração de pão de forma. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p.514-21. 2011.

VANIN, F. M.; CARVALHO, R. A.; RODRIGUES, Y. **Produção de pão francês a partir da substituição parcial de farinha de trigo por farinha de banana verde**. In: VERRUCK, S. (Org.) **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Guarujá: Científica Digital, 2020. p. 387-395.

VÁZQUEZ-DURÁN, A. *et al.* Physicochemical, nutritional and sensory properties of deep fat-fried fortified tortilla chips with broccoli (*Brassica oleracea* L. convar. italica Plenck) flour. **Journal of Food and Nutrition Research**, v.53, n.4, p.313-323, 2014.

ZAMBIAZI, R.C. **Análise Físico Química de Alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010.

ZHANG, G. *et al.* Effect of defatted melon seed residue on dough development and bread quality, **LWT**, v. 183, p. 114892, 2023.

CAPÍTULO 16

Biscoito integral amanteigado elaborado com farinha integral de milho extrudada: avaliação da cor, textura e tabela nutricional

Sabrina Jéssica Maura de Andrade^{*1}; Ana Caroline Fonseca e Silva¹; Matheus Gonçalves Gomes¹; Isabela Maciel Costa²; Washington Azevedo Silva³; Felipe Machado Trombete³

Resumo

O milho é um cereal nutricionalmente rico, versátil e de fácil adaptabilidade. No Brasil, é produzido principalmente para fins não alimentícios, mas se apresenta como uma alternativa nutritiva e rentável para garantir a segurança alimentar em regiões de difícil produção. O biscoito se mostra frequentemente como um veículo de ingredientes saudáveis por sua ampla aceitabilidade, praticidade e longa vida de prateleira. O estudo teve como objetivo desenvolver biscoitos integrais amanteigados contendo Farinha integral de milho extrudada (FIME) e avaliar a sua cor e textura e elaborar sua tabela nutricional. Foram desenvolvidas quatro formulações de biscoitos amanteigados, sendo uma formulação controle, sem adição da FIME, e as demais com substituição parcial da farinha integral de trigo (FIT) em 15%, 30% e 50%, e avaliados seu rendimento, cor e textura. Os resultados demonstraram que a adição de FIME ocasionou diferenciação nos parâmetros de cor com F30 se diferenciando estatisticamente de F50 em L* e a* e de F15 em b*. A utilização de mais de 30% de ingredientes integrais possibilitou que todos os quatro tratamentos fossem denominados alimentos integrais. Este trabalho demonstra mais uma opção de utilização da farinha integral de milho para alimentação humana, com grande potencial a ser explorado pela indústria de alimentos.

Palavras-chave: Extrusão termoplástica. *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. Reformulação.

Introdução

O interesse da população pela qualidade dos alimentos vem crescendo uma vez que a alimentação saudável está intimamente ligada a uma série de benefícios à saúde incluindo a prevenção de doenças crônicas. Os alimentos integrais são aqueles que mesmo quando processados não perdem seus componentes como fibras, minerais e proteínas. Desta forma, a ingestão de alimentos integrais está associada a benefícios de uma vida saudável e com a prevenção de doenças atendendo ao interesse dos

¹ Discente, Engenharia de Alimentos/Universidade Federal de São João del-Rei.

² Técnica em Alimentos e Laticínios e Mestranda em Ciência de Alimentos/Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Docente, Departamento de Engenharia de Alimentos/Universidade Federal de São João del-Rei.

*E-mail: sabrinajmandrade@gmail.com

consumidores na busca de alimentos mais saudáveis (DE CASTRO; MAURÍCIO 2008; DOS REIS, 2017). Para que alimentos contendo cereais sejam rotulados como integrais, estes devem conter pelo menos 30% de ingredientes integrais em sua formulação e a quantidade de farinha refinada deve ser inferior à de farinha integral (BRASIL, 2022).

Dentre os produtos prontos para consumo, os biscoitos se destacam devido à sua ampla aceitabilidade, acessibilidade e vida de prateleira longa. Em virtude de sua longa difusão, os biscoitos têm sido considerados com frequência como veículos para ingredientes saudáveis (ADEBIYI *et al.*, 2017). Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados (ABIMAPI, 2022), o volume produzido de biscoitos em 2021 representou 1,51 milhões de toneladas gerando um valor de mercado de 22,62 bilhões.

O milheto (*Pennisetum glaucum*) (L.) R. Br. é um cereal cultivado em regiões semiáridas tropicais, como Ásia e África, e é bastante adaptado a sistemas produtivos com pouca chuva, baixa fertilidade do solo e altas temperaturas, lugares onde culturas como milho e trigo não conseguem se adaptar (NAMBIAR *et al.*, 2011). O milheto pode ser cultivado para diferentes fins, tais como materiais para construção, combustível e alimentação humana, sendo fonte de proteínas, aminoácidos sulfurados, minerais, além de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes (ABDALLA *et al.*, 1998). Todavia, utiliza-se o milheto no Brasil, sobretudo, como cobertura vegetal e para alimentação animal (grãos e forragem), sendo uma das principais culturas de coberturas do Cerrado e da região Sul (DIAS-MARTINS *et al.*, 2018).

Embora o consumo de milheto não seja uma prática comum no Brasil, seus aspectos nutricionais aliados à sua adaptabilidade tornam este cereal um importante aliado na garantia da segurança alimentar de populações subdesenvolvidas e em desenvolvimento. Sendo assim, deve-se estimular a produção do milheto em regiões cuja variabilidade de chuva se torna fator importante na segurança alimentar ampliando, assim, as opções de alimentação nutritiva e rentável para essa população (DIAS-MARTINS *et al.*, 2018).

Em 2023, foi declarado o Ano Internacional do Milheto pelas Nações Unidas. Essa ação tem como propósito estimular a conscientização pública, o aumento da produção mundial de milheto, o investimento em pesquisa com este cereal para promoção de segurança alimentar e inserção como um componente principal na dieta humana (FAO, 2023). Assim, pesquisas com a utilização do milheto como matéria-prima alimentar que atendam às demandas atuais de mercado devem ser incentivadas.

No processo de extrusão termoplástica, a matéria prima umidificada é cozida a temperaturas superiores a 100°C sob pressão e cisalhamento (BATISTA *et al.*, 2022). O cozimento por extrusão termoplástica pode ser usado para obter farinhas extrudadas pré-gelatinizadas. Esse processo causa diversas alterações bioquímicas, como a desnaturação de proteínas, geleificação do amido, fusão e

degradação dos grânulos de amido, redução de fatores antinutricionais, inativação de enzimas, formação de complexos entre amilose e lipídios, aumento de fibra alimentar solúvel. Além disso, apresenta baixos custos operacionais, alta produtividade, alta eficiência energética e tempos de processamento curtos (PASQUALONE *et al.*, 2021; YADAV; DALBHAGAT; MISHRA, 2022).

Desta forma, este estudo teve como objetivo desenvolver biscoitos integrais amanteigados contendo farinha integral de milho extrudada (FIME) e avaliar seu rendimento, perfil de cor, textura e valores nutricionais.

Material e métodos

Produção da farinha integral de milho extrudada (FIME)

Para produção da farinha integral de milho extrudada (FIME), os grãos integrais de milho foram processados no Laboratório de Cereais, da Embrapa Agroindústria de Alimentos, sendo previamente limpos em um separador aero mecânico Clipper Office Tester 400/B (A.T. Ferrell Co., Bluffton, EUA) utilizando peneiras de 7,5 mm e 8 mm e moídos em um moinho granulador de facas e martelos – 7,5 cv (TREU 95-018-B, Rio de Janeiro, Brasil) utilizando uma peneira de aço inoxidável de 1 mm.

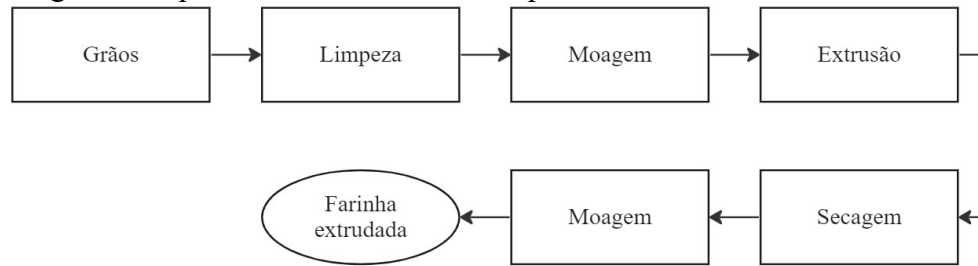
A farinha foi alimentada a uma vazão de 10 kg/h em uma extrusora de dupla rosca Clextral Evolum HT25 (Clextral Inc., Firminy, França), equipada com uma matriz de formato circular de 1 furo com diâmetro de 8 mm e um cortador de 2 lâminas, com velocidade de rosca constante de 250 rpm e perfil de temperatura, da alimentação para a saída, de: 25, 25, 60, 90, 120, 120, 120, 90, 60 e 60 °C, sendo a vazão de alimentação de água de 2 L/h.

Os extrudados obtidos foram recolhidos em bandejas e secos em estufa de circulação de ar (Hauber Macanuda, Santa Catarina, Brasil) a 60 °C por 24 h. Por fim, os extrudados foram moídos no mesmo moinho, mas acoplado com uma peneira de 1,25 mm.

A farinha resultante do processo de moagem foi armazenada em saco plástico de polietileno a temperatura de 23 °C ± 2 °C até o momento de uso.

A Figura 1 ilustra de forma simplificada o fluxograma de obtenção de farinha integral de milho extrudada.

Figura 1 - Fluxograma do processo de extrusão termoplástica



Fonte: Dos autores, 2022.

Produção dos biscoitos amanteigados

Foram desenvolvidas quatro formulações de biscoitos amanteigados, sendo uma formulação controle (FC) sem adição da FIME e as demais com substituição parcial da farinha integral de trigo (FIT) em 15% (F15), 30% (F30) e 50% (F50) por FIME (Tabela 1).

Tabela 2 - Formulações de biscoitos amanteigados com substituição parcial de Farinha integral de milho extrudada (FIME)

Ingredientes (%)	Tratamentos			
	FC	F15	F30	F50
FIT	42,74	36,13	29,38	20,83
FIME	0	6,38	12,59	20,83
Açúcar	21,37	31,25	20,99	20,83
Margarina	19,23	19,13	18,89	18,75
Leite	5,98	6,48	7,66	8,33
Ovo	5,34	5,31	5,25	5,21
Leite em Pó	2,14	2,13	2,10	2,08
Azeite	2,14	2,13	2,10	2,08
Bicarbonato de Amônia	0,53	0,53	0,52	0,52
Raspa de Laranja	0,53	0,53	0,52	0,52

Fonte: Dos autores, 2022.

Para a produção dos biscoitos, os ingredientes secos (farinha integral de trigo, farinha integral de milho extrudada, açúcar refinado, bicarbonato de amônia e leite em pó) foram homogeneizados. Em seguida, o azeite e as raspa de laranja foram adicionados à mistura. Após adquirir consistência de grumos, a manteiga foi adicionada aos poucos. Posteriormente, os ovos foram misturados à massa e o leite fluido foi adicionado até que a massa chegasse à consistência ideal. Pesou-se em balança analítica porções de 15 g de massa, que foram moldadas, colocadas em forma untada e levadas a um Forno

Elétrico Roma Inox Venâncio de Lastro 220V modelo FERI90 a 160 °C por 20 min, girando-se as formas aos 15 min para cocção mais uniforme.

Análise de textura

A análise de textura foi realizada no analisador de textura TA.XT Plus (Stable Micro Systems) (Figura 2) com o software Exponent Lite, versão 5.1.1.0 Lite (2010), licença N° 10081-16713749-11980. Foram realizadas sete replicatas de cada tratamento.

Figura 2 - Texturômetro TA.XT Plus (Stable Micro Systems)



Fonte: Dos autores, 2022.

As amostras de biscoitos apresentavam 15 mm de altura e 55 mm de diâmetro e foram penetradas utilizando *probe* de corte HDP/BSK percorrendo uma distância de 25 mm a uma velocidade de 120 mm/min. O parâmetro analisado para determinar a textura (força de corte) foi a firmeza (N).

Análise de cor

Foi utilizado um colorímetro Konica Minolta (Chroma Meter CR- 400) (Figura 3) calibrado, no sistema de cor CIELAB, onde L* representa a luminosidade, a* o eixo vermelho-verde e b* o eixo amarelo-azul. Foram utilizados sete biscoitos de cada tratamento sendo realizada sete leituras em diferentes pontos à temperatura ambiente. Cada leitura foi resultado da média dos sete pontos distintos. Para determinar as diferenças entre tratamento controle (c) e os demais (r) foi calculada a distância euclidiana (ΔE) de acordo com a Equação 1:

$$\Delta E = [(L_c^* - L_r^*)^2 + (a_c^* - a_r^*)^2 + (b_c^* - b_r^*)^2]^{0,5} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde: ΔE : distância euclidiana; L*: luminosidade; a*: eixo vermelho-verde; b*: eixo amarelo-azul

Figura 3 - Colorímetro Konica Minolta (Chroma Meter CR- 400)



Fonte: Dos autores, 2022.

Tabela nutricional

As tabelas nutricionais foram elaboradas após a identificação da porção de referência segundo os anexos da Instrução Normativa nº 75/2020 (BRASIL, 2020). Todos os ingredientes utilizados nas formulações dos biscoitos com FIME (FC; F15; F30; F50) foram mensurados e a tabela nutricional elaborada através de cálculo de balanço de massa de acordo com a legislação atual, RDC 429/2020. Para os cálculos foram consideradas as informações nutricionais de cada ingrediente, bem como o rendimento do produto após forneamento. Para o ingrediente farinha integral de milho extrudada foram considerados os valores encontrados por Dias-Martins (2019).

Análise estatística

Os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva e, para verificar se as amostras diferiram entre si foi aplicada análise de variância (ANOVA), com comparação de médias por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando o software Sisvar® 5.1

Resultados e discussão

Análise de rendimento e textura

Segundo Embrapa (2021), alimentos com uma boa qualidade possuem características sensoriais agradáveis, como a textura e a cor. A textura dos alimentos apresenta uma importância no prazer de comer dos consumidores, influenciando na hora da compra (BENTO *et al*, 2013). A Tabela 3 mostra os resultados obtidos para rendimento e firmeza das formulações com diferentes níveis de substituição de FIT por FIME.

Tabela 3 - Resultados da determinação de rendimento e firmeza do biscoito reformulado com Farinha integral de milho extrudada (FIME)

Amostra	FC	F15	F30	F50
Rendimento (%)	86,09 ± 0,02 ^a	86,41 ± 0,02 ^a	88,09 ± 0,03 ^a	86,75 ± 0,03 ^a
Firmeza (N)	114,84 ± 0,32 ^a	95,79 ± 0,35 ^{ab}	97,65 ± 0,39 ^{ab}	59,1 ± 0,36 ^b

Fonte: Dos autores, 2022.

Nota: Os valores representam a média ± desvio padrão. a,b,c,d Médias na mesma linha com letras diferentes indicam diferenças significativas (P<0,05).

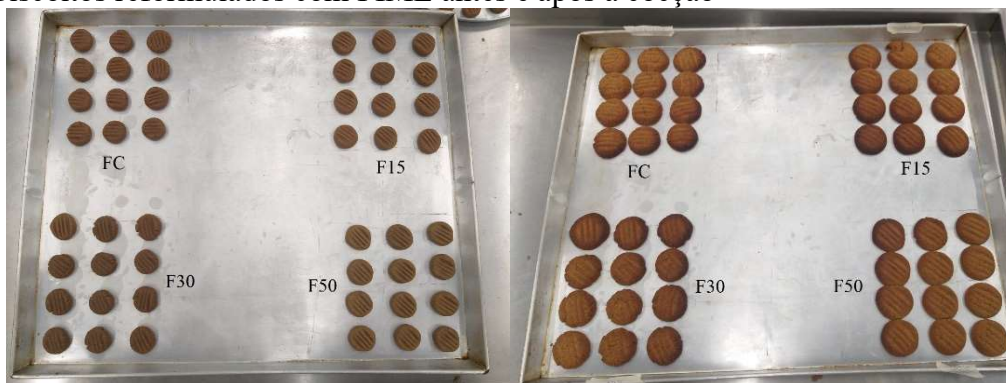
O tratamento contendo maior nível de substituição de FIT por FIME (F50) apresentou firmeza significativamente menor (P<0,05) que a formulação onde não houve substituição. A firmeza dos biscoitos está relacionada com a força realizada para deformar ou romper a amostra simulando os dentes da frente, ao cortar o biscoito. A força máxima medida para produtos de panificação é influenciada por diversos fatores como qualidade da farinha utilizada, umidade do produto, conservação, quantidade de certos ingredientes como açúcar, gordura e emulsificantes (ESTELLER; LANNES, 2005).

Cabe destacar que, ao substituir a farinha de trigo pela farinha de milho tem-se consequentemente uma redução no teor de glúten do produto. Silva, Hashimoto e Silva (2019) encontraram resultados semelhantes quando avaliaram o efeito da substituição da farinha de trigo por farinha integral de feijão azuki na firmeza, onde biscoitos com maiores proporções de farinha integral de feijão azuki apresentaram firmeza menor que as contendo maiores proporções de farinha de trigo. Bravo-Nuñez *et al.* (2018) também encontraram resultados condizentes em ao avaliarem o efeito da incorporação de glúten nas características de biscoito onde observaram um aumento da firmeza com o aumento da adição de glúten. Esse resultado está de acordo com os encontrados por Pareyt e Delacour (2008) explicaram esse efeito pelo fato de que as proteínas tendem a se associar durante o cozimento devido à expansão das células gasosas, o que força as proteínas a ficarem mais próximas umas das outras.

Análise de cor

O primeiro contato do consumidor com um produto é geralmente por sua apresentação visual que inclui a cor e a aparência. Todo produto possui um aspecto e cor esperados que são associados à aceitação, indiferença ou rejeição deste produto e, normalmente, estão relacionados à sua forma natural, ou uma forma comercial consagrada culturalmente (TEIXEIRA, 2009). A Figura 4 mostra os biscoitos antes (à esquerda) e depois (à direita) da cocção.

Figura 4 - Biscoitos reformulados com FIME antes e após a cocção



Fonte: Dos autores, 2022.

Nota: Antes da cocção (à esquerda) e depois da cocção (à direita).

A Tabela 4 apresenta os resultados referente aos parâmetros L^* , a^* , b^* e ΔE para as amostras com diferentes concentrações de FIME. As formulações contendo 30% e 50% (F30 e F50) de substituição de FIT por FIME apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) nos parâmetros luminosidade (L^*) e para o eixo vermelho-verde (a^*) com F30 apresentando valores menores para L^* indicando que F50 se mostrou mais escuro que F30 e maiores para a^* indicando que F30 sofreu maior influência de pigmentos vermelhos. Já para o eixo amarelo-azul, F30 apresentou valores significativamente menores ($P < 0,05$).

Os valores encontrados para o parâmetro luminosidade (L^*) apresentam variação numa escala de 0 a 100 sendo resultados abaixo de 50 considerados escuros (COHEN; JACKIX, 2005). Todas as formulações elaboradas apresentaram valores abaixo de 50 ($L^* < 50$). Daniel *et al.* (2018) encontraram resultado semelhante em biscoitos tipo cookie elaborados com adição de bagaço malte onde as três formulações desenvolvidas apresentaram L^* abaixo de 50.

Tabela 4 - Resultados da análise de cor do biscoito reformulado com FIME

	FC	F15	F30	F50
L*	44,33 ± 1,51 ^{ab}	43,59 ± 1,85 ^{ab}	41,98 ± 1,59 ^b	44,51 ± 1,55 ^a
a*	10,29 ± 0,91 ^a	10,86 ± 1,47 ^a	10,04 ± 0,35 ^a	7,76 ± 0,43 ^b
b*	29,77 ± 0,49 ^{ab}	30,56 ± 0,79 ^a	29,22 ± 0,37 ^b	29,26 ± 0,48 ^{ab}
ΔE	-	1,92±0,42 ^a	2,45±1,27 ^a	2,72±0,58 ^a

Fonte: Dos autores, 2022.

Legenda: ΔE: distância euclidiana; *L: luminosidade; a*: eixo vermelho-verde; b*: eixo amarelo-azul

Nota: Os valores representam a média ± desvio padrão. a,b,c,d Médias na mesma linha com letras diferentes indicam diferenças significativas pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Em relação a cromaticidade, todos os tratamentos se mantiveram nas regiões vermelho e amarelo com valores de a* e b* positivos. Silva (2007) explica que a combinação de a* e b* positivos resultam na coloração marrom típica de cereais integrais.

Tabela nutricional

As Figura 5 e 6 mostram respectivamente as tabelas nutricionais para FC e F15, e F30 e F50 calculadas com base nas tabelas nutricionais dos ingredientes utilizados. As formulações apresentaram entre 1,4 e 2,5 g de fibras por porção, equivalente em média a 6% da ingestão diária de fibras recomendada que é de 25 g (BRASIL, 2020).

Figura 5 - Tabelas nutricionais dos biscoitos amanteigados com substituição de farinha integral de trigo por farinha integral de milho extrudada FC e F15

Biscoito de Milheto Fc

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Porções por embalagem: 3			
Porção: 30 g (3 Biscoitos)			
	100 g	30 g	%VD*
Valor energético (kcal)	408	122	6
Carboidratos (g)	59	18	6
Açúcares totais (g)	25	7,6	
Açúcares adicionados (g)	25	7,4	15
Proteínas (g)	7	2,1	4
Gorduras totais (g)	18	4,8	7
Gorduras saturadas (g)	4	1,2	6
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibras alimentares (g)	5,2	1,6	6
Sódio (mg)	194	58	3

*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

CONTÉM LACTOSE

CONTÉM GLÚTEN

INGREDIENTES: Farinha de trigo integral, açúcar refinado, margarina, leite integral, ovo, leite em pó integral, azeite de oliva, raspas de laranja, bicarbonato de amônio

Biscoito de Milheto F15

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Porções por embalagem: 3			
Porção: 30 g (3 biscoitos)			
	100 g	30 g	%VD*
Valor energético (kcal)	414	124	6
Carboidratos (g)	59	18	6
Açúcares totais (g)	25	7,5	
Açúcares adicionados (g)	25	7,4	15
Proteínas (g)	7,1	2,1	4
Gorduras totais (g)	18	4,8	7
Gorduras saturadas (g)	4	1,2	6
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibras alimentares (g)	5,1	1,5	6
Sódio (mg)	193	58	3

*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

CONTÉM LACTOSE

CONTÉM GLÚTEN

INGREDIENTES: Farinha de trigo integral, açúcar refinado, margarina, leite integral, farinha integral de milho, ovo, azeite de oliva, leite em pó integral, raspas de laranja, bicarbonato de amônio

Fonte: Dos autores, 2022.

Nota: FC (à esquerda) e F15 (à direita).

Figura 6 - Tabelas nutricionais dos biscoitos amanteigados com substituição de farinha integral de trigo por farinha integral de milho extrudada F30 e F50

Biscoito de Milheto F30

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Porções por embalagem: 3			
Porção: 30 g (3 Biscoitos)			
	100 g	30 g	%VD*
Valor energético (kcal)	410	123	6
Carboidratos (g)	57	17	6
Açúcares totais (g)	24	7,3	
Açúcares adicionados (g)	24	7,1	14
Proteínas (g)	7	2,1	4
Gorduras totais (g)	16	4,7	7
Gorduras saturadas (g)	3,9	1,2	6
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibras alimentares (g)	4,8	1,4	6
Sódio (mg)	187	56	3

*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

CONTÉM LACTOSE

CONTÉM GLÚTEN

INGREDIENTES: Farinha de trigo integral, açúcar refinado, margarina, farinha integral de milho, leite integral, ovo cru, azeite de oliva, leite em pó integral, raspas de laranja, bicarbonato de amônio

Biscoito de Milheto F50

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Porções por embalagem: 3			
Porção: 30 g (3 Biscoitos)			
	100 g	30 g	%VD*
Valor energético (kcal)	427	128	6
Carboidratos (g)	58	17	6
Açúcares totais (g)	24	7,3	
Açúcares adicionados (g)	24	7,2	14
Proteínas (g)	7,3	2,2	4
Gorduras totais (g)	16	4,7	7
Gorduras saturadas (g)	3,9	1,2	6
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibras alimentares (g)	4,7	1,4	6
Sódio (mg)	190	57	3

*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

CONTÉM LACTOSE

CONTÉM GLÚTEN

INGREDIENTES: Farinha de trigo integral, farinha integral de milho, açúcar refinado, margarina, leite integral, ovo, leite em pó integral, azeite de oliva, raspas de laranja, bicarbonato de amônio

Fonte: Dos autores, 2022.

Nota: F30 (à esquerda) e F50 (à direita).

De acordo com a resolução RDC Nº 493 de 15 de abril de 2021, o alimento integral contendo cereais deve conter um mínimo de 30% de ingredientes integrais para receber tal denominação e ainda, a quantidade de ingredientes integrais não deve ser inferior ao de ingredientes refinados. Desta forma, os biscoitos desenvolvidos podem ser denominados alimentos integrais.

Conclusão

Foi possível desenvolver formulações de biscoitos integrais amanteigados com substituição parcial da FIT por FIME. Para o parâmetro firmeza, FC diferiu estatisticamente apenas de F50. Em relação à análise de cor, a amostra F30 diferiu em L* e a* de F50 apresentando menor valor de luminância e maior valor no eixo vermelho-verde e em relação a b* diferiu estatisticamente apenas de F15 apresentando valores maiores no eixo amarelo-azul.

As quatro formulações desenvolvidas podem ser denominadas de alimentos integrais pois conterem mais de 30% de ingredientes integrais e estes estão em maior quantidade que os refinados.

A Farinha integral de milho extrudada se mostrou uma alternativa viável para produção de biscoitos integrais amanteigados com características de cor e textura satisfatórias. Entretanto, faz-se necessário mais estudos a respeito de suas características sensoriais bem como sua aceitação do produto pelos consumidores. Outras formulações com redução no teor de açúcar e gordura também devem ser testadas como alternativas mais saudáveis. Além disso, a inclusão de outros ingredientes fonte de fibras

nesta formulação pode ser estudada nos próximos trabalhos, a fim de tornar o produto, além de integral, também fonte de fibra, atendendo as demandas do mercado consumidor.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Universidade Federal de São João del-Rei pela disponibilização de estrutura física e de recursos humanos para realização desta pesquisa, bem como a empresa ATTO Sementes, por gentilmente fornecer os grãos de milheto.

Referências

ABDALLA, A. A. *et al.* Proximate composition, starch, phytate and mineral contents of 10 pearl millet genotypes. **Food Chemistry**, v. 63, n. 2, p. 243-246, 1998.

ABIMAPI – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES E BOLOS INDUSTRIALIZADOS. **Estatísticas de mercado**. 2022. Disponível em: <https://www.abimapi.com.br/publicacoes-estatisticas.php>. Acesso em: 05 jan. 2023.

ADEBIYI, J. A. *et al.* Comparison of nutritional quality and sensory acceptability of biscuits obtained from native, fermented, and malted pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour. **Food Chemistry**, v. 232, p. 210-217, 2017.

ADEBIYI, J. A. *et al.* Effect of fermentation and malting on the microstructure and selected physicochemical properties of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour and biscuit. **Journal of Cereal Science**, v. 70, p. 132-139, 2016.

BATISTA, R. T. *et al.* Produção e caracterização de massas alimentícias *gluten free* a base de farinhas integrais extrudadas de milheto e grão-de-bico. In: Congresso Brasileiro de Tecnologia de Cereais e Panificação. **Anais**. Evento Virtual, 2022.

BENTO, R. A. *et al.* **Análise sensorial de alimentos**. e-Tec Brasil, CODAI, Recife, p. 24, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instrução Normativa nº 75, de 08 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 out. 2020. Seção 1, p. 113.

BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº 493, de 15 de abril de 2021. Dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 abril. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº 712, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais e pseudocereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Seção 1, p. 193.

BRAVO-NUÑEZ, Ángela *et al.* Incorporation of gluten and hydrolysed gluten proteins has different effects on dough rheology and cookie characteristics. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53, n. 6, p. 1452-1458, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/ijfs.13724>> Acesso em 15 de jun de 2023

CLERICI, M. T. P. S. *et al.* Qualidade física, química e sensorial de biscoitos tipo *cookies* elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 139-146, 2013.

COHEN, K. O.; JACKIX, M. N. H. Estudo do liquor de cupuaçu. **Food Science and Technology**, v. 25, p. 182-190, 2005.

DANIEL, A. P. *et al.* Biscoitos tipo cookies elaborados com subprodutos de cerveja artesanal. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos Volume 3**, p. 25, 2018.

DE CASTRO, M. F.; MAURÍCIO, A. A. Biscoito integral: fonte de fibra, isento de lactose e gordura trans. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 2, n. 2, p. 51-56, 2008.

DIAS-MARTINS, A. M. *et al.* Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. **Food research international**, v. 109, p. 175-186, 2018.

DIAS-MARTINS, A. M. *et al.* Impacts of ohmic heating on decorticated and whole pearl millet grains compared to open-pan cooking. **Journal of cereal science**, v. 85, p. 120-129, 2019.

DOS REIS, C. G. *et al.* ELABORAÇÃO DE BISCOITO INTEGRAL À BASE DE FARINHA DE QUINOA E FEIJÃO BRANCO. In: Congresso das Ciências Agrárias, 2017.

ESTELLER, M. S.; LANNES S.C.S. Parametros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Cien. Tec. Alim.** 2005; 25(4):802-806.

EMBRAPA. Embrapa Agroindústria de Alimentos. **Sensorial**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/qualidade/sensorial>. Acesso em: 16 maio 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **International Year of Millets 2023 - Building momentum for the year**. 2022. Disponível em: <[https://media.un.org/en/asset/k1h/k1h0tqi7qq#:~:text=The%20International%20Year%20will%20\(i,t o%20achieve%20the%20other%20two](https://media.un.org/en/asset/k1h/k1h0tqi7qq#:~:text=The%20International%20Year%20will%20(i,t o%20achieve%20the%20other%20two)>. Acesso em: 02 jun. 2023.

NAMBIAR, V. S. *et al.* Potential functional implications of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in health and disease. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, p. 62-67, 2011.

OBADINA, A. O. *et al.* Changes in nutritional and physico-chemical properties of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) Ex-Borno variety flour as a result of malting. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 13, p. 4442-4451, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408390701719223>. Acesso em: 15 de jun. de 2023

PAREYT, B.; DELCOUR, J. A. The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 48, n. 9, p. 824-839, 2008.

PASQUALONE, A. *et al.* Production of extruded-cooked lentil flours at industrial level: Effect of processing conditions on starch gelatinization, dough rheological properties and techno-functional parameters. **LWT**, v. 147, p. ,2021.

ROCHA, D. S.; REED, E. Pigmentos naturais em alimentos e sua importancia para a saúde. **Estudos**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 76, 2014.

SANTOS, C. A. S. *et al.* Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa L. f*) com e sem adição de aveia (*Avena sativa L.*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 05, n. 01, p. 262-273, 2011.

SILVA, A. S. S. Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães confeccionados com diferentes quantidades de yacon. SILVA, ASS A raiz da yacon, p. 101-131, 2007.

SILVA, P. I. S. *et al.* Determinação físico-química e perfil de textura de bolacha tipo cream cracker. **Realize Editora - Anais I Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**. Campina Grande, 2016. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/17947>. Acesso em: 07 maio 2023.

SILVA, D. J. S.; HASHIMOTO, J. M.; SILVA, K. J. D. Características físicas de biscoitos contendo farinha de trigo, de arroz ou integral de feijão azuki. *In*: Congresso Nacional de Feijão-Caupi, 5., 2019, Fortaleza. **Anais [...]**, Fortaleza: Universidade Federal do Ceará: Embrapa Meio-Norte, 2019

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

TIWARI, B. K. *et al.* Effect of ozonization on the rheological and colour characteristics of hydrocolloid dispersions. **Food Research International**, Amsterdam, v. 41, n. 10, p. 1035-1043, 2008.

YADAV, G. P.; DALBHAGAT, C. G.; MISHRA, H. N. Effects of extrusion process parameters on cooking characteristics and physicochemical, textural, thermal, pasting, microstructure, and nutritional properties of millet-based extruded products: A review. **Journal of Food Process Engineering**, v. 45, n. 9, 2022.

CAPÍTULO 17

Avaliação das características físico-químicas, textura e estabilidade de géis proteicos formulados de diferentes proteínas

Talita Fernandes Ferreira*¹; Larissa Costa de Oliveira¹; Alejandra Paola Polanco Tabalera¹; Monalisa Andrade Pereira Dutra²

Resumo

Os géis proteicos são fontes promissoras quando se trata da substituição de gordura saturada nos produtos cárneos. Isso se deve pela crescente busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis e funcionais. São formulados pela combinação entre água, proteína, carboidrato e um sal. As proteínas utilizadas podem ser de origem animal ou vegetal, tendo a fonte vegetal ganhado bastante destaque nos últimos anos. Estas proteínas apresentam propriedades funcionais desejáveis como capacidade de emulsão, gelificação e capacidade de retenção de água, que são fatores de grande importância nos produtos cárneos que vão conferir a eles textura e características sensoriais desejáveis. Além disso, estudos relatam que a combinação destas proteínas com polissacarídeos conferem maior estabilidade ao gel formado, melhorando assim suas propriedades. O ágar, que é um polissacarídeo extraído de algas, foi escolhido devido a sua alta capacidade de gelificação. No presente trabalho foram utilizadas proteínas da ervilha, albumina, soja e *whey*, juntamente com o ágar e sal (NaCl) visando a avaliação dos géis formados e suas características físico-químicas em relação ao toucinho suíno, que é uma das principais gorduras utilizadas nos produtos emulsionados. Todos os géis apresentaram características satisfatórias mesmo com as variações apresentadas, sendo que o gel contendo a proteína da ervilha apresentou resultados mais próximos do toucinho, sendo assim um grande potencial como substituto de gordura nos produtos cárneos.

Palavras-chave: Ágar. Ervilha. Gel. Proteico. Toucinho.

Introdução

As proteínas não-cárneas geralmente são utilizadas como ingredientes funcionais na elaboração de pré-emulsões dos produtos cárneos, isto pelo fato das proteínas presentes no músculo não serem suficientes para garantir a estabilidade das emulsões quando há a substituição da gordura animal por

¹Mestranda – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

²Docente; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

*E-mail: talita-dtna-fernandes@hotmail.com

óleos vegetais (óleo gel), por exemplo (GONÇALVES *et al.*, 2022). Pesquisas vêm sendo realizadas na área dos alimentos funcionais para entender a natureza de alguns componentes, das proteínas, para melhorar suas funcionalidades como solubilidade, emulsão, formação de espuma e gelificação. A capacidade de formação de gel das proteínas tem sido considerada de grande importância para conferir estrutura e textura nos alimentos (NICOLAI; CHASSENIEUX, 2019.)

O toucinho é a gordura subcutânea, obtida de suínos, que contém grandes quantidades de lipídios totais. É composto por quantidades consideráveis de ácidos graxos saturados tendo assim a necessidade de redução do consumo. A *Food and Drug Administration* (FDA) e a União Européia (UE) determinaram que fossem estabelecidas novas estratégias em relação à produção de produtos que possuam alto conteúdo de gorduras saturadas e gordura trans (PINTO *et al.*, 2021; PACHECO *et al.*, 2023). Nesse sentido é um desafio para a indústria de alimentos desenvolverem alternativas que viabilizem a substituição ou redução parcial/total das gorduras saturadas nas matrizes alimentares mantendo as mesmas características que estas conferem ao produto final (DOMINGUES, 2022; PACHECO *et al.*, 2023).

A maioria dos sistemas de gelificação utilizados na indústria alimentícia é baseada em proteínas ou carboidratos. No entanto, alguns pesquisadores apontam que a gelificação sinérgica entre os carboidratos e a proteína melhoram características importantes, como a capacidade de retenção de água e resistência do gel, em comparação com géis formados apenas por proteínas expandindo assim a sua utilização em grau alimentício (KLOST; BRZESKI; DRUSCH, 2020; LE; RIOUX; TURGEON, 2017; WIJAYA *et al.*, 2017).

O processo de gelificação pode ser induzido por processo térmico (ciclo de calor e frio), carga (diferentes sais), força iônica (pH), tratamento enzimático e outros processamentos não térmicos como alta pressão e ultrassom (SHRESTHA *et al.*, 2023; XIA *et al.*, 2022) onde as propriedades viscoelásticas e de gelificação das proteínas estão diretamente relacionadas com o tipo de processo que será submetida, portanto, compreender as interações em cada tipo de processo permite o maior controle das propriedades de textura desejadas (SHRESTHA *et al.*, 2023).

Os polissacarídeos ou hidrocolóides são caracterizados como sendo polímeros hidrofílicos que podem ser derivados de várias fontes (plantas, animais, microbianos, entre outros). Estes são incorporados às formulações alimentícias para controlar a reologia e a estrutura e, na presença de água, incham aumentando seu volume arrastando água suficiente devido a sua concentração o que faz com que haja interação entre suas cadeias formando assim a rede gelificada (GONÇALVES *et al.*, 2022; O'SULLIVAN; O'MAHONY, 2016). O ágar é um polissacarídeo descrito como um dos principais constituintes da estrutura das paredes celulares de algumas algas, pertencentes à classe *Rhodophyceae* sendo a espécie *Gelidium sesquipedale* a mais utilizada para a extração e normalmente proporcionam

um ágar com maior capacidade de gelificação (MARTINEZ-SANZ, 2013) tendo sido utilizado comercialmente tanto nas indústrias alimentícia quanto farmacêuticas (LEE; LIM; LEOW, 2017; SUN *et al.*, 2018).

Proteínas de origem animal, que incluem a albumina da clara de ovo e as proteínas do soro do leite são agentes gelificantes comumente utilizados em vários alimentos processados (MUNIALO; EUSTON; JONGH, 2018; SHRESTHA *et al.*, 2023), porém com as restrições de oferta e custo, além da necessidade de atender ao público crescente com restrições alimentares, a substituição pelas proteínas de origem vegetal é incentivada (XIA *et al.*, 2022). A proteína de soja já é bastante utilizada pela indústria de alimentos como ingrediente suplementar. Possui alta capacidade de formação de gel por indução térmica (LI *et al.*, 2022; YANG *et al.*, 2023), porém, possuem baixa solubilidade o que limita suas propriedades de gelificação em muitos casos. A proteína da ervilha vem ganhando destaque pelas suas propriedades funcionais. Além de conter globulinas e albumina como principais constituintes (80 % da proteína total da semente), ainda possuem teor significativo de fibras alimentares (BARRA *et al.*, 2015; MORENO *et al.*, 2020).

A proteína isolada do soro do leite possui um elevado valor nutricional (GONÇALVES *et al.*, 2022). O teor de proteína no soro de leite processado (na faixa de 35 a 80 %) é conhecido como *Whey Protein* e, em sua purificação mais alta (> 90 %), é referido como Proteína Isolada do Soro de Leite e bem como as demais proteínas possuem boas características tecnológicas (CASTRO *et al.*, 2017; URIBE-ALVAREZ *et al.*, 2023) e para que haja a gelificação, a temperatura de aquecimento deve ser de no mínimo 85 °C (KRASULYA *et al.*, 2022). Já a albumina, também conhecida como albumina da clara de ovo (RAZI *et al.*, 2018), é também um ingrediente natural amplamente utilizado na indústria e sua gelificação é induzida pelo calor com temperatura próximo a 75 °C (NOH *et al.*, 2023; RAZI *et al.*, 2018).

Íons de sal favorecem a gelificação, uma vez que possuem a capacidade de alterar o estado de carga e a densidade de carga líquida absoluta das proteínas, incluindo a cinética de agregação e a estrutura do gel. Esses íons salinos modificam a carga na superfície da proteína, a repulsão eletrostática e a reação da proteína com o solvente, alterando assim, a extensão da agregação da cadeia peptídica. À medida que a força iônica aumenta, a densidade de carga eletrostática absoluta diminui o que aumenta a velocidade de agregação das proteínas e também da gelificação, tornando os agregados fractais em solução mais elevados e densos, possibilitando um gel com maior resistência (BRYANT; McCLEMENTS, 2000; JIANG; XIONG, 2013; WANG *et al.*, 2022).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo a elaboração de géis proteicos a base de proteína de ervilha, proteína da soja, proteína do leite (*whey protein*), proteína da albumina juntamente com o ágar e sal comercial para a análise do gel em comparação com o toucinho suíno avaliando suas

propriedades físico-químicas e de estabilidade com a finalidade de possível aplicação em produtos cárneos como substitutos parciais ou totais de gordura.

Material e Métodos

Elaboração dos géis

As proteínas utilizadas foram proteína da albumina (Probiótica), ervilha (Ingredientes Online), soja (Adicel - Belo Horizonte), *Whey Protein* (Probiótica), sal comercial (CISNE Tradicional) e água. A elaboração dos géis foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Ozturk-Kerimoglu (2021), com adaptações. Inicialmente os ingredientes foram pesados de acordo com as quantidades descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidades em gramas dos ingredientes utilizados para a formulação dos géis proteicos contendo proteína da albumina, ervilha, soja e *whey*

Ingredientes (g)	FA	FE	FS	FW
Albumina	4,8	-	-	-
Ervilha	-	4,8	-	-
Soja	-	-	4,8	-
<i>Whey</i>	-	-	-	4,8
Ágar	1,5	1,5	1,5	1,5
Água	91,7	91,7	91,7	91,7
NaCl	2,0	2,0	2,0	2,0

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FA: formulação contendo proteína da albumina; FE: formulação contendo proteína da ervilha; FS: formulação contendo proteína de soja; FW: formulação contendo proteína do *whey*.

Após a pesagem, realizou-se a mistura dos ingredientes secos, sendo a proteína (de acordo com a formulação), o ágar e o sal. A água foi adicionada aos poucos e houve homogeneização em um misturador modelo TE-102 Turratec (Tecnal) onde a velocidade foi ajustada para 500 rpm e após a adição de toda a água, a mistura foi homogeneizada durante 3 minutos com a velocidade novamente ajustada para 1.100 rpm. Após a homogeneização dos ingredientes foi feita a correção do pH. Para os géis contendo soja, ervilha e *whey*, o pH foi ajustado em 7,0 utilizando bicarbonato de sódio comercial. Para a albumina, o pH foi ajustado para 6,6 utilizando ácido ascórbico. Logo após, a mistura foi vertida em bécquer de vidro e levada para a chapa de aquecimento com agitador magnético, a temperatura de 99 °C até que o ponto frio atingisse a 90 °C, que é descrita por Sun *et al.* (2018) como sendo a temperatura

ótima de gelificação do ágar. A temperatura do ponto frio foi determinada com utilização de um termômetro com graduação até 100 °C. Após atingir a temperatura de 90 °C, o gel foi resfriado em temperatura ambiente (25 °C) e vertido em formas de gelo de silicone (visando que todos os géis possuíssem o mesmo diâmetro e altura) e foram armazenadas em uma BOD à temperatura de 4 °C durante 24 horas.

Análises físico-químicas

As análises foram realizadas nos laboratórios da Engenharia de Alimentos (ICT - UFVJM) seguindo metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008). Foram realizadas análises de pH e atividade de água.

Colorimetria

A cor instrumental foi determinada através de um colorímetro espectrofotométrico CM5- Konica (Minota, Hachioji, Japão), utilizando-se o iluminante D65, e ângulo de 10° para o observador, modo de calibração RSEX e o sistema de cor da escala CIELab. As amostras dos géis foram analisadas e os parâmetros quantificados foram: luminosidade (L^*) e tonalidade a^* e b^* . As leituras foram obtidas em nove replicatas por cada gel protéico elaborado.

Análise de Textura

O perfil de textura foi avaliado com auxílio do texturômetro *Stable Micro System TAXT Express* com sonda P-100, usando velocidade de pré-teste, teste, e pós-teste de, respectivamente, 1,0, 0,5 e 5,0 mm.s⁻¹. Cilindros de gel, em temperatura ambiente de aproximadamente 25 °C, com 20 mm de altura e 30 mm de diâmetro foram submetidos a duas compressões uniaxiais sucessivas, reduzindo em 30 % sua altura original. Os parâmetros de textura analisados foram dureza (N), elasticidade (%), coesividade (%), resiliência (%), gomosidade (N) e adesividade (N.s) (SANTOS *et al.*, 2020).

Estabilidade térmica e de centrifugação

A estabilidade térmica e de centrifugação foi determinada de acordo com as metodologias propostas por Ozturk, Urgu e Serdaroglu (2017) e Surh *et al.* (2007), com adaptações. Para a determinação da estabilidade térmica foram pesados e adicionados em tubos de Falcon, 10 g do gel e as

amostras foram submetidas a tratamento térmico em banho-maria à temperatura de 70 °C por 30 minutos. Logo após, os tubos foram levados para a centrífuga com agitação de 750 g durante 3 minutos. O exsudado liberado foi retirado e gotas que ainda se mantiveram dentro dos tubos foram retiradas das amostras com auxílio de uma pipeta de Pasteur com posterior pesagem da amostra final após o processo de centrifugação. A estabilidade térmica e de centrifugação (E), foi determinada de acordo com a Equação 1 (OZTURK-KERINMOGLU, 2021):

$$E(\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

sendo E a estabilidade térmica e de centrifugação dada em porcentagem, p_i a massa inicial do gel e p_f a massa final após o processo térmico e de centrifugação.

Análise Estatística

Todos os resultados obtidos foram avaliados através da Análise de Variância (ANOVA) e submetidos ao teste de Tukey a 5 % de significância, pelo programa estatístico STATISTICA® 7.0.

Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta as imagens dos géis obtidos, sendo, da direita para a esquerda os géis da proteína do *whey*, albumina, soja e ervilha, respectivamente.

Figura 1 - Fotografia dos géis proteicos elaborados com a adição de proteína do *whey*, albumina, soja e ervilha, respectivamente



Fonte: Dos autores, 2023.

Pelas imagens pode-se notar que as proteínas da albumina (FA) e o *whey* (FW) se coagularam formando um agregado no centro do gel. Neste estudo, a temperatura de gelificação foi utilizada como sendo 90° C e como visto anteriormente no trabalho, a temperatura de fusão da albumina e do *whey* é respectivamente 75 °C e 85 °C. Além disso, estudos relatam a necessidade de um pré-aquecimento da proteína de soja em pH distante do ponto isoelétrico e em baixa força iônica para a produção de agregados solúveis (WAN; LI; GUO, 2021).

Os resultados obtidos para os valores do pH, atividade de água e estabilidade térmica e de centrifugação, estão dispostos na Tabela 2. Os valores de pH apresentaram variação significativa entre todas as formulações, tendo o toucinho (T) apresentado o menor valor de pH e o gel formulado com proteína do *whey* (FW) o maior valor. Essa alta variabilidade entre as amostras pode se tornar uma limitação da utilização do gel na substituição de gordura. Segundo Wong *et al.* (2018), o aumento do pH nos produtos cárneos pode fazer com que as reações de oxidação sejam aceleradas, devido ao aumento das forças iônicas. Moreno *et al.* (2020) analisando dois diferentes isolados de proteína de ervilha com diferentes processos de obtenção, observaram que os valores de pH variaram de $6,40 \pm 0,01$ a $6,98 \pm 0,01$, mostrando uma tendência à neutralidade das proteínas. Em estudo realizado por Ozturk-Kerimoglu (2021), o valor do pH para o gel contendo proteína de ervilha e ágar foi de $6,93 \pm 0,01$ que é um valor menor em relação ao obtido no presente trabalho, porém com valor próximo do pH neutro, que segundo Moreno *et al.* (2020), são valores esperados e indicam um alto desenvolvimento das propriedades funcionais da proteína da ervilha que foram associadas em seu estudo às propriedades melhoradas de capacidade de retenção de água quando o gel é aplicado na matriz cárnea.

Tabela 2- Resultados obtidos para os valores de pH, Atividade de água (A_w) e estabilidade térmica e de centrifugação (E) dos géis elaborados

Tratamentos	pH	A_w	E (%)
FA	$7,92 \pm 0,12^d$	$0,98 \pm 0,00^a$	$92,8 \pm 0,01^{bc}$
FE	$8,82 \pm 0,04^b$	$0,98 \pm 0,00^a$	$90,0 \pm 0,01^c$
FS	$8,69 \pm 0,03^c$	$0,98 \pm 0,00^a$	$92,0 \pm 0,01^{bc}$
FW	$9,16 \pm 0,02^a$	$0,98 \pm 0,00^a$	$94,0 \pm 0,04^b$
T	$6,97 \pm 0,03^e$	$0,98 \pm 0,01^a$	$100 \pm 0,00^a$

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FA: formulação contendo proteína da albumina; FE: formulação contendo proteína da ervilha; FS: formulação contendo proteína de soja; FW: formulação contendo proteína do *whey*. T: dados do toucinho suíno.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A água presente nos alimentos pode apresentar-se na forma de molécula livre ou ligada ao substrato. A atividade de água (a_w) é um dos fatores intrínsecos dos alimentos sendo uma medida qualitativa que possibilita avaliar a disponibilidade de água livre que é suscetível a diversas reações (SALES *et al.*, 2023; SCOTT, 1957). A atividade de água (a_w) não apresentou variação estatística entre os géis e o toucinho, porém os valores de ambos são considerados elevados. Segundo Dala-Paula (2021) e Gonçalves (2022), a quantidade de água ligada na estrutura dos géis é alta, logo se tornam suscetíveis à contaminação e desenvolvimento de microrganismos, aumento das reações oxidativas e enzimáticas, que são problemas comuns relatados nos produtos cárneos.

A estabilidade de centrifugação é determinada logo após o preparo dos géis para avaliar a resistência do gel formado à força centrífuga. A estabilidade variou entre 90 % a 94 % tendo o gel a base de proteína da *whey* (FW), apresentado estabilidade mais próxima do toucinho (T). Para todos os géis analisados, não houve separação de fase após a centrifugação, bem como após o aquecimento. Essa estabilidade pode estar associada às propriedades funcionais das proteínas, em particular à ervilha, bem como a boa interação entre as proporções do ágar e a proteína no complexo formado no gel o que promove a consistência desejada e um gel mais forte (OZTURK-KERIMOGLU, 2021).

Os parâmetros de cor avaliados estão listados na Tabela 3. A cor do gel influencia diretamente no produto final onde será aplicado podendo tornar-se um desafio tecnológico para sua utilização (NACAK *et al.*, 2021) se a mudança for muito significativa o que levaria a rejeição do produto pelo consumidor.

Tabela 3 - Resultados de cor obtidos para os parâmetro L* (luminosidade), a* (índice de vermelho) e b*(índice de amarelo) dos géis proteicos

Tratamentos	L*	a*	b*
FA	55,4 ± 1,00 ^c	-1,0 ± 0,30 ^d	19,9 ± 1,40 ^a
FE	54,4 ± 0,47 ^c	1,17 ± 0,10 ^c	12,9 ± 0,35 ^c
FS	58,2 ± 0,90 ^b	0,8 ± 0,10 ^c	20,7 ± 0,50 ^a
FW	46,2 ± 1,30 ^d	3,5 ± 0,30 ^a	17,7 ± 0,80 ^b
T	80,6 ± 0,90 ^a	2,77± 0,46 ^b	11,9± 0,26 ^d

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FA: formulação contendo proteína da albumina; FE: formulação contendo proteína da ervilha; FS: formulação contendo proteína de soja; FW: formulação contendo proteína do *whey*. T: dados do toucinho suíno.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Houve variação ($p < 0,05$) entre todos os géis e também em relação ao toucinho. Quando comparado com o toucinho, todos os géis apresentam valor de L* menor, mostrando um tom mais escuro e amarelado (maiores valores de b*). O tom amarelado pode ser justificado pela coloração das fontes protéicas utilizadas, principalmente para as proteínas de soja, albumina e *whey* (géis que apresentaram os maiores valores).

A cor do gel de albumina (FA) foi ligeiramente mais esverdeada ($a^* -1,0 \pm 0,3$) em vez de avermelhada como os valores observados para o gel de *whey* (FW) e o toucinho (T) respectivamente ($3,5 \pm 0,3$ e $2,77 \pm 0,46$), o que é desejável. As características de coloração dos géis e suas diferenças quando comparadas ao toucinho, podem causar alterações quando aplicados nos produtos cárneos, causando uma diminuição no valor de a* no produto final que ocasiona a diminuição da cor vermelha característica dos produtos (GONÇALVES, 2022).

Ozturk-Kerimoglu (2021) encontrou valores para os parâmetros de cor bem próximos aos observados no presente trabalho, sendo estes valores de $58,10 \pm 0,05 L^*$, $0,14 \pm 0,04 a^*$ e $14,73 \pm 0,06 b^*$ onde também analisou o gel proteico a base da proteína de ervilha, mostrando que o processo de produção não altera as características do produto.

A Análise de Perfil de Textura (TPA) é utilizada para medir e avaliar as propriedades de textura de um produto (FUNAMI; NAKAUMA, 2022). A dureza e a elasticidade são importantes parâmetros da textura que são comumente utilizados para avaliar a qualidade de um gel, uma vez que estão diretamente relacionados à percepção sensorial de produtos alimentícios (ZHANG, *et al.*, 2019). A Tabela 4 apresenta os dados obtidos para os géis elaborados.

Tabela 4 - Resultados da análise de perfil de textura para os géis proteicos onde os parâmetros de textura analisados foram dureza (N), elasticidade (%), coesividade (%), resiliência (%), gomosidade (N) e adesividade (N.s)

Tratamentos	FA	FE	FS	FW	T
Dureza	$7,34 \pm 0,28^a$	$5,42 \pm 0,23^c$	$5,39 \pm 0,32^c$	$6,29 \pm 0,34^b$	$3,17 \pm 0,47^d$
Adesividade	$-0,07 \pm 0,0^a$	$-0,09 \pm 0,01^a$	$-0,06 \pm 0,02^a$	$-0,03 \pm 0,0^a$	$-0,36 \pm 0,11^b$
Elasticidade	$0,70 \pm 0,10^a$	$0,72 \pm 0,07^a$	$0,70 \pm 0,03^a$	$0,71 \pm 0,05^a$	$0,44 \pm 0,07^b$
Coesividade	$0,45 \pm 0,03^a$	$0,35 \pm 0,02^d$	$0,41 \pm 0,03^{bc}$	$0,43 \pm 0,04^{ab}$	$0,38 \pm 0,03^c$
Gomosidade	$3,31 \pm 0,21^a$	$1,88 \pm 0,14^c$	$2,21 \pm 0,27^c$	$2,73 \pm 0,36^b$	$1,24 \pm 0,19^d$
Mastigabilidade	$226,1 \pm 22,9^a$	$137,5 \pm 18,6^b$	$158,5 \pm 20,4^b$	$197,5 \pm 36,0^a$	$81,1 \pm 15,6^c$
Resiliência	$0,17 \pm 0,01^a$	$0,12 \pm 0,02^c$	$0,15 \pm 0,02^b$	$0,18 \pm 0,02^a$	$0,06 \pm 0,00^d$

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: FA: formulação contendo proteína da albumina; FE: formulação contendo proteína da ervilha; FS: formulação contendo proteína de soja; FW: formulação contendo proteína do *whey*; T: dados do toucinho suíno.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A dureza é relativa à força necessária para a deformação de um produto e na boca é percebida pela compressão entre os dentes para o produto sólido e entre a língua para semi-sólidos. Já a gomosidade avalia a força necessária para desintegrar o alimento até o ponto de deglutição (ABNT, 2021). Durante a análise de textura, foi possível observar que, ao ser comprimido o gel libera uma quantidade de água o que seria benéfico em um produto cárneo contribuindo assim para sua suculência. Avaliando estes dois parâmetros, os géis a base de ervilha (FE) e soja (FS) são semelhantes e diferem do restante dos géis obtidos e do toucinho (T). Os géis a base de albumina (FA) e *whey* (FW) mostram valor de dureza superior ao do toucinho. Estes valores mais altos podem ser justificados pela interação proteína-proteína ter sido mais forte o que favorece a formação de géis mais duros e com menor capacidade de retenção de água (PAZ; NETTO, 2006) e como observado no presente trabalho, ambos

os géis apresentaram a menor estabilidade térmica e de centrifugação dentre os analisados.

Para a adesividade e elasticidade, não houve variação entre os géis, porém, variaram em relação ao toucinho (T) que possui valores menores quando comparado com os géis desenvolvidos, mostrando que há uma maior força necessária para remover o gel e maior velocidade de recuperação do mesmo quando submetido à força de compressão.

Quanto à resiliência e mastigabilidade, os valores encontrados variaram de $0,12 \pm 0,02$ a $0,18 \pm 0,02$ para a resiliência (ervilha (FE) e o *whey* (FW), respectivamente) e de $137,5 \pm 18,6$ a $226,1 \pm 22,9$ para a mastigabilidade (ervilha e albumina respectivamente). Para os dois parâmetros descritos, os géis de albumina (FA) e *whey* (FW) foram semelhantes entre si, porém diferiram das demais amostras, e para a mastigabilidade o gel de ervilha (FE) e soja (FS), apresentaram semelhança, porém todos diferiram em relação ao toucinho (T), mostrando que a mudança da proteína adicionada promove características diferentes no gel. O gel que mais se aproximou do toucinho (T) foi o gel contendo a proteína da ervilha (FE). LV *et al.* (2022), observaram valores de resiliência variando entre $0,27 \pm 0,01$ a $0,53 \pm 0,01$ para gel a base de proteína isolada de soja com diferentes concentrações de adição de fibra dietética de soja com variação na granulometria, que são valores maiores que os observados no presente trabalho e maiores em relação ao toucinho. Para a mastigabilidade, o gel com adição de 10 % de fibra dietética apresentou valor de $138,61 \pm 4,90$ que é semelhante com o valor observado para o gel com adição de proteína de ervilha do presente trabalho.

A concentração de proteínas adicionadas é um fator relevante para o presente estudo. Glibowski (2009) observou que a concentração das proteínas do leite interfere no processo de gelificação. Segundo ele, as proteínas do soro em baixas concentrações (1 - 4 %) não foram capazes de formar um gel; além disso, essas baixas concentrações prejudicaram parcial ou totalmente a formação de um gel de inulina firme. No presente trabalho, a formação do gel para estas proteínas (albumina e *whey*) pode ser atribuída à presença do ágar, que possui ação gelificante independentemente da presença de proteína, mostrando assim, que em trabalhos futuros, seja necessária uma melhor compreensão dos parâmetros físico-químicos das proteínas, visando à formação de um gel mais homogêneo e com melhores características de textura.

Conclusão

Os géis a base de proteínas animais e vegetais do presente trabalho são uma fonte promissora para a substituição de gordura saturada nos produtos cárneos, pois podem proporcionar uma melhora no seu perfil de gordura fornecendo um alimento mais saudável e funcional. De forma geral, o gel a base de proteína de ervilha (FE) apresentou as melhores características tanto físico-químicas quanto de

textura se comparada ao toucinho, mostrando ser um potencial na substituição da gordura animal nos produtos cárneos.

Mesmo que as características dos géis sejam próximas ao toucinho, faz-se necessário a aplicação dos mesmos nos produtos cárneos para avaliar seu real comportamento. Porém, quanto maior a semelhança é esperada que a substituição mantenha e/ou melhore as características do produto final.

Agradecimentos

Agradecemos aos Laboratórios da Engenharia de Alimentos - UFVJM, ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - UFVJM e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 11036**: Análise sensorial-Metodologia-Perfil de textura. Rio de Janeiro, 21 p. 2º Ed., 2021

BARAC, M. B. *et al.* Techno-functional properties of pea. **Acta Periodica Technologica**, v. 46, n. 46, p. 1–18, 2015.

BRYANT, C. M.; McCLEMENTS, D. J. Influência de NaCl e CaCl₂ na Gelificação Cold-Set de Whey Protein desnaturada pelo calor. **Journal Food and Science**, v. 65, p. 801-804, 2000.

CASTRO, R. J. S de. *et al.* Whey protein como componente chave em sistemas alimentares: propriedades físico-químicas, tecnologias de produção e aplicações. **Food Structure**, v. 14, p. 17-29, 2017.

DOMINGUES, A. D. **Substituição de gorduras trans como alternativa tecnológica na indústria de alimentos: uma revisão**. 2022. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Estadual de Educação Tecnológica, Faculdade de Tecnologia de Marília, Marília, 2022.

FUNAMI, T.; NAKAUMA, M. Instrumental food texture evaluation in relation to human perception. **Food Hydrocolloids**, v. 124, 2022.

GLIBOWSKI, P. Rheological properties and structure of inulin-whey protein gels. **International Dairy Journal**, v. 19, p. 443-449, 2009.

GONÇALVES, B. N. A. *et al.* Emulsion gels as a substitute for saturated fat in meat products. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. 10, 2022.

HETTIARACHCHY, N. *et al.* Gelling of plant based proteins. **Product Design and Engineering**, p. 221-245, 2013.

IAL - INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4 ed. Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

JIANG, J.; XIONG, Y. L. Extreme pH treatment enhances the structure-reinforcement role of soy protein isolate and its emulsions in pork myofibrillar protein gels in the presence of microbial transglutaminase. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 469-476, 2013.

KLOST, M.; BRZESKI, C.; DRUSCH, S. Effect of protein aggregation on rheological properties of pea protein gels. **Food Hydrocolloids**, v. 108, n. 13, 2020.

KRASULYA, O. N. The effects of ultrasonic treated whey on the structure formation in food systems based on whey in combination with pectin and agar-agar. **Ultrasonics Sonochemistry**. v. 88, 2022.

LEE, W. K.; LIM, Y. Y.; LEOW, A.T. C. Fatores que afetam o rendimento e as propriedades de gelificação do ágar. **J. Appl. Phycol.** v. 29, p. 1527–1540, 2017.

LE, X. T.; RIOUX, L. E.; TURGEON, S. L. Formation and functional properties of protein-polysaccharide electrostatic hydrogels in comparison to protein or polysaccharide hydrogels. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 239, p. 127–135, 2017.

LI, M.; LI, B.; ZHANG, W. Rapid and non-invasive detection and imaging of the hydrocolloid-injected prawns with low-field NMR and MRI. **Food Chemistry**. v. 242, p. 16-21, 2018.

LI, M. *et al.* Effect of flow-frequency and high-intensity ultrasonic treatment combined with curdlan gels on the thermal gelling properties and structural properties of soy protein isolate. **Food Hydrocolloids**. v. 127, 2022.

LOZOBER, H. S.; OKUN, Z.; SHPIGELMAN, A. The impact of high-pressure homogenization on thermal gelation of *Anthrospiraplatensis* (Spirulina) protein concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 74, p. 10, 2021.

LV, Y. *et al.* Influence of soy bean dietary fiber with varying particle sizes and transglutaminase on soy protein isolate gel. **Food Research International**. v. 161, 2022.

MASIÁ, C. *et al.* Plant lipid sources in fermented pea protein gels: Emulsion stability and gel microstructure. **LWT**, v. 182, p. 9, 2023.

MORENO, H. M. *et al.* Evaluation of gels made with different commercial pea protein isolate: Rheological, structural and functional properties. **Food Hydrocolloids**. v. 99, 2020.

MUNIALO, C. D.; EUSTON, S. R.; JONGH, H. H. Cap. 19 - Protein gels. *In*: YADA, R. Y (Org). **Food Science, Technology and Nutrition**, p. 501-121, 2018.

NACAK, B. *et al.* Peanut and linseed oil emulsion gels as potential fat replacer in emulsified sausages. **Meat Science**. v. 176, 2021.

NICOLAI, T.; CHASSENIEUX, C. Heat-induced gelation of plant globulins. **Current Opinion in Food Science**. v. 25, p. 18-22, 2019.

NOH, S-W. *et al.* Incorporation of soy protein isolate and egg-white protein to improve nutritional value and hardness of gelatin gels for the elderly. **Food Bioscience**, v. 53, p. 8, 2023.

OZTURK, B.; URGU, M.; SERDAROGLU, M. Egg White powder-stabilised multiple (water-in-olive oil-in-water) emulsions as beef fat replacers in model system meat emulsions. **Journal of Science, Food and Agriculture**. v. 97, p. 2075-2083, 2017.

OZTURK-KERIMOGLU, B. A promising strategy for design in reduced-fat model meat emulsions by utilization of pea protein, agar-agar gel complex. **Food Structure**. v. 29, 2021.

O'SULLIVAN, J. J.; O'MAHONY, J. A. "Food Ingredients". In **Reference Module in Food Science**, Elsevier, 2016.

PAZ, J. C. S. N.; NETTO, F. M. Caracterização estrutural e funcional de géis simples e mistos de isolados proteicos de soja e de soro de leite. **Journal of Food and Technology**. 2006.

PACHECO, C. O. *et al.* Cap. 8. Oleogel como substituto de gorduras hidrogenadas em diferentes matrizes alimentares. In: SOUZA, P. M; BENIAICHI, A; CRUZ, A. V. (Org). **Futuro da ciência e tecnologia de alimentos: inovação para alimentar 10bi em 2050**. Diamantina: Even 3, 2023, v. 2, p. 103-114.

PINTO, T. C. *et al.* Oleogel-based systems for the delivery of bioactive compounds in foods. **Gels**, v. 7, n. 3, p. 86, 2021.

RAZI, S. M. *et al.* The effect of basil seed gum (BSG) on the rheological and physicochemical properties of heat-induced egg albumin gels. **Food Hydrocolloids**. v. 82, n. September 2018, p. 268-277, 2018.

SALES, L. A. *et al.* Emulsões géis de azeite de oliva e carragena como substituto de gordura. In: II Simpósio Online Sulamericano de Tecnologia, Engenharia e Ciência de Alimentos, 2., 2023, Diamantina. **Anais Eletrônicos [...]** Diamantina: UFVJM, 2023. Disponível em: www.even3.com.br/Anais/tecali2023/625552-EMULSOES-GEIS-DE-AZEITE-DE-OLIVA-E-CARRAGENA-COMO-SUBSTITUTO-DE-GORDURA. Acesso em: 24 jun. 2023.

SANTOS, M. *et al.* Food Science and Technology Emulsion gels based on pork skin and dietary fibers as animal fat replacers in meat emulsions :An adding values strategy to by products. **LWT - Food Science and Technology**. v. 120, p. 108895, 2020.

SCOTT, W. J. Water relation of food spoilage microorganisms. **Advances in Food Research**, v. 7, p. 83-127, 1957.

SHRESTHA, S. *et al.* Rheological and textural properties of heat-induced gels from pulse protein isolates: Lentil, mung bean and yellow pea. **Food Hydrocolloids**, v. 143, p. 13, 2023.

URIBE-ALVAREZ, R. *et al.* Evaluation of ionic calcium concentration on heat and cold induced gelation of whey protein isolate gels as a potential food formulation for 3D food printing. **Food Hydrocolloids**, v. 142, 2023.

SUN, J. *et al.* Food Hydrocolloids Formation and structural properties of acid-induced casein agar double networks: Role of gelation sequence. **Food Hydrocolloids**, v. 85, p. 291-298, 2018.

SURH, J. *et al.* Preparation and Characterization of Water/Oil and Water/Oil/ Water Emulsions Containing Biopolymer-Gelled Water Droplets. **Journal , Agriculture, Food and Chemistry**, v. 55, n. 1, p. 175-84, 2007.

WAN, Y.; LI, Y.; GUO, S. Characteristics of soy protein isolate gel induced by lucono- δ -lactone: Effects of the protein concentration during preheating. **Food Hydrocolloids**, v. 113, 2021.

WIJAYA, W. *et al.* Functional colloids from proteins and polysaccharides for food applications. **Trends in Food Science and Technology**, v. 68, p. 56-69, 2017.

WONG, D. W. S. Mechanism and theory in food chemistry. **[S.I.]**, v. 36, 2018.

XIA, W. *et al.* Acid-induced gels from soy and whey protein thermally-induced mixed aggregates: Rheology and microstructure. **Food Hydrocolloids**, v. 125, 2022.

YANG, J. *et al.* Structural characterization of soy protein hydrolysates and their transglutaminase-induced gelation properties. **LWT**, v. 179, p. 10, 2023.

ZHANG, M. *et al.* Preparation and characterization of hen egg proteins-soy bean protein isolate composite gels. **Food Hydrocolloids**, v. 97, n. 105191, 2019.

ZHANG, C. *et al.* Food Hydrocolloids Development of aqueous protein / polysaccharide mixture-base dinks for 3D printing to wards food applications. **Food Hydrocolloids**, v. 131, p. 107742, 2022.

ZHOU, H. *et al.* Modification of textural attributes of potato protein gels using salts. **Food Hydrocolloids**, v. 144, p. 12, 2023.

CAPÍTULO 18

Percepções do consumidor sobre propostas de embalagens de barra de cereais produzidas com farinha do coproduto da agroindústria de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata*)

Tatiane Pereira da Silva¹; Debora Maria Barbosa Souza¹; Lilian Karoline Souza Fernandes¹; Roberto Angelo Ferreira Nascimento¹; Mariuze Loyanny Pereira Oliveira²; Juliana Pinto de Lima*³

Resumo

A embalagem desempenha um papel fundamental, pois além de proteger os alimentos, é uma ferramenta de marketing que influencia a decisão de compra dos consumidores. No setor alimentício, aspectos como cor, ilustrações, textura e informações presentes nas embalagens são considerados importantes para despertar o interesse dos consumidores. A barra de cereal tem se destacado como um produto viável e nutritivo, devido à sua praticidade e composição que geralmente inclui cereais, frutas desidratadas, proteínas e fibras. O maracujá-do-mato, uma fruta comum na região semiárida do Brasil, possui propriedades antioxidantes e pode ser utilizado como matéria prima para diferentes produtos, como geleias e sucos. Além disso, seus subprodutos, como a farinha da casca e as sementes, têm sido aproveitados em alimentos e na indústria farmacêutica. Este estudo teve como objetivo avaliar o comportamento do consumidor e suas preferências em relação a diferentes tipos de embalagens para a barra de cereal de maracujá do mato, por meio de análise sensorial. O estudo foi realizado em três etapas: reuniões de grupo de foco, teste de preferência entre duas embalagens distintas e teste de aceitação da embalagem escolhida. Todas etapas foram realizadas via internet, sendo as entrevistas dos grupos de foco pelo Google Meet e os questionários aplicados pelo Google Forms. Todos participantes concordaram em participar da pesquisa aceitando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido registrado no Comitê de Ética. Os resultados mostraram que os consumidores preferem embalagens nas cores verde e amarela para a barra de cereal de maracujá-do-mato, demonstrando uma preferência por embalagens padronizadas. Apesar da aceitação positiva, os consumidores expressaram preocupação com a sustentabilidade e o uso excessivo de subembalagens.

Palavras-chave: Avaliação Sensorial. Embalagem Atraente. Frutos do Cerrado. Inovação.

¹ Discente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

² Técnico Administrativo. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Docente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: juliana-pinto-lima@ica.ufmg.br

Introdução

A embalagem é uma envoltura ou recipiente que contém produtos temporariamente, individualmente ou em unidades, e que tem a função de protegê-lo e ampliar o tempo de armazenamento de modo a viabilizar a distribuição, identificação e consumo (ABRE, 2018). Ao cumprir essas funções contribuem também para a diminuição do desperdício de alimentos (COLES 2003; VERGHESE *et al.* 2013).

A embalagem é um dos principais fatores na construção de uma marca, contribui diretamente para a criação de sua identidade e o aumento das vendas. A utilização estratégica da embalagem e do rótulo, visando atrair a atenção do consumidor, comunicar de forma eficaz os benefícios do produto diretamente na prateleira da loja, representa uma vantagem competitiva e significativa. Segundo Viana *et al.* (2022) as embalagens destacam-se no setor alimentício, pois, além de contribuírem para a proteção do alimento, tendem a estimular o desejo de compra, por isso, aspectos como cor, ilustrações, textura e informações, são características importantes, porque esses atributos são utilizados pela indústria como ferramenta de marketing.

Desta forma, a embalagem tem se tornado objeto de estudo, pois deixou de ser apenas um recipiente para acondicionar e proteger o alimento de fatores externos, transformando-se em uma estratégia de marketing. É importante observar como a embalagem influencia a escolha do produto e a decisão de compra por parte do consumidor (FREITAS; SILVA; DELLA LUCIA, 2020).

As embalagens devem atender requisitos técnicos que variam de acordo com o produto. No caso das embalagens para barras de cereal é necessário proteger as barras de danos físicos, ter barreiras eficientes contra umidade e oxigênio, garantir uma vedação adequada, ser feita com materiais seguros para alimentos, exibir informações claras de rotulagem, permitir abertura e fechamento fáceis, ser visualmente atraente, prática e portátil, além de considerar a sustentabilidade. Esses requisitos garantem a integridade do produto, a segurança alimentar, a conveniência para o consumidor e o apelo no mercado (GIRELLI, *et al.*, 2022).

Em decorrência de sua praticidade as barras de cereais vêm conquistando cada vez mais consumidores. As formulações de tais produtos costumam incluir uma mistura de cereais e frutas desidratadas contendo proteínas e fibras, que tornam o produto nutritivo, além de possuir ampla aceitação sensorial pelo mercado consumidor (CARVALHO; CONTI-SILVA, 2018).

Novos ingrediente e alimentos têm sido “descobertos” pelo consumidor na busca por um estilo de vida mais consciente e equilibrado. Nesse sentido, a biodiversidade de espécies nativas do Brasil expressa um grande potencial a ser usufruído na indústria alimentícia, na farmacêutica, na produção de defensivos, entre outros (SANTOS *et al.*, 2012). Ademais, na região semiárida do Brasil, um dos frutos

que apresentam ocorrência frequente e espontânea é o maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.). Cerca de 90 % das 400 espécies do gênero *Passiflora* são oriundas das regiões tropicais e subtropicais do globo, sendo o maior foco de abastecimento geográfico o Centro-Norte do Brasil. Além disso, os mais de 150 gêneros encontrados e distribuídos geograficamente no Brasil são divididos em quatro: *Ancistrothyrus* Harms, *Dilkea* Mast, *Mitostemma* Mast e *Passiflora* (BERNACCI *et al.*, 2014).

O maracujá-do-mato tem ação antioxidante, que previne o envelhecimento precoce. Ele pode ser utilizado na produção de geleias ou consumido in natura como suco ou polpa. Os resíduos do maracujá são amplamente utilizados como matéria-prima para subprodutos, como pães, biscoitos e sorvetes. As sementes remanescentes do processo de produção da polpa podem ser utilizadas na alimentação animal ou para extração de óleos. É uma fruta rica em pectina, fibras, carboidratos, vitaminas e óleos, o que o torna um ingrediente valioso para o desenvolvimento de produtos, como barras de cereais (PAIVA; SANTOS, 2021).

O reaproveitamento de resíduos e por parte da indústria de alimentos tem sido uma prática cada vez mais valorizada na fabricação de novos produtos. A abordagem não apenas reduz o desperdício, mas também agrega valor, contribui para a sustentabilidade e a economia circular. Além disso, ao utilizar a torta em novos produtos, a indústria amplia a diversidade de alimentos disponíveis, oferecendo opções mais saudáveis e sustentáveis. Os consumidores modernos estão se tornando cada vez mais conscientes dos benefícios percebidos dos alimentos para a saúde, optando por uma alimentação mais equilibrada e nutritiva (SAJDAKOWSKA; TEKIEŃ, 2019; SEBRAE, 2022).

Portanto, este trabalho teve como objetivo, avaliar o comportamento do consumidor e suas preferências em relação a diferentes tipos de embalagens para de barra de cereais produzidas com farinha do coproduto da agroindústria de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata*), através de análise sensorial.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida em três etapas: reuniões de grupo de foco, teste de preferência entre duas embalagens diferentes e teste de aceitação da embalagem escolhida. Todos os consumidores que participaram da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), seguindo as diretrizes do Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG, registrado sob o número CAAE: 97454718.1.0000.5149.

A primeira etapa do estudo envolveu a coleta de dados por meio de um questionário preliminar, que foi realizado de forma remota. As embalagens foram desenvolvidas considerando as informações coletadas. Sendo duas opções de embalagens externa e três embalagens individuais destas, duas com

mesmo design das externas, a terceira opção foi colocada para avaliar o comportamento do consumidor diante da possibilidade das barras serem embaladas apenas em plástico transparente. A única variável utilizada foi a cor, com opções de verde, amarelo e marrom claro. O layout da embalagem (Figura 1) foi criado utilizando o programa Canva® (CANVA®, 2.217.0) e, posteriormente, convertido em imagens utilizando o Adobe®.

Para determinar a embalagem de barra de cereal com farinha do coproduto da agroindústria de maracujá-do-mato preferida pelos consumidores, foi utilizado o teste discriminativo de comparação pareada (158/IV) de acordo com a Norma do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Dimension® (ADOBE®, 2021a) e o Adobe Illustrator® (ADOBE®, 2021b).

A segunda etapa foi o teste de preferência, cada participante recebeu um questionário no qual avaliou simultaneamente as amostras e indicou sua ordem de preferência, utilizando o método 158/IV conforme descrito nas diretrizes do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Os resultados do teste de preferência foram obtidos por meio do cálculo da porcentagem de respostas para cada opção, levando em consideração o número total de participantes e quantos deles selecionaram cada resposta. Além disso, no mesmo formulário do Google Form, foram coletados dados socioeconômicos dos participantes, juntamente com informações sobre seus hábitos de consumo de maracujá do mato e suas preferências em relação às embalagens. Os questionários foram aplicados durante o período de 30 de maio a 7 de junho de 2023.

Figura 1 - Imagem ilustrativa do layout utilizado para as embalagens externas de barra de cereal de maracujá do mato



Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Layout utilizado para a parte da frente (imagem à esquerda e central) e do verso da embalagem (imagem à direita).

Figura 2 - Imagem ilustrativa do layout utilizado para embalagem individuais para a barra de cereal de maracujá do mato



Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Layouts utilizado para embalagens individuais com mesmo design da embalagem externas (imagens à esquerda e central) e embalagem transparente (imagem à direita).

A análise dos resultados baseou-se na relação entre o número total de avaliações e o número de avaliações corretas. Caso o número de avaliações corretas atingisse ou superasse o valor tabelado (teste unilateral ≥ 61 respostas em 100 avaliadores), concluímos que há uma diferença significativa entre as amostras, com um nível de probabilidade de 5 %. Utilizamos o teste unilateral porque já tínhamos conhecimento prévio de que existia uma diferença entre as amostras, e nosso objetivo era determinar se essa diferença era perceptível (IAL, 2008).

A última etapa foi o teste de aceitabilidade (método 158/IV) realizado por meio de formulários elaborados no Google Forms. Esse teste emprega uma escala hedônica de nove pontos, variando de "1 - desgostei extremamente" a "9 - gostei extremamente". Para calcular o Índice de Aceitabilidade (I.A), utilizamos a seguinte fórmula: $IA (\%) = A \times 100/B$, onde A representa a média das pontuações atribuídas ao produto e B é a pontuação máxima possível para o produto.

Resultados e Discussão

A análise dos resultados obtidos por meio dos grupos focais revelou que as cores que mais remetem ao fruto maracujá-do-mato na embalagem são verde claro e amarelo claro. Cada uma dessas cores recebeu 28 % das indicações. A combinação de verde e amarelo obteve 20 % das indicações. As demais opções de cores foram distribuídas da seguinte forma: 8 % marrom e amarelo, 4 % amarelo com roxo e 4 % transparente, além disso, 8 % dos participantes não expressaram opinião. O grupo de foco é uma das mais populares formas de pesquisa com consumidores, e é definido como uma entrevista cuidadosamente planejada, com o objetivo de obter as atitudes e as opiniões das pessoas a respeito de determinados assuntos, produtos ou serviços (DELLA LUCIA; MINIM, 2006).

O teste de preferência teve a participação de 100 consumidores. Na Tabela 1, observa-se a distribuição por faixa etária, gênero, renda e grau de instrução como um público jovem.

Ao perguntar aos consumidores se eles conhecem o fruto maracujá do mato, constatou-se que 63% afirmaram não conhecer o fruto, enquanto 29% afirmaram conhecê-lo e 8% responderam talvez.

Em relação aos hábitos de consumo, verificou-se que 72% dos participantes afirmaram nunca ter consumido o fruto, 26% consomem o fruto menos de uma vez por mês e apenas 2% consomem o fruto uma vez por mês. Quanto ao já terem consumido algum produto elaborado com o fruto, 56% dos participantes nunca consumiram, 17% já consumiram e 27% responderam talvez.

Tabela 1 - Resumo das características demográficas dos participantes do teste de preferência

Variáveis demográficas	Classes	%
Gênero	Feminino	50,0
	Masculino	50,0
Faixa etária (anos)	18 - 30	88,0
	31 - 40	4,0
	41 - 50	7,0
	51 - 60	0,0
	> 60	1,0
Escolaridade	Ensino médio completo	11,00
	Ensino superior incompleto	74,00
	Ensino superior completo	3,00
	Pós-graduação incompleto	2,00
	Pós-graduação completo	10,00
Renda familiar mensal (salários mínimos)	Nenhuma renda	2,00
	<1	8,00
	1 a 3	24,00
	3 a 6	26,00
	6 a 10	21,00
	>10	19,00

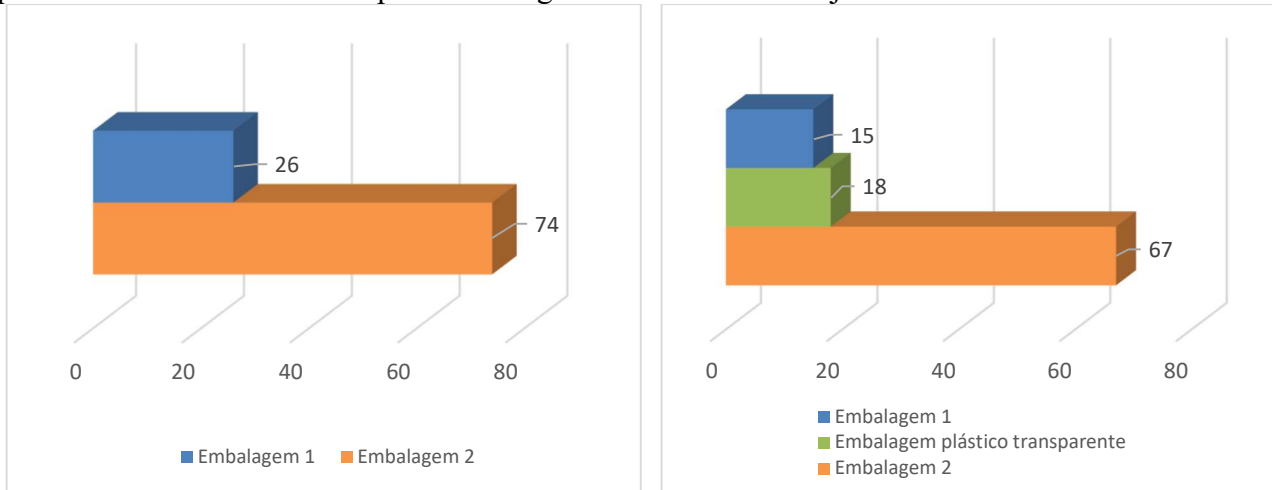
Fonte: Dos autores, 2023.

Os resultados do teste de preferência para a embalagem podem ser observados na Figura 3. Os consumidores demonstraram preferência pela embalagem 2 tanto para a embalagem externa quanto para as embalagens individuais.

A embalagem individual somente plástico transparente, foi colocada em apreciação para avaliar o comportamento dos consumidores. Desta forma, alguns consumidores expressaram sua opinião: "Não gosto de embalagem transparente, parece sujo ou em contato com o ambiente e não quero comer isso" outro consumidor relatou "Acho estranho somente o plástico transparente além disso, comprando mais de uma posso dar a outras pessoas, seria mais interessante com a embalagem completa para ela ter as

informações da barra de cereal”. Em contraponto alguns consumidores fizeram sugestões, como: “Primeiramente o argumento de venda se dá pela embalagem principal, não sendo necessário o design nas internas. Acredito que a embalagem transparente seja menos maléfica ao meio ambiente. Porém se ao invés de três unidades, viessem em grandes quantidades (10, por exemplo), seria viável utilização do mesmo design na 2ª embalagem”.

Figura 3 - Resultado do teste de preferência para a embalagem externa e interna da barra de cereais produzidas com farinha do coproduto da agroindústria de maracujá-do-mato



Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Imagem à esquerda resultado da embalagem externa; imagem à direita resultado da embalagem interna.

Após definir a embalagem, foi realizado um estudo de aceitabilidade da mesma, o teste teve 166 participantes, o perfil dos consumidores está disposto na Tabela 2, em relação às variáveis faixa etária, gênero, renda e grau de instrução.

Foi perguntado aos participantes se eles conheciam o fruto maracujá-do-mato, 63,86% dos participantes afirmaram que não conhecem o fruto, já 30,72% afirmam conhecer e apenas 5,42% responderam talvez. Quanto ao hábito de consumo do fruto, 75,30% afirmaram nunca ter consumido nenhum produto elaborado com maracujá do mato, 15,66% afirmaram já ter consumido e apenas 9,04% talvez. Sobre a frequência de consumo 70,2% nunca consumiu maracujá do mato, 28,1% consomem menos de uma vez ao mês e 1,8% uma vez ao mês. Diante da caracterização do consumo destes consumidores é possível verificar que eles tiveram pouco contato com o fruto, isso justifica-se pelo fato do maracujá do mato ser um fruto nativo, típico do cerrado, que infelizmente é pouco difundido.

Os resultados médios para cada parâmetro avaliado no teste de aceitabilidade estão expressos na Tabela 3 e seus respectivos índices de aceitação.

O primeiro atributo avaliado foi o conjunto de todos os aspectos da embalagem, englobando cores, frases de efeito, desenho, entre outros. A embalagem alcançou uma taxa de aceitação de 68,18%, evidenciando um índice satisfatório e demonstrando que o design da embalagem ficou harmonioso.

Tabela 2 - Resumo das características demográficas dos participantes do teste de aceitabilidade

Variáveis demográficas	Classes	%
Gênero	Feminino	42,2
	Masculino	57,8
Faixa etária (anos)	18 - 30	78,3
	31 - 40	15,7
	41 - 50	3,6
	51 - 60	2,4
	> 60	0,0
Escolaridade	Ensino médio completo	6,6
	Ensino superior incompleto	63,3
	Ensino superior completo	12,7
	Pós-graduação incompleto	4,2
	Pós-graduação completo	13,3
Renda familiar mensal (salários mínimos)	Nenhuma renda	3,01
	<1	7,23
	1 a 3	29,52
	3 a 6	25,30
	6 a 10	18,07
	>10	16,8

Fonte: Dos autores, 2023.

Em relação à aceitabilidade das cores utilizadas na embalagem, elas receberam um percentual de 65,93% de aprovação. Isso indica que a escolha das cores na embalagem foi bem recebida pelos consumidores e reforça a importância da cor na decisão de compra de um produto alimentício. De acordo com Viana (2022) a cor é o aspecto da embalagem que atinge o olhar do comprador em primeiro lugar. Portanto as escolhas das cores de uma embalagem exigem critérios e cuidados portanto, é evidente que a presença e a escolha da cor na embalagem representam um valor indiscutível. Em estudos semelhantes Della Lucia (2005) e Dantas (2001), atribuíram a cor do rótulo como um fator que influencia na intenção de compra dos consumidores de café torrado e moído e de couve minimamente processada.

Tabela 3 - Teste de índice de aceitação (IA) da embalagem para barra de cereais elaborada com farinha do coproduto da agroindústria do maracujá do mato

Atributos	Média	Índice de aceitação
Conjunto de todos os aspectos da embalagem	6,18	68,18
Cores utilizadas na embalagem	5,93	65,93
Informações do verso da embalagem	7,56	84,00
Intenção de compra	3,03	60,72

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: i. Escala hedônica de nove pontos, variando de “desgostei extremamente” (1) a “gostei extremamente” (9); ii. Escala de cinco pontos, variando de “decididamente não compraria” (1) a “decididamente compraria” (5); iii. Índice de aceitação (IA) (%) = $A \times 100/B$, onde A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto, para avaliação global.

Alguns consumidores expressaram sua opinião com relação a esse atributo, “O que me fez ter dúvida se compraria o produto de maracujá do cerrado foi a cor do maracujá.... o alimento ficou muito pálido com uma cor que me lembrou algo apodrecido.” isso, reforça que os consumidores não são familiarizados com o fruto pois o mesmo, possui polpa de coloração diferente dos outros cultivares, sua polpa, sementes e ariolo cremoso são mais pálidos.

A aceitabilidade da apresentação das informações no verso da embalagem, os aspectos relacionados ao tamanho da tabela de informação nutricional, lista de ingredientes e outras informações obtiveram um índice de aceitação de 84,00%. Esse resultado indica que as informações nutricionais estão bem dispostas na embalagem, acessível ao consumidor. É importante garantir que as informações nutricionais e os ingredientes utilizados na formulação do produto sejam apresentadas de maneira clara e compreensível, e esse índice de aceitação demonstra que esse objetivo foi alcançado. Ainda foi sugerido por consumidores que “A parte traseira da embalagem é legal, mas acredito que seria interessante ter alguma informação contando algum tipo de história sobre os sabores para além da tabela nutricional, já que são frutos que acredito não serem de conhecimento popular.”

As embalagens propostas neste estudo, para barra de cereais produzidas com farinha do coproduto da agroindústria de maracujá do mato foram elaboradas de acordo com a RDC 429/2020 (BRASIL, 2020a) e a IN 75/2020 (BRASIL, 2020b) nova rotulagem nutricional. Com a nova legislação, a probabilidade é que o consumidor olhe para as questões nutricionais. Quase metade da população brasileira têm dificuldade de interpretar a informação nutricional dos rótulos dos alimentos (BANDEIRA, 2021).

A principal alteração da regulamentação envolve a implementação da rotulagem nutricional frontal, também conhecida como front-of-pack (FOP). Consiste na inclusão de um símbolo localizado na parte frontal do produto, com o intuito de destacar quando o alimento contém quantidades acima do recomendado para três nutrientes críticos, o açúcar adicionado, sódio e a gordura saturada. O símbolo aprovado pela agência regulatória Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é representado por uma lupa. Desta forma, os produtos que ultrapassarem o limite determinado para estes ingredientes receberão alerta frontal em cor 100 % preta num fundo branco, localizado na metade superior do painel principal, com a mesma orientação veiculada no rótulo e não estar disposta em locais removíveis ou encobertos, como abertura do lacre ou de difícil visualização (BRASIL, 2020).

A embalagem para barra de cereais produzidas com farinha do coproduto da agroindústria de maracujá-do-mato recebeu alerta frontal “Alto em açúcar adicionado” (Figura 4). Por se tratar de um alimento de alto valor energético, a formulação apresentou teor superior ao recomendado para alimentos sólidos ou semissólidos > 15g por porção de 100g. Infelizmente, a qualidade do produto interferiu no marketing da embalagem uma vez que afetou a percepção dos consumidores. Ao responder o questionário de aceitabilidade, alguns dos consumidores notaram o alerta frontal e o citaram “O que eu menos gostei foi a alta quantidade de açúcar adicionado para um produto que deveria ser natural e saudável. Isso me entristece na indústria alimentícia, mesmo com o aviso que agora vem na frente da embalagem”. Desta forma, é possível que o alerta tenha influenciado negativamente no índice aceitabilidade da embalagem. Ao não compreender o conteúdo do alimento, o julgamento quanto à saudabilidade e, conseqüente, a decisão de compra do indivíduo são afetados (BANDEIRA, 2021).

Em relatório preliminar de análise de impacto regulatório sobre rotulagem nutricional do Ministério da Saúde (ANVISA, 2018), aborda que os consumidores gastam poucos segundos para realizar escolhas alimentares e que a rotulagem nutricional frontal é vista com mais frequência do que a tabela nutricional devido a sua posição proeminente na embalagem, que permite que a informação seja consultada sem que o produto seja retirado da prateleira. Estes estudos trazem importantes subsídios para a indústria alimentícia, quanto a necessidade e vantagens da adoção da rotulagem frontal. Faz-se necessário avaliar melhor essa percepção do consumidor.

Concluindo o teste de aceitação e levando em consideração todos os atributos citados anteriormente, foi realizada a avaliação global da embalagem desenvolvida neste estudo, resultando em uma taxa de aceitação de 60,72% o que indica uma aceitação regular. Especificamente para a embalagem da barra de cereais elaborada com farinha do coproduto da agroindústria do maracujá-do-mato, obteve-se uma média de 3,03 na intenção de compra, o que reflete uma receptividade favorável por parte dos consumidores. Esses resultados são encorajadores, mostrando que a embalagem cumpre as expectativas e possui um potencial promissor para impulsionar as vendas do produto.

Figura 4 - Imagem ilustrativa do layout utilizado para as embalagens externas de barra de cereal de maracujá do mato com destaque para front-of-pack (FOP)



Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Layout da frente da embalagem, com recurso lupa no destaque FOP.

Conclusão

Os resultados deste estudo revelaram as características ideais para a embalagem da barra de cereais elaborada com farinha do coproduto da agroindústria de maracujá-do-mato. Os consumidores manifestaram preferência por uma embalagem nas cores verde e amarela. A embalagem 2 foi a escolhida tanto para a embalagem externa quanto para as embalagens individuais, o que demonstra que os consumidores preferem padronização das embalagens para este produto. Apesar dos bons resultados e de um índice de aceitação superior a 60%, é importante levar em consideração os comentários dos consumidores sobre a preocupação com a sustentabilidade, o uso indiscriminado de sub embalagens em alguns produtos e percepções sobre a rotulagem frontal mostram-se como uma área promissora para pesquisas futuras.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e a todos consumidores que participaram dessa pesquisa.

Referências

- ABRE. Associação Brasileira de Embalagens. **Embalagens**. São Paulo: ABRE, 2018.
- ADOBE®. **Adobe Dimension®**. Version 3.4.2. [S.l.]: Microsoft Corporation, 2023a. Desktop-O2V2T9P for Windows_64.
- ADOBE®. **Adobe Illustrator®**. Version 25.2.3. [S.l.]: Microsoft Corporation, 2023b. Desktop-O2V2T9P for Windows_64.
- BANDEIRA, L. M. *et al.* Performance and perception on front-of-package nutritional labeling models in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 55, p. 19, 2021.
- BERNACCI, L. C. *et al.* **Passifloraceae In: Lista de espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- BRASIL. Diretoria Colegiada da ANVISA. Instrução Normativa-IN nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 de outubro de 2020. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN+75_2020_.pdf/7d74fe2d-e187-4136-9fa2-36a8dcfc0f8f. Acesso em: 31 mai. 2023.
- BRASIL, Gerência-Geral de Alimentos. **Relatório preliminar de análise de impacto regulatório sobre rotulagem nutricional**. Brasília/ DF: ANVISA, 2018. 249 p.
- BRASIL. RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2020; Seção 1:106. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-429-de-8-de-outubro-de-2020-282070599>. Acesso em: 31 mai. 2023.
- CANVA®. **Canva®**. Versão 2.217.0. Disponível em: <https://www.canva.com>. Acesso em: 8 maio 2023.
- CARVALHO, V. S.; CONTI-SILVA, A. C. Cereal bars produced with banana peel flour: evaluation of acceptability and sensory profile. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 1, p. 134-139, 2018.
- COLES R. **Introduction**. In: McDowell D, Kirwan MJ. Food Packaging Technology. London: CRC Press; 2003.1-29p.
- DANTAS, M. S. I. *et al.* Avaliação da intenção de compra de couve minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 762-767, 2005.
- DELLA LUCIA, S. M. **Conjoint analysis no estudo de mercado de café orgânico**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- DELLA LUCIA, S. M.; MINIM, V. P. R. **Grupo de foco**. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). Análise sensorial: estudos com consumidores. Viçosa: Editora UFV, 2006. cap. 4, p. 85-109.
- FREITAS, L. S., SILVA, B. P., DELLA LUCIA, C. M. Influência da embalagem na intenção de compra

do consumidor de suco de laranja industrializado. **Revista da Associação Brasileira de Nutrição**, v. 11, n. 1, p. 128-141, 2020.

GIRELLI, A. *et al.* **Guia para elaboração de rótulos de embalagens de alimentos e bebidas**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2022. 110 p.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4^a ed. (1^a Edição digital), 2008. 1020 p.

PAIVA, I. de A. M.; SANTOS, S. C. L. The maracujazeiro-do-mato (*Passiflora Cincinnata* Mast.) and its economic importance: A narrative review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e18210716464, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16464. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16464>. Acesso em: 17 jun. 2023.

SAJDAKOWSKA, M.; TEKIEŃ, A. To raise or not to raise the level of ingredients in yoghurts: Polish consumer preferences regarding dairy products. **Nutrients**, v. 11, n. 10, p. 1–16, 2019.

SANTOS, J. L. *et al.* Propagação vegetativa de estacas de *Passiflora cincinnata* Mast. em diferentes recipientes e substratos comerciais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 34(2), p. 581-588, 2012.

SEBRAE. Serviços Brasileiros de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Mercado de alimentação saudável, tendências e oportunidades. 2022. Disponível em: <https://encr.pw/4Wxxm>. Acesso em: 7 jun. 2023.

VERGHESE K, *et al.* **Final Report**: The role of packaging in minimising food waste in the supply chain of the future. 2016. Disponível em: <http://www.chep.com/foodwaste/>. Acesso em: 23 jun. 2023.

VIANA, M. I. J. *et al.* **Biscoito doce elaborado com farinha de beterraba: características ideais de embalagem para sua comercialização**. In: Anne Caroline Mendes Oliveira; Bruna Néria Azevedo Gonçalves; Diego Pádua de Almeida; Deiviany Santana Santos Lima; Júlia Nascimento Caldas; Patrícia Natalina dos Santos; Thais Silveira Pimenta (Org.). I Simpósio de Ciência e Tecnologia de Alimentos - SICITAL: Coprodutos: Inovação e Sustentabilidade. 1ed. Diamantina: UFVJM, v.1, 2022. p. 234-244.

CAPÍTULO 19

Proposta de embalagem de barra de cereais elaborada com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo (*Butia capitata*): o tipo de embalagem pode influenciar na decisão de compra pelo consumidor?

Tatiane Pereira da Silva¹; Maria Amanda do Carmo Souza¹; Nicolly Rodrigues¹; Karine Santos Soares¹; Claysse Aparecida Alves Machado²; Claudia Regina Vieira^{*3}

Resumo

A embalagem na indústria de alimentos tem um papel crucial ao despertar o interesse dos consumidores por meio de cor, ilustrações, textura e informações. Ela transmite valores da marca, destaca atributos do produto e estabelece uma conexão emocional com o consumidor. Uma embalagem bem projetada contribui para o sucesso do produto, aumentando sua visibilidade, diferenciando-o da concorrência e gerando fidelização dos clientes. Este estudo teve como objetivo desenvolver e analisar embalagens para barras de cereais feitas com farinha do coproduto proveniente da agroindústria de coquinho azedo. Adotou-se como metodologia a aplicação de grupos de foco para determinar a cor ideal da embalagem, seguidos dos testes de preferência e aceitabilidade de acordo com a Norma do Instituto Adolfo Lutz. Além disso, foram coletados dados socioeconômicos e hábitos de consumo dos participantes. Os resultados alcançados evidenciaram que a cor verde, seguida da cor amarela e marrom claro estavam mais associadas ao coquinho azedo. Foi sugerido pelos consumidores que a embalagem destacasse os frutos do cerrado, propondo frases de efeito que transmitissem a ideia de riqueza. Os resultados do teste de preferência apontaram que a embalagem com traços foi a escolhida e os consumidores optam por embalagem externa e interna com mesmo design. A embalagem desenvolvida demonstrou ter características agradáveis ao consumidor, com resultados de índice de aceitação superior a 77 %. Esses resultados podem orientar a indústria alimentícia no desenvolvimento de embalagens mais atrativas e adequadas às preferências dos consumidores, promovendo uma alimentação saudável e consciente.

Palavras-chave: Estratégia. Frutos do cerrado. Inovação.

1 Discente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

2 Discente do Curso de Mestrado em Alimentos e Saúde; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

3 Docente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: crvieira@ica.ufmg.br

Introdução

A importância da embalagem no atendimento às expectativas e decisões de compra dos consumidores no âmbito da indústria alimentícia é evidenciado na literatura por diversos autores (MARTIN; LANGE; MARETTE, 2021; GIL-PÉREZ; REBOLLAR; LIDÓN, 2020; SOUSA; CARVALHO; PEREIRA, 2020; OLESEN; GIACALONE, 2018). Entre eles, Gil-Pérez, Rebollar e Lindón (2020) destacam que as embalagens podem influenciar os consumidores a decidirem qual item deve ser escolhido, chamando sua atenção e convencendo-os de que o produto em questão é o que melhor atende às suas necessidades. Assim, a embalagem, se utilizada de forma estratégica, pode ser um importante diferencial competitivo para novos produtos alimentícios, como é o caso das barras de cereais provenientes de frutos do Cerrado brasileiro.

As pessoas estão cada vez mais conscientes da importância de uma dieta equilibrada e dos benefícios que ela traz para a saúde e o bem-estar. Com um desejo de melhorar a qualidade de vida e prevenir doenças, os consumidores têm optado por alimentos frescos, naturais e minimamente processados, priorizando ingredientes nutritivos e evitando o consumo excessivo de açúcares, gorduras e aditivos. Essa tendência impulsiona o mercado a oferecer uma variedade maior de opções saudáveis, atendendo às demandas dos consumidores preocupados com sua saúde e buscando uma alimentação mais consciente (SEBRAE, 2022).

Pensando-se em aliar saúde e consumo consciente, novos ingredientes têm despertado o interesse da indústria, como é o caso da incorporação de frutos até então desconhecidos. O Cerrado, segundo maior bioma do Brasil, abriga frutos com alta diversidade, valor nutricional, sabor e aroma característico, além de compostos bioativos com propriedades antioxidantes e benefícios à saúde (REIS; SCHMIELE, 2019; SILVA *et al.*, 2001). Entre variados frutos nativos desse bioma, o coquinho azedo (*Butia capitata*) se destaca pela sua beleza e prevalência nas paisagens da região Norte do estado de Minas Gerais. O coquinho azedo é amplamente utilizado na produção de polpas, doces, licores, sucos, geleias e sorvetes, além de ser extraído para obtenção de óleo comestível. Sua amêndoa também é valorizada na culinária, proporcionando renda e enriquecimento alimentar para as comunidades locais (PEREIRA *et al.*, 2023).

A indústria alimentícia tem reconhecido cada vez mais a importância de elaborar produtos diferenciados que ofereçam praticidade e benefícios à saúde dos consumidores. Em um mundo em constante mudança, onde as pessoas estão cada vez mais preocupadas com seu bem-estar e buscam soluções convenientes para uma vida saudável, essa estratégia tem se mostrado essencial para atrair e conquistar novos consumidores (CESTONARO; STEFENON; BAINY, 2020).

Neste cenário, as barras de cereais têm se popularizado e se integrado aos hábitos alimentares

dos consumidores, oferecendo uma opção conveniente, nutritiva e versátil para lanches rápidos e saudáveis. As barras de cereais são compostas por uma ampla variedade de ingredientes, o que permite atender a diferentes segmentos de consumidores. Esses produtos oferecem opções diversificadas que atendem às preferências e necessidades individuais, proporcionando uma experiência personalizada (PALAZZOLO, 2003).

Todavia, para atender as expectativas dos consumidores em relação a barra de cereais, é fundamental que a comunicação entre a indústria e o público-alvo seja eficiente. Para Viana *et al.* (2022), as embalagens desempenham um papel crucial no atendimento de demandas de consumidores, cada vez mais exigentes. As cores, as imagens, o tipo de material e a textura das embalagens fornecem aos consumidores informações sobre o produto que se deseja comprar, desde sua composição centesimal até a descrição de propriedades e peculiaridades do produto.

O objetivo desta pesquisa foi desenvolver e analisar as características de embalagens para barras de cereais elaborada com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo (*Butia capitata*).

Material e Métodos

A análise empregada para determinar a embalagem de barra de cereal com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo preferida pelo consumidor foi o teste discriminativo de comparação pareada (158/IV), segundo a Norma do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os participantes desse estudo concordaram com o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), segundo o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG sob o número CAAE: 97454718.1.0000.5149.

A fase inicial consistiu na coleta de dados por meio de um questionário preliminar, que foi aplicado remotamente. Os consumidores que responderam ao questionário foram convidados a participar do grupo de foco. Realizou-se três grupos de foco no período de maio a junho de 2022, com a participação de 25 consumidores.

Foram escolhidas as características para o desenvolvimento das embalagens, no qual definiu-se que as informações nutricionais, imagens e o único fator variável seriam as cores (verde, amarelo e marrom claro). O layout da embalagem (Figura 1) foi desenvolvido no programa CANVA[®] (CANVA[®], 2.217.0), sendo, posteriormente, convertidos em imagens (Figura 2) utilizando o Adobe Dimension[®] (ADOBE[®], 2021a) e Adobe Illustrator[®] (ADOBE[®], 2021b).

A segunda etapa foi o teste de preferência (comparação pareada), as embalagens foram codificadas e apresentadas de forma que eliminassem o efeito da ordem de apresentação, em dois formulários diferentes. Cada consumidor recebeu um questionário, avaliou as amostras simultaneamente, e identificou a ordem de sua preferência (método 158/IV) conforme as metodologias

Figura 2 - Imagem ilustrativa do layout utilizado para embalagens individuais para a barra de cereal de coquinho azedo



Embalagem com traços

Embalagem com curva

Embalagem de plástico transparente

Fonte: Dos autores, 2023.

Nota: Layouts utilizados para embalagens individuais com mesmo design das embalagens externas (imagens à esquerda e central) e embalagem transparente (imagem à direita).

Resultados e Discussão

Os dados coletados no grupo focal revelaram que para os participantes as cores verde, amarelo e marrom claro são as que mais remetem ao fruto coquinho azedo. A cor verde obteve 56 % das indicações, seguido da cor amarela com 24 %, após o marrom claro com 0,8 % os 19,2 % restante não opinaram.

Outro ponto relevante destacado pelos grupos focais foi o consenso entre os participantes de que a embalagem deveria valorizar os frutos do cerrado, utilizando frases de efeito que transmitissem a ideia de riqueza. Duas sugestões foram apresentadas: "Riquezas do Norte" e "Riquezas do Cerrado". Conforme aponta Ribeiro *et al.* (2008), a quantidade de informações fornecidas ao consumidor sobre um produto influencia a sua avaliação sensorial. Essas informações podem estar relacionadas não apenas à marca, mas também à tecnologia de plantio e à fabricação do alimento, bem como à sua origem.

O teste de preferência, contou com 100 participantes no estudo, destes 56 % eram do sexo feminino, enquanto 44 % eram do sexo masculino. Em relação à faixa etária, observou-se que 41 % dos participantes tinham entre 18 e 30 anos, 37 % tinham entre 31 e 40 anos, 12 % tinham entre 41 e 50 anos, 7% tinham entre 51 e 60 anos e 3 % eram pessoas com mais de 60 anos.

Quando perguntados se conheciam o fruto, constatou-se que 51 % afirmam conhecer, 47 % afirmam que não conhecer e 2 % alegou que talvez conheçam. Ao analisar os hábitos de consumo, constatou-se que 39 % dos participantes já consumiram algum produto feito com coquinho azedo. Entre os que afirmaram nunca ter consumido produto à base de coquinho azedo, o percentual foi de 52 %. Os participantes indecisos foram cerca de 9 %, eles não tinham certeza se já havia consumido produtos derivados do coquinho azedo.

A partir dos dados coletados, foi calculado o percentual de preferência para a embalagem externa com 3 unidades e para a embalagem individual. Os resultados do teste de preferência para a embalagem externa apontaram que 62 % dos participantes escolheram a embalagem com traços, enquanto os 38 %

restantes optaram pela embalagem com curva. Com base nos critérios, a embalagem com traços obteve um número maior que o valor tabelado (Teste unilateral ≥ 61 respostas em 100 julgadores). Desta forma, existe diferença significativa entre as amostras ao nível de probabilidade de 5 %.

Para a embalagem individual, os percentuais de respostas obtidas dos participantes foram de 52 %, 29 % e 19 %, respectivamente, embalagem com traços, embalagem com curva e embalagem de plástico transparente. Desta forma, as ordens de preferência para a embalagem individual escolhida foram: embalagem com traços, embalagem com curva e embalagem de plástico transparente. O consumidor optou pela embalagem com mesmo design que a embalagem externa com 3 unidades.

Convém destacar que a proposta da embalagem individual de plástico transparente, foi elogiada por alguns consumidores, que alegam possíveis benefícios com a sua utilização por parte da indústria “Redução de potenciais custos de produção e conseqüente redução de valor ao consumidor final”. Todavia, foi questionada por outros consumidores que ressaltaram a importância do mesmo design e rotulagem nas barras individuais “A embalagem em plástico transparente não passa a confiabilidade de um produto industrializado”. Nota-se, portanto, a necessidade de mais estudos sobre esta abordagem.

A partir da embalagem definida foi realizado o estudo de aceitabilidade, este contou com 166 participantes, sendo 58 % do gênero feminino e 42 % do gênero masculino. Em relação à faixa etária, 78,31 % dos participantes tinham entre 18 e 30 anos, 15,66 % tinham entre 31 e 40 anos, 3,61 % tinham entre 41 e 50 anos e 2,41 % entre 51 e 60 anos.

Quando perguntados sobre se conheciam o fruto, constatou-se que 20,48 % conhecem o fruto, 75,90 % afirmam desconhecer e 3,61 % alegaram que talvez conheçam. Em relação aos hábitos de consumo dos participantes, verificou-se que, 7,83 % deles já consumiu algum produto feito com coquinho azedo, enquanto a maioria, 75,90 %, afirmaram nunca ter consumido. Para os demais participantes, 3,61 %, disseram que talvez poderiam ter consumido.

Foi perguntado ainda sobre a frequência do consumo do coquinho azedo. A maioria dos participantes, 83,73 %, dos participantes, afirmaram que nunca consumiram coquinho azedo. Os demais participantes, afirmaram consumir entre uma vez ao mês e menos de uma vez ao mês. Caracterizando-se como um público diferente de consumidores quanto aos conhecimentos e hábitos relacionados ao fruto coquinho azedo.

Utilizar e explorar as diferentes características dos frutos do Cerrado pode ser considerado uma alternativa para introduzir um produto regional aos mercados nacionais e internacionais (MORZELLE *et al.*, 2015). No entanto, mesmo com o aumento de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de produtos com estes frutos, ainda é baixo o investimento científico e exploração comercial deste bioma (SILVA *et al.*, 2017).

Os resultados médios para cada parâmetro avaliado no teste de aceitabilidade estão expressos na Tabela 1 e seus respectivos índices de aceitação.

Tabela 1 - Teste de índice de aceitação (IA) da embalagem para barra de cereais elaborada com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo

Atributos	Média	Índice de aceitação
Conjunto de todos os aspectos da embalagem	6,57	73,09
Cores utilizadas na embalagem	6,80	75,63
Informações do verso da embalagem	7,56	84,00
Intenção de compra	3,19	63,97

Fonte: Dos autores, 2023.

Legenda: i. Escala hedônica de nove pontos, variando de “desgostei extremamente” (1) a “gostei extremamente” (9); ii. Escala de cinco pontos, variando de “decididamente não compraria” (1) a “decididamente compraria” (5); iii. Índice de aceitação (IA) (%) = $A \times 100/B$, onde A = nota média obtida para o produto e B = nota máxima dada ao produto, para avaliação global.

O primeiro atributo avaliado foi o conjunto de todos os aspectos da embalagem (cores, frases de efeito, desenho e etc.), a embalagem obteve uma aceitação de 73,09 %, sendo considerado um bom índice, mostrando que a embalagem possui um design harmônico. A embalagem pode levar o consumidor a comprar o produto, enquanto as características sensoriais confirmam a apreciação e podem determinar a reincidência na compra (MURRAY; DELAHUNTY, 2000).

As cores utilizadas nas embalagens obtiveram um percentual de aceitabilidade de 75,63 %. Percentual similar ao obtido no questionário aplicado aos consumidores sobre a influência da cor da embalagem na compra de um produto alimentício, em que 75,30 % deles responderam positivamente. Registra-se que alguns consumidores destacaram a importância da utilização das cores no design do produto “Use cores mais vivas e um design mais apelativo” e “Talvez seria interesse trazer outras cores do cerrado”.

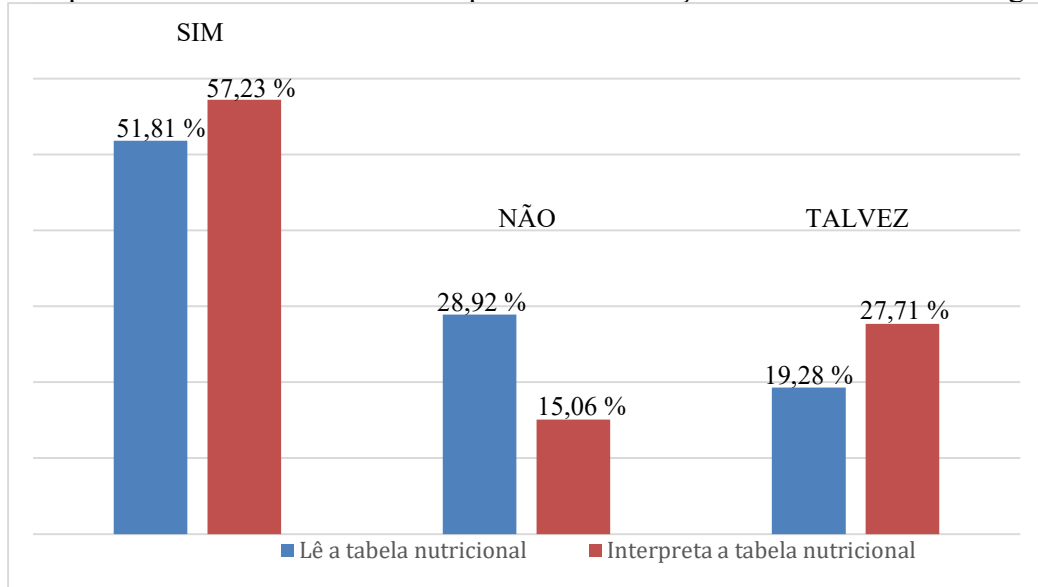
Corroborando com Rosa (2017), que apontou que a cor desempenha um papel fundamental nas embalagens, sua escolha deve ser cuidadosa. A cor desempenha um papel fundamental no âmbito do marketing, sendo um recurso estratégico essencial, uma vez que funciona como um código de fácil acesso e consegue superar até mesmo as barreiras do idioma.

Quanto à apresentação das informações no verso da embalagem, os aspectos relacionados ao tamanho da tabela de informação nutricional, lista de ingredientes e outras informações receberam um

índice de aceitação de 84,00 %. Considerado um ótimo índice, uma vez que as informações nutricionais devem ser acessíveis e de fácil interpretação.

Na sequência, a Figura 3, traz uma informação de comportamento quanto ao atributo das informações do verso da embalagem. Avaliando o hábito de ler e interpretar as informações contidas na tabela nutricional dos produtos alimentícios, por parte dos consumidores.

Figura 3 - Comportamento dos consumidores quanto a informação nutricional na embalagem



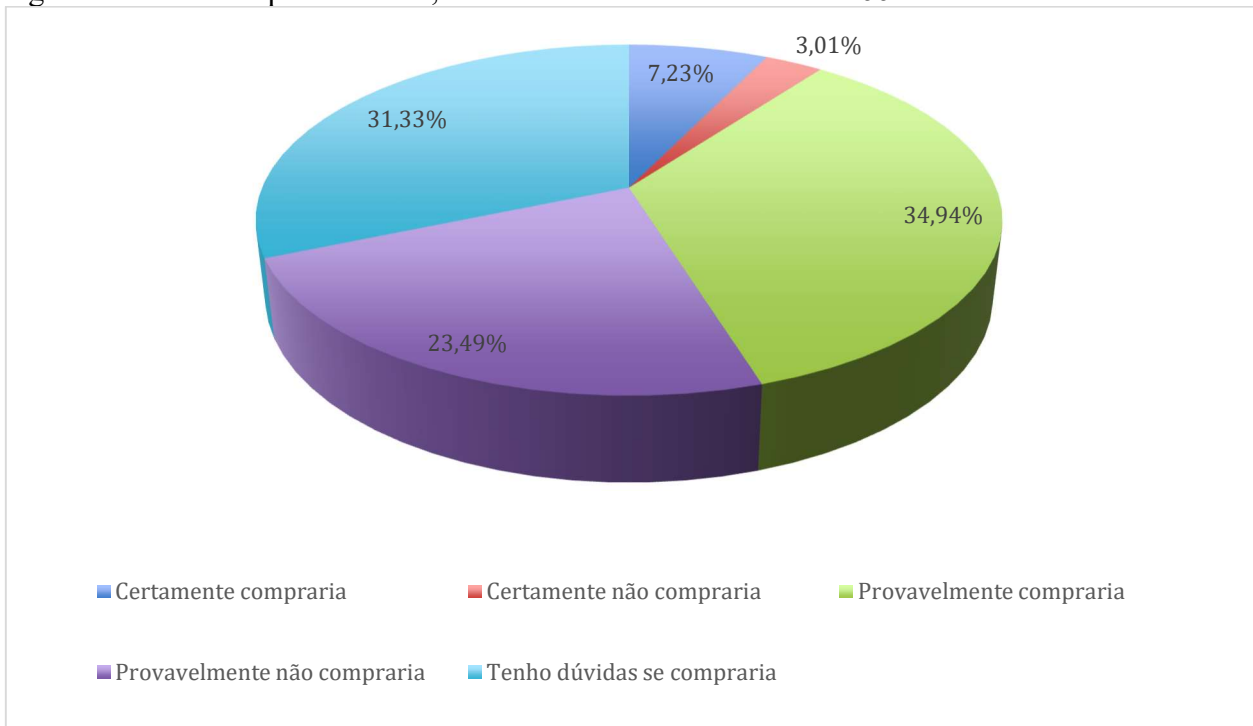
Fonte: Dos autores, 2023.

De acordo com os dados obtidos, 51,81 % dos participantes afirmaram ter o hábito de observar essas informações, enquanto 28,92 % ainda não desenvolveram esse hábito e 19,28 % disseram talvez. Quanto a interpretar as informações nutricionais 57,23 % afirmaram saber interpretar, enquanto 15,06 % ainda não sabem e 27,71 % afirmaram talvez. Sant'Anna (2020) atribui a decisão de compra de um produto como sendo um processo complexo, que envolve muitos fatores diversos, e que as informações adequadas na embalagem podem interferir na percepção do gosto e aceitação sensorial dos alimentos. Esses resultados ressaltam a importância da tabela nutricional, como uma fonte de informação relevante para os consumidores, auxiliando-os na tomada de decisões mais conscientes em relação aos produtos que consomem.

Finalizando o teste de aceitação, todos estes atributos foram considerados na avaliação global da embalagem produzida neste estudo, obtendo uma aceitabilidade de 77,57 %, um bom indicador. Segundo Dutcosky (2007), um alimento para ser considerado aceito sensorialmente, é necessário que obtenha um Índice de Aceitabilidade, igual ou superior a 70 %.

Em relação a intenção de consumo, a Figura 4 expressa os resultados de intensão de consumo do produto, o escore mais evidenciado foi "Provavelmente compraria", aplicado por 34,94 % dos consumidores, e apenas 3 % avaliaram com o escore "Certamente não compraria".

Figura 4 - Resultados da intenção de consumo da barra de cereais elaborada com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo, obtidos do teste de escala com 166 consumidores



Fonte: Dos autores, 2023.

No caso específico da embalagem para a barra de cereais elaborada com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo, obteve-se uma média de 3,19 na intenção de compra, indicando uma receptividade favorável por parte dos consumidores.

Esse resultado ressalta a importância de uma embalagem atrativa e alinhada com as preferências do público, contribuindo para impulsionar as vendas e o sucesso do produto. Todas as informações coletadas nesse processo são relevantes no contexto comercial, e é essencial que o projeto de embalagem seja direcionado para a conveniência do consumidor, apresentando apelo de mercado.

Conclusão

Os resultados obtidos neste estudo revelaram as características para a embalagem de barra de cereais elaborada com farinha do coproduto da agroindústria de coquinho azedo. Os consumidores demonstraram preferência por uma embalagem nas cores verde, amarelo e marrom, que valorize o bioma Cerrado. Os consumidores demonstraram preferência pela embalagem com traços tanto para a embalagem externa quanto para as embalagens individuais.

Mesmo com bons resultados e um índice de aceitação superior a 77 %, deve-se levar em consideração os comentários sobre a utilização de cores mais vivas bem como, um estudo que avalie

propostas de embalagens em plástico transparente buscando opções mais sustentáveis, com redução de custos para os consumidores.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro e a todos consumidores que participaram dessa pesquisa.

Referências

- ADOBE®. **Adobe Dimension®**. Version 3.4.2. [S.l.]: Microsoft Corporation, 2023a. Desktop-O2V2T9P for Windows_64.
- ADOBE®. **Adobe Illustrator®**. Version 25.2.3. [S.l.]: Microsoft Corporation, 2023b. Desktop-O2V2T9P for Windows_64.
- CANVA®. **Canva®**. Versão 2.217.0. Disponível em: <https://www.canva.com>. Acesso em: 8 maio 2023.
- CESTONARO, T. M.; STEFENON, R.; BAINY, E. M. Análise de mercado para desenvolvimento de produtos alimentícios saudáveis e para fins especiais. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 11, n. 1, p. 58, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3895/rebrapa.v11n1.12530>. Acesso em: 7 jun. 2023.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 2ªed. Curitiba: Champagnat, 2007. 141p.
- GIL-PÉREZ, I.; REBOLLAR, R.; LIDÓN, I. Without words: the effects of packaging imagery on consumer perception and response. **Current Opinion in Food Science**, v. 33, p. 69-77, 2020.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.
- MARTIN, C.; LANGE, C.; MARETTE, S. Importance of additional information, as a complement to information coming from packaging, to promote meat substitutes: A case study on a sausage based on vegetable proteins. **Food Quality and Preference**, v. 87, 104058, 2021.
- MORZELLE, M. C. *et al.* Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 96-103, 2015.
- MURRAY, J. M.; DELAHUNTY, C. M. Mapping consumer preference for the sensory and packaging attributes of Cheddar cheese. **Food Quality and Preference**, v. 11, n. 5, p. 419-435, 2000.
- OLESEN, S. N.; GIACALONE, D. The influence of packaging on consumers' quality perception of carrots. **Journal of Sensory Studies**, v. 33, n. 1, e12310, 2018.
- PALAZZOLO, G. Cereal bars: they're not just for breakfast anymore. **Cereal Foods World**, v. 48, n. 2, p. 70-72, 2003.

PEREIRA, G. S. L. *et al.*. Extraction of bioactive compounds from Butiacapitata fruits using supercritical carbon dioxide and pressurized fluids. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 199, p. 105959, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2023.105959>. Acesso em: 7 jun. 2023.

RIBEIRO, M. M. *et al.*. Influência da embalagem na aceitação de diferentes marcas comerciais de cerveja tipo Pilsen. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 2, p. 395–399, abr. 2008.

REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, p. e2017150, 2019. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>.

ROSA, V. M. **O impacto das cores e das formas de embalagens de alimentos na experiência do usuário**. 2017. Dissertação de Mestrado (Pós Graduação em Design Nível Mestrado). Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Rio Grande do Sul, 2017.

VIANA, M. I. J. *et al.* **Biscoito doce elaborado com farinha de beterraba: características ideais de embalagem para sua comercialização** In: Anne Caroline Mendes Oliveira; Bruna Néria Azevedo Gonçalves; Diego Pádua de Almeida; Deiviany Santana Santos Lima; Júlia Nascimento Caldas; Patrícia Natalina dos Santos; Thais Silveira Pimenta (Org.). I Simpósio de Ciência e Tecnologia de Alimentos - SICITAL: Coprodutos: Inovação e Sustentabilidade. 1ed. Diamantina: UFVJM, v.1, 2022. p. 234-244.

SANT'ANNA, L. J. **Impacto da embalagem nos valores dos limiares hedônicos para redução de cloreto de sódio em biscoito salgado**. 2020. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2020.

SEBRAE. Serviços Brasileiros de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Mercado de alimentação saudável, tendências e oportunidades**. 2022. Disponível em: <https://encr.pw/4Wxxm>. Acesso em: 7 jun. 2023.

SILVA, D.B. *et al.* **Frutas do cerrado** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 179p. Disponível em: <https://encr.pw/ZncD7>. Acesso em: 7 jun. 2023.

SILVA, E. P. *et al.* Characterization of chemical and mineral composition of marolo (*Annona crassiflora* Mart) during physiological development. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 1, p. 13-18, 2017.

SOUSA, M. M. M.; CARVALHO, F. M.; PEREIRA, R. G. F. A. Colour and shape of design elements of the packaging labels influence consumer expectations and hedonic judgments of specialty coffee. **Food Quality And Preference**, v. 83, p. 103902, jul. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329319304987>. Acesso em: 19 jun. 2023.

CAPÍTULO 20

Efeito da simbiose de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* durante a fermentação do leite para produção de iogurte

Tawana Silva Cardoso*¹, Alexandre Oliveira Rodrigues², Bruna Karoline Oliveira Ferreira², Ester Dias Xavier², Irene Menegali³, Maximiliano Soares Pinto³

Resumo

É sabido que iogurte possui grande aceitação sensorial por parte da população, além de apresentarem certo valor nutricional e possuírem uma elaboração relativamente simples. A fermentação, processo crucial para a obtenção desse produto, normalmente é realizada pelos microrganismos *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, podendo haver adição de outras culturas para diferenciação tecnológica do produto. A relação simbiótica entre essas bactérias é importante para o desenvolvimento do sabor e da textura característicos do iogurte, sendo que a proporção entre as culturas utilizadas influi diretamente sobre sua atividade metabólica no meio, o que conseqüentemente refletirá nas características do produto final. Dessa forma, este estudo objetivou avaliar o impacto de diferentes proporções de cultura contendo *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* no processo de acidificação do meio, visando identificar aquela proporção na qual se obteria um melhor desempenho durante a fermentação do leite para a produção de iogurte. Foram elaborados iogurtes utilizando-se três diferentes proporções de cultura iniciadora: 1:1 (TA), 1:2 (TB) e 1:3 (TC), contendo *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *S. thermophilus*, respectivamente. O acompanhamento do pH foi realizado a cada hora após a inoculação da cultura. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. A média dos resultados foram submetidas a análise de variância e posteriormente ao Teste de Tukey. O tratamento TC conseguiu reduzir o pH do leite de 6,6 para 4,6 entre 4 h e 5 h de fermentação, indicando uma acidificação adequada do meio, sendo esta a proporção de melhor desempenho dentre as avaliadas. Esse achado pode ajudar a otimizar processos de fermentação e melhorar a qualidade da produção de iogurte.

Palavras chave: Culturas iniciadoras. Protobactérias. Leite Fermentado.

¹Graduanda em Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

² Pós-Graduando em Produção Animal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Professor adjunto do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

*E-mail: tawana.cardoso03@gmail.com

Introdução

O iogurte é definido pela legislação brasileira como um produto cuja fermentação láctica é realizada através da ação de *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* sobre o leite integral, desnatado ou padronizado, podendo ser adicionado de outras culturas lácticas visando o desenvolvimento de demais características desejáveis ao produto final (BRASIL, 2007).

Um dos produtos lácteos fermentados mais populares existentes no mercado, o iogurte vem atraindo ainda mais atenção últimos anos em decorrência da sua associação com probióticos, destacando-o como um alimento funcional. A bebida é rica em proteína, cálcio, riboflavina e vitaminas do complexo B, além de, em alguns casos, conter probióticos, o que deixa a bebida com um valor nutricional superior ao próprio leite (TBCA, 2023). A demanda por este produto tem crescido diante da procura de alimentos com benefícios nutricionais e que promovam a saúde (GARCÍA-BURGOS *et al.*, 2020).

Sendo um alimento de fácil digestão, algumas variedades de iogurte contribuem para a manutenção da microbiota intestinal, além disso, a ação das bactérias lácticas presentes no produto possibilita uma melhor digestão e facilitam a absorção de nutrientes. Produzem também, durante seu metabolismo, o ácido láctico, que confere acidez desejável, favorecendo a proteção natural do produto, inibindo o crescimento de patógenos (CIRIBELI; CASTRO, 2011).

A acidificação do leite por fermentação, além de ser um dos métodos mais antigos de preservação desse alimento, é também o fator responsável por proporcionar as características texturais e organolépticas tradicionais do iogurte. Existem muitos métodos diferentes de realizar esta fermentação e estes dão origem a uma variedade de produtos lácteos fermentados, incluindo kumiss, kefir, leite acidófilo e iogurte (BINTSIS; PAPADEMÁS, 2022).

O processo fermentativo normalmente ocorre com a adição de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* ou *Lactobacillus plantarum*.

O *Streptococcus thermophilus* é um microrganismo gram-positivo, em forma de cocos, aeróbio facultativo, que fermenta a lactose fornecendo como principal produto o ácido láctico. É uma bactéria acidófila e termofílica cuja temperatura ótima de crescimento está em torno de 37 a 45 °C, podendo resistir a até 60 °C (RAULT; BOUIX; BÉAL, 2009). É uma das principais espécies utilizadas nas indústrias de laticínios, tendo uma grande relevância para a produção de iogurte, mussarela e alguns tipos de queijos. Seu potencial tecnológico está relacionado à capacidade de acidificação, efeitos desejáveis na textura e sabor de produtos lácteos por meio do metabolismo do açúcar presente no leite, proteólise e produção de metabólitos importantes – tais como acetaldeído, exopolissacarídeos e vitaminas (MARKAKIOU *et al.*, 2020).

O *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* é uma bactéria gram-positiva, em forma de bastonetes, anaeróbia facultativa, capaz de fermentar a lactose em uma temperatura ótima de 42 °C. É amplamente conhecido e utilizado pela indústria laticinista para a produção de iogurte contribuindo, dentre outros fatores, com a produção de compostos orgânicos voláteis, incluindo aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos, resultando no bom sabor do iogurte (TEIXEIRA; ALMEIDA, 2014).

A simbiose entre essas duas espécies é essencial para o processo de fermentação do leite na produção de iogurte; esses microrganismos são comumente referidos como “culturas iniciadoras”, podendo ser adicionadas de culturas probióticas, desempenhando papéis complementares durante a fermentação (RAHMAN; ZAHANGIR ALAM; MUKTA, 2016). Ainda que cada bactéria tenha a capacidade de realizar a fermentação do leite de forma independente, produzindo outros tipos de leites fermentados, elas também são capazes de estabelecer uma protocooperação entre si por meio da troca de metabólitos (ZOURARI; ACCOLAS; DESMAZEAUD, 1992), resultando em um tempo reduzido de fermentação.

Essas espécies são selecionadas devido às suas características metabólicas e capacidade de fermentação, que contribuem para a obtenção das características desejadas no iogurte final. Yu, Yu e Jin (2021) e Pérez *et al.* (1991), propuseram que a relação simbiótica entre *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* desempenha um papel fundamental na produção de iogurte e queijo, devido à redução do tempo de fermentação. Na fermentação de alimentos, culturas mistas de diferentes espécies microbianas interagem entre si. Essas interações podem ser neutras, positivas ou negativas para as cepas envolvidas. As interações microbianas benéficas são chamadas de interações mutualísticas (BOUCHER; JAMES; KEELER, 1982).

A relação cooperativa das bactérias é caracterizada pelo fornecimento de ácido fórmico por *S. thermophilus*, aumentando o pH do meio e estimulando o *Lactobacillus bulgaricus* que, por sua vez, disponibiliza aminoácidos e peptídeos através da proteólise da caseína, contribuindo para uma segunda onda de crescimento para *S. thermophilus*. Através desses processos as bactérias favorecem uma à outra e, juntas, promovem a fermentação do leite em um menor tempo (HORIUCHI; SASAKI, 2012; YAMAUCHI *et al.*, 2019; YAMAMOTO *et al.*, 2021).

Geralmente a relação de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *S. thermophilus* no iogurte é de 1:1 ou 1:2; o efeito de diferentes proporções tem despertado o interesse para a indústria de produtos lácticos, apesar disso, há poucos estudos relacionados à temática (DAN *et al.*, 2023).

É relatado na literatura científica que culturas mistas de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* apresentam uma boa taxa de sobrevivência após o processo fermentativo (AMANI; ESKANDARI; SHEKARFOROUSH, 2016; DAN *et al.*, 2023; HAMDY *et al.*, 2021; POPOVIĆ *et al.*, 2020; SANTOS, 2019), o que é algo desejável, visto que o consumo dessas bactérias lácticas traz efeitos positivos ao

organismo humano. Por outro lado, o *L. bulgaricus* possui capacidade de crescer em baixa temperatura, tal qual a de armazenamento (refrigeração), tornando o meio ainda mais ácido pelo metabolismo da lactose. O problema reside no fato de que a pós-acidificação no produto final pode afetar a manutenção das características probióticas – uma vez que a diminuição do pH interfere no desenvolvimento microbiano – e organolépticas (excesso de desenvolvimento do sabor azedo) do iogurte (DESHWAL *et al.*, 2021).

O *L. bulgaricus* é um dos principais microrganismos responsáveis pela pós-acidificação em iogurtes devido à sua capacidade de desenvolvimento em temperaturas de refrigeração e à sua tolerância ao pH ácido do meio (TEIXEIRA; ALMEIDA, 2014). Como a simbiose desse microrganismo com *S. thermophilus* é muito explorada para a produção de iogurtes, nota-se a necessidade de controle do crescimento de *L. bulgaricus* no produto, pois *S. thermophilus* é inibido pela diminuição do pH.

A proporção utilizada em uma cultura mista desses microrganismos auxilia na questão da pós-acidificação quando a concentração de *L. bulgaricus* é inferior, visto que ao final da acidificação a quantidade de células será menor, diminuindo seu poder de pós-acidificação (DAN *et al.*, 2017). Fato é, que a indústria fabricante de culturas lácticas costuma fornecer produtos com proporções maiores de *S. thermophilus* em detrimento de *L. bulgaricus*, a depender das características do produto final desejadas pelo cliente, que melhor se adaptam a sua produção (a exemplo: 1:2, 3:2), apresentando um tempo de fermentação variável, em torno de 4 a 6 h.

O tratamento térmico do leite constitui-se como um dos parâmetros de processamento de elevada relevância que exerce impacto sobre o crescimento associativo de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*. Além disso, é amplamente estabelecido que a aplicação de temperaturas elevadas no tratamento térmico do leite resulta em desnaturação considerável das proteínas do soro, ocasionando alterações significativas na firmeza e viscosidade do iogurte, bem como reduzindo a ocorrência de sinérese em comparação com o iogurte produzido a partir de leite não submetido a aquecimento (LUCEY; SINGH, 1997). No entanto, a principal razão para o tratamento térmico do leite é aprimorar as propriedades de textura dos géis ácidos (MULVIHILL; GRUFFERTY, 1995).

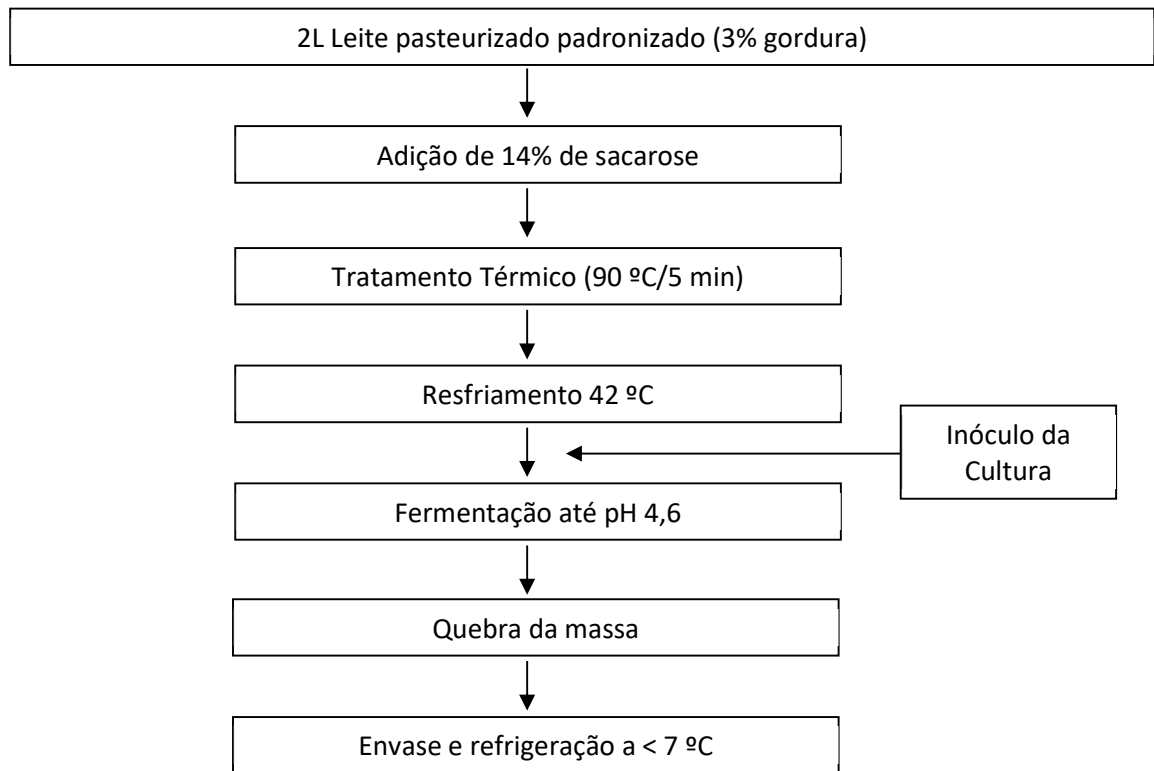
Este estudo teve como objetivo avaliar o tempo de fermentação do leite para fabricação de iogurte, utilizando culturas líquidas contendo proporções diferentes de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*.

Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal do Centro de Pesquisa em Ciências Agrárias (CPCA) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG).

Foram elaborados iogurtes (Figura 1) utilizando-se três proporções diferentes da cultura líquida termofílica contendo *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, a saber: 1:1; 1:2 e; 1:3.

Figura 1 - Fluxograma de fabricação do iogurte



Fonte: Dos autores, 2023.

Foram utilizadas culturas ativas de *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* cultivadas separadamente e mantidas no laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal do CPCA. Para os tratamentos foram inoculadas três proporções diferentes das duas bactérias. A análise de pH foi feita nos tempos 0; 1; 2; 3; 4; 5 e 6 h após a inoculação da cultura. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições. As médias dos resultados foram submetidas a análise de variância e posteriormente ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade, pelo software R (RSTUDIO, 2022). Embora os dados sejam quantitativos, é válido o uso do teste de Tukey uma vez que o mesmo foi aplicado isoladamente em cada tempo de fermentação, não tendo assim importância a fermentação ao longo das 6 h.

Resultados e discussão

S. thermophilus e *L. bulgaricus* são bactérias gram-positivas, sem mobilidade e catalase negativa. A espécie *S. thermophilus* tem capacidade de metabolizar apenas a glicose presente na lactose,

enquanto a galactose é liberada no meio, possui baixa produção de ácido, consequentemente coágulo fraco (CHANDAN; O'RELL, 2006).

A produção de ácido láctico reduz o pH do leite, resultando na desestabilização das micelas de caseína ao atingir seu ponto isoelétrico – quando o pH chega a valores próximos de 5,1 –, sendo o processo finalizado quando o pH atinge 4,6 (VAN DE WATER, 2003). De acordo com os resultados da Tabela 1 e Figura 1, observa-se que durante a primeira hora de fermentação, TB e TC demonstraram maior capacidade de produção de ácido láctico quando comparado a TA. Ao final da terceira hora de fermentação, TC apresentou maior produção de ácido quando comparado aos demais tratamentos. Após seis horas de fermentação, os tratamentos TB e TC atingiram a faixa ideal de pH para iogurte (4,5 – 4,3), o que não aconteceu com TA.

Tabela 1 - Médias dos resultados de pH em função das diferentes proporções de fermento na elaboração de iogurte.

Proporção	n	Média das três repetições pH						
		0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h
TA (1:1)	3	6,63 ^a	6,21 ^a	6,01 ^a	5,71 ^a	5,33 ^a	4,98 ^a	4,68 ^a
TB (1:2)	3	6,63 ^a	6,09 ^b	5,81 ^b	5,40 ^b	5,01 ^b	4,64 ^b	4,47 ^b
TC (1:3)	3	6,63 ^a	6,05 ^b	5,64 ^b	5,26 ^c	4,84 ^c	4,51 ^c	4,34 ^c

Fonte: Dos autores, 2023.

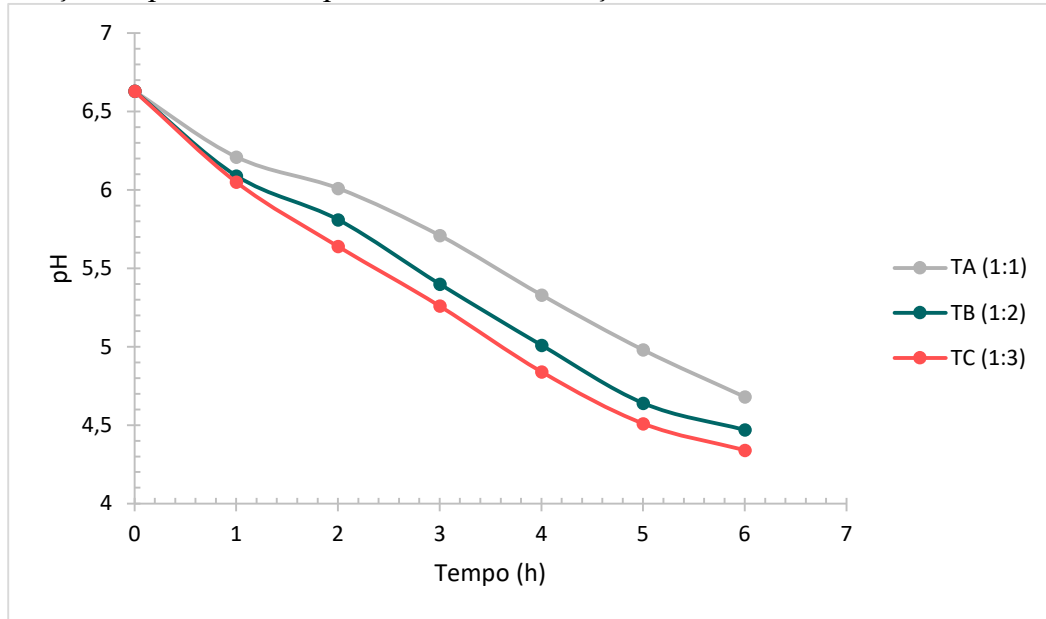
Legenda: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

TA: (1:1) *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*: *Streptococcus thermophilus*; TB: (1:2) *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*: *Streptococcus thermophilus*; TC (1:3) *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*: *Streptococcus thermophilus*.

Pode-se observar também que o decréscimo do pH durante a fermentação ocorreu de forma mais intensa durante a primeira hora de fermentação para todos os tratamentos, o que difere de estudo conduzido por Van de Water (2003), em que a maior produção de ácido ocorreu a partir de quatro horas após o início da fermentação.

É importante ressaltar que durante o processo de fermentação, assim como há produção de ácido láctico, há também a produção de compostos voláteis aromáticos pelas culturas lácticas, que são imprescindíveis para a caracterização do iogurte e de outros derivados do leite. Se o acompanhamento do nível de acidez é um indicativo da velocidade do metabolismo da lactose presente no meio para a produção desses compostos, então uma acidificação lenta implica também em uma baixa produção de substâncias de interesse tecnológico referentes às características do produto final – tais como textura, sabor e aroma –, fato indesejável para o processo (BINTSIS, 2018; HATTI-KAUL *et al.*, 2018; NÁJERA-DOMÍNGUEZ *et al.*, 2014; RUIZ *et al.*, 2023).

Figura 1 - Variação do pH durante o processo de fermentação



Fonte: Dos autores, 2023.

Pode-se apontar a acidificação como o principal objetivo da adição de culturas *starters* (assim chamadas por iniciarem a fermentação após tratamento térmico) ao leite, pois a diminuição do pH inibe a atividade de microrganismos patogênicos, aumentando a viabilidade do produto, entre outros benefícios (BARTH, 2014). Logo, o baixo desenvolvimento de acidez é um problema que pode inviabilizar a produção de iogurte.

O tratamento que apresentou maior produção de ácido durante o processo de fermentação foi o TC (1:3), composto por uma proporção de uma parte de *L. bulgaricus* para três partes de *S. thermophilus*. Em geral, o tempo de decaimento do pH iogurte foi inversamente proporcional à concentração de *S. thermophilus* empregada, sendo o menor tempo aquele apresentado por TC (1:3) e o maior tempo o apresentado por TA (1:1). Durante todo o tempo de fermentação os três tratamentos conseguiram produzir ácido suficiente para reduzir o pH de forma a coagular o leite adequadamente.

Ressalta-se que a proporção 1:3 já é utilizada atualmente pela indústria de alimentos no processo de fabricação de iogurte, se apresentando viável comercialmente. O presente estudo vem a corroborar esse fato.

A junção de *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* resulta em uma taxa de acidificação rápida. Essa é uma importante característica para a indústria ao escolher uma cultura iniciadora, pois a velocidade de fermentação é determinante para o custo de produção e desenvolvimento do produto, quanto maior a velocidade de redução do pH menor será o tempo de fermentação (TAMIME, 2006; LIU *et al.*, 2016).

A simbiose entre *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* mostrou-se crucial para a fermentação eficiente do leite na produção de iogurte. A proporção de 1:3 de *L. bulgaricus* para *S. thermophilus* (TC) resultou em uma redução satisfatória do pH em menor tempo do que os outros dois tratamentos, indicando um

bom desempenho dessa proporção para a acidificação do leite. Esse resultado é de grande relevância, pois o pH adequado é fundamental para o desenvolvimento das características sensoriais desejadas no iogurte (RAULT; BOUIX; BÉAL, 2009).

O tempo de fermentação dessas espécies microbianas é desfavorecido quando sozinhas. Yu, Yu e Jin (2021) constataram que *S. thermophilus* necessita de 12 h para atingir um pH ideal ($\approx 4,5$) para elaboração de iogurte, enquanto *L. bulgaricus* precisaria de pelo menos 24 h para realizar o processo nas mesmas condições.

Dan *et al.* (2023) analisaram diferentes proporções de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* para a elaboração de iogurte, sendo elas: 1:1 (A1), 1:10 (A2), 1:100 (A3), 1:1000 (A4) e 1:2000 (A5). Avaliando o tempo de fermentação dos tratamentos testados, A1 demonstrou um tempo igual a 6,5 h – resultado semelhante ao tratamento TA (1:1) realizado no presente estudo, sendo este o menor tempo de fermentação obtido em função das diferentes proporções de microrganismos, mas ainda semelhante ao tratamento controle (cultura mista obtida comercialmente). A tendência dos tratamentos foi de aumento progressivo do tempo de fermentação, sendo que o tratamento A4 obteve o maior tempo, 8 h. O tratamento A5 apontou uma diminuição do tempo com relação a A4, o que pode indicar uma correlação não linear entre a proporção de bactérias e o tempo de fermentação do produto. Assim, a faixa de proporção 1:1 (A1) a 1:10 (A2) apresentou os melhores tempos de acidificação, o que difere do presente estudo, em relação à proporção 1:1, uma vez que TA (1:1) não atingiu a faixa de pH adequada.

Yang *et al.* (2022) realizaram um estudo onde foi utilizada a proporção de *L. bulgaricus*/*S. thermophilus* de 1:1000 e obtiveram um tempo de fermentação (7,5 h) condizente com Dan *et al.* (2023). Eles também avaliaram a pós-acidificação nessa proporção, encontrando uma baixa capacidade de redução do pH do produto após 21 dias de armazenamento. Em outro estudo, Dan *et al.* (2017), ao estudar a influência da proporção microbiana na produção de compostos de importância tecnológica, chegou à conclusão de que o tratamento 1:1000 se destacou com relação à produção de compostos aromáticos importantes para o perfil organoléptico do iogurte. Embora seja reportado na literatura que essa proporção apresenta um maior tempo de fermentação em comparação com outros tratamentos (como por exemplo 1:1, 1:10 e 1:100), para a escolha de uma combinação ideal é importante levar em consideração o impacto dessa nas características finais do produto, para a preservação/melhoramento de seu perfil sensorial, visto que este é um importante fator para a preferência do público consumidor pelo produto.

Uma cultura mista adequadamente balanceada é a chave para assegurar a qualidade tecnológica do produto final, uma vez que a proporção das bactérias lácticas influencia não só no tempo de

fermentação, mas também nos perfis de ácidos, compostos aromáticos e polissacarídeos que auxiliam nas características físico-químicas do produto (DAN *et al.*, 2017).

Os resultados desse estudo fornecem *insights* valiosos para otimizar o processo de fermentação do leite na produção de iogurte, levando em consideração a simbiose entre *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*. Trabalhos futuros podem explorar outras variáveis, como tempo de fermentação e temperatura, e também a relação das diferentes proporções das bactérias nas características sensoriais do iogurte, a fim de aprimorar ainda mais o processo e a qualidade do iogurte produzido.

Conclusão

No presente estudo foi observado que o tratamento que obteve melhor resultado no tempo de fermentação foi o TC (1:3) composto por uma proporção de uma parte de *Lactobacillus bulgaricus* para três partes de *Streptococcus thermophilus*. Mais estudos com enfoque na temática podem auxiliar na otimização do processo de elaboração de iogurtes, reduzindo custos e melhorando as características organolépticas do alimento, uma vez que alterações na cultura *starter* influenciam na concentração dos compostos de identidade do produto final.

Referências

- AMANI, E.; ESKANDARI, M. H.; SHEKARFOROUSH, S. The effect of proteolytic activity of starter cultures on technologically important properties of yogurt. **Food Science & Nutrition**, v. 5, n. 3, p. 525–537, 2016.
- BARTH, A. R. **Seleção de uma cultura microbiana comercial para a indústria de laticínios com baixa pós-acidificação e aumento da viscosidade em leites fermentados**. 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Alimentos) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014.
- BINTSIS, T. Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. **AIMS Microbiology**, v. 4, n. 4, p. 665-684, 2018.
- BINTSIS, T.; PAPADEMAS, P. The evolution of fermented milks, from artisanal to industrial products: A critical review. **Fermentation**, v. 8, n. 12, p. 679, 2022.
- BOUCHER, D. H.; JAMES, S.; KEELER, K. H. The ecology of mutualism. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 13, n. 1, p. 315-347, 1982.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 out. 2007. Disponível em: <https://www.abia.org.br/vsn/temp/z201886INMAPA462007.pdf> Acesso em: 24 mai. 2023.
- CHANDAN, R. C.; O'RELL, K. R. Cap. 11 – Principles of yogurt processing. *In*: CHANDAN, R. C. **Manufacturing yogurt and fermented milks**. Oxford: John Wiley & Sons, 2006. p. 211-236.

CIRIBELI, J. P.; CASTRO, L. S. Descrição da cadeia produtiva do iogurte: Um estudo de casos realizado no laticínio do Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Pomba. **Revista Gestão Empresarial**, v. 1, n. 1, p. 75-87, 2011.

DAN, T. *et al.* Influence of different ratios of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on fermentation characteristics of yogurt. **Molecules**, v. 28, n. 5, p. 2123, 2023.

DAN, T. *et al.* Profiles of volatile flavor compounds in milk fermented with different proportional combinations of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. **Molecules**, v. 22, n. 10, p. 1633, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22101633>.

DESHWAL, G. K. *et al.* Review on factors affecting and control of post-acidification in yoghurt and related products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 109, p. 499–512, 2021.

GARCÍA-BURGOS, M. *et al.* New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. **Journal of Functional Foods**, v. 72, p. 104059, 2020.

HAMDY, S. M. *et al.* Physicochemical, viability, microstructure, and sensory properties of whole and skimmed buffalo set-yogurts containing different levels of polydextrose during refrigerated storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 7, 2021.

HATTI-KAUL, R. *et al.* Lactic acid bacteria: from starter cultures to producers of chemicals. **FEMS Microbiology Letters**, v. 365, n. 20, 2018.

HORIUCHI, H.; SASAKI, Y. Effect of oxygen on symbiosis between *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 6, p. 2904-2909, 2012.

LIU, W. *et al.* Relationships between functional genes in *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* isolates and phenotypic characteristics associated with fermentation time and flavor production in yogurt elucidated using multilocus sequence typing. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 89-103, 2016.

LUCEY, J. A.; SINGH, H. Formation and physical properties of acid milk gels: A review. **Food Research International**, v. 30, n. 7, p. 529-542, 1997.

MARKAKIOU, S. *et al.* Harnessing the metabolic potential of *Streptococcus thermophilus* for new biotechnological applications. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 61, p. 142-152, 2020.

MULVIHILL, D. M.; GRUFFERTY, M. B. **Effect of thermal processing on the coagulability of milk by acid**, 2. Ed. Heat-induced changes in milk. p. 188–205, 1995.

NÁJERA-DOMÍNGUEZ, C. *et al.* Comparison of volatile compounds produced by wild *Lactococcus lactis* in miniature Chihuahua-type cheeses. **Dairy Science and Technology**, v. 94, n. 5, p. 499-516, 2014.

PÉREZ, P. F. *et al.* Formate Production by *Streptococcus thermophilus* Cultures. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 9, p. 2850-2854, 1991.

POPOVIĆ, N. *et al.* Yogurt produced by novel natural starter cultures improves gut epithelial barrier *in vitro*. **Microorganisms**, v. 8, n. 10, p. 1586, 2020.

RAHMAN, R.; ZAHANGIR ALAM, M.; MUKTA, S. Studies on yogurt production using *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* isolated from market yogurt. **Journal of Sylhet Agricultural University**, v. 7, n. 3, p. 307-313, 2016.

RAULT, A.; BOUIX, M.; BÉAL C. Fermentation pH influences the physiological-state dynamics of *Lactobacillus bulgaricus* CFL1 during pH-controlled culture. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 75, n. 13, p. 4374-4381, 2009.

RSTUDIO: **A language and environment for statistical computing**. Version 4.3.1. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: www.R-project.org/. Acesso em: 01 jul. 2023.

RUIZ, M. J. *et al.* Relationship between volatile organic compounds and microorganisms isolated from raw sheep milk cheeses determined by sanger sequencing and GC–IMS. **Foods**, v. 12, n. 2, p. 372, 2023.

SANTOS, E. C. C. **Avaliação da viabilidade de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* no iogurte**. 2019. 22f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharel em Medicina Veterinária) – Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Gama, 2019.

TAMIME, A. **Fermented Milks**, 1. ed. Reino Unido: John Wiley & Sons, 2006, 288p.

TBCA. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo, 2023. Disponível em: www.fcf.usp.br/tbca. Acesso em: 10 jun. 2023.

TEIXEIRA, P.; ALMEIDA, A. B. *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*. **Encyclopedia of Food Microbiology**, v. 2, p. 425-431, 2014.

VAN DE WATER, J. Cap. 5 – Yogurt and immunity: The health benefits of fermented milk products that contain lactic acid bacteria. *In*: FARNWORTH, E. R. **Handbook of fermented functional foods**. Boca Raton: CRC Press, 2003, p.113-44.

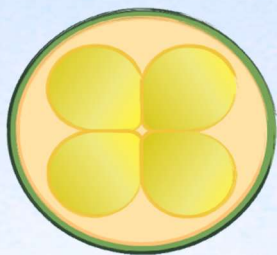
YAMAMOTO, E. *et al.* Effect of fumaric acid on the growth of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* during yogurt fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 9, p. 9617-9626, 2021.

YAMAUCHI, R. *et al.* The critical role of urease in yogurt fermentation with various combinations of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 2, p. 1033-1043, 2019.

YANG, S. *et al.* Analysis of cofermentation characteristics of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* based on microrheology. **Food Bioengineering**, v. 1, p. 233-240, 2022.

YU, Y.; YU, W.; JIN, Y. Peptidomic analysis of milk fermented by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. **Food Hydrocolloids for Health**, v. 1, p. 100033, 2021.

ZOURARI, A.; ACCOLAS, J. P.; DESMAZEAUD, M. J. Metabolism and biochemical characteristics of yogurt bacteria: A review. **Le Lait**, v. 72, n. 1, p. 1-34, 1992.



SIMEALI

V Simpósio de Engenharia
de Alimentos

www.simeali.com

Organização:



MESTRADO em
**alimentos
& saúde**

Mestrado em
Produção Animal **UFMG**

ICA
INSTITUTO
DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS

UFMG

Apoio institucional:

Embrapa

Agroindústria de Alimentos



ISBN: 978-65-88389-29-4

CBL



9 786588 389294