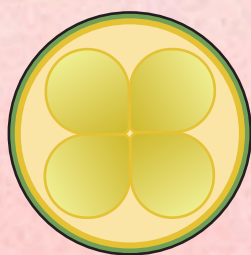


APOIO:



SIMEALI

IV Simpósio de Engenharia de Alimentos

Tecnologia de alimentos: embalagens de alimentos, desenvolvimento e processamento de alimentos

6
Volume



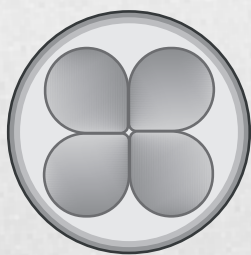
A Cadeia Produtiva de Alimentos e os Desafios dos Novos Tempos

Claudia Regina Vieira
Érika Endo Alves
Neide Judith Faria de Oliveira
Roberta Torres Careli

ORGANIZAÇÃO:



SIMEALI 4.0



SIMEALI

IV Simpósio de Engenharia
de Alimentos

Tecnologia de alimentos: embalagens de alimentos, desenvolvimento e processamento de alimentos

6
Volume



A Cadeia Produtiva de Alimentos e os Desafios dos Novos Tempos

.....

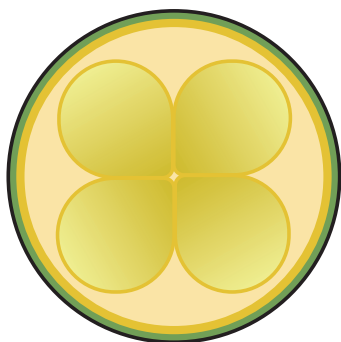
Claudia Regina Vieira
Érika Endo Alves
Neide Judith Faria de Oliveira
Roberta Torres Careli

ORGANIZAÇÃO:

ICA
INSTITUTO
DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS

UFMG
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS

SIMEALI 4.0



SIMEALI

IV Simpósio de Engenharia
de Alimentos

MONTES CLAROS, 11 A 13 DE AGOSTO DE 2021

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

EDITORES:

Claudia Regina Vieira

Érika Endo Alves

Neide Judith Faria de Oliveira

Roberta Torres Careli

ORGANIZAÇÃO:

ICA
INSTITUTO
DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS

UFMG
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS

APOIO:



ISBN – 978-65-88389-12-6

Copyright © 2021 Claudia Regina Vieira, Érika Endo Alves,
Neide Judith Faria de Oliveira, Roberta Torres Careli.

Diagramadores: Claudia Regina Vieira e Priscylla Isis de Oliveira.

Fotografias: Claudia Regina Vieira

Direitos reservados dessa edição à
Claudia Regina Vieira, Érika Endo Alves,
Neide Judith Faria de Oliveira, Roberta Torres Careli.

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 - 2021

Vieira, Claudia Regina (org.).

V658t
2021 Tecnologia de alimentos: embalagens de alimentos, desenvolvimento e
processamento de alimentos [recurso eletrônico] / Claudia Regina Vieira, Érika
Endo Alves, Neide Judith Faria de Oliveira e Roberta Torres Careli
(organizadoras). Montes Claros: ICA/UFMG, 2021.
364 p. : il.

Inclui referências.
ISBN: 978-65-88389-12-6

1. Tecnologia de alimentos. 2. Alimentos -- Embalagens -- Brasil. 3.
Alimentos -- Conservação. 4. Avaliação sensorial. I. Alves, Érika Endo (org.). II.
Oliveira, Neide Judith Faria de (org.). III. Careli, Roberta Torres (org.). III.
Instituto de Ciências Agrárias da UFMG. V. Título.

CDU: 664

Apresentação

O IV SIMEALI - SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS teve como objetivo a busca por avanços na área de Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos, apresentando temas atuais relacionados à área, especialmente no que se refere à cadeia produtiva de alimentos, à Indústria 4.0 e aos desafios dos novos tempos.

O IV SIMEALI ocorreu entre os dias 11 e 13 de agosto de 2021, excepcionalmente no formato *online*, devido à pandemia da COVID-19, e contou com a participação da Comissão Organizadora, incluindo o Comitê científico, composta por trinta e quatro integrantes: quatorze docentes do ICA/UFMG; seis docentes/pesquisadores de diferentes instituições de Ensino e Pesquisa do Brasil (Embrapa Agroindústria de Alimentos, UERGS, UESB, USP e UFG); quatro servidores técnicos administrativos do ICA/UFMG; oito discentes de Graduação do ICA/UFMG e dois discentes de Pós-Graduação do ICA/UFMG.

Colaboraram com o Simpósio dezenove conferencistas de diferentes Instituições, na realização de seis palestras de temas variados – D.Sc. Fabiana Cunha Viana Leonelli (FZEA/USP), D.Sc. Fausto Makishi (ICA/UFMG), CEO Gabriel Alves Machado (FaçaAgora), Marta Duran Fernandez (Especialista em Tecnologia da Informação), D.Sc. Nilda de Fátima Ferreira Soares (UFV) e D.Sc. Uelinton Manoel Pinto (USP) – e na realização de treze minicursos: D.Sc. Alcinei Místico Azevedo (ICA/UFMG); D.Sc. Bárbara Santos (PADRONIZA); D.Sc. Christian Dias Cabacinha (ICA/UFMG); M.Sc. Deborah Lelis (UNIMONTES); D.Sc. Eduardo Spers (USP); D.Sc. Gabriela da Rocha Lemos Mendes (ICA/UFMG); Eng. Isabela Garcia (Nestlé); D.Sc. Junio Cota (ICA/UFMG); D.Sc. Mariana Zanatta; D.Sc. Rosires Deliza (Embrapa Agroindústria de Alimentos); M.Sc. Sabrina Ferreira (UNIMONTES); Eng. Verônica Rufato e Wilson Fogaça (Escola Yokoten).

Nesta edição, contamos com a participação de 366 congressistas inscritos, oriundos de diferentes localidades do Brasil e com a submissão de 105 trabalhos científicos, dos quais 92 foram aprovados e se encontram disponíveis neste *E-book*.

O processo de avaliação foi realizado via Plataforma Even3® e contou com a colaboração de 138 avaliadores de diferentes instituições de Ensino e Pesquisa do País, de subáreas diversificadas e afins às áreas de Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos.

O presente *E-book* está dividido em seis volumes, correspondentes às 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.

Os capítulos possuem como tema central os desafios enfrentados pela cadeia produtora de alimentos e representam 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 IV SIMEALI



Instituto de Ciências Agrárias
Foto: Claudia Vieira
Novembro de 2021

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 IV SIMEALI.

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

A todos os inscritos no IV SIMEALI, razão principal de nossos esforços e dedicação para realizar o evento, mesmo que à distância.

Aos servidores do Setor de Informática do Instituto de Ciências Agrárias, em especial, ao servidor técnico administrativo Roberto Versiani Santos Júnior, pelo suporte providencial durante a realização do IV SIMEALI.

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

Nossos sinceros agradecimentos.

Claudia Regina Vieira
Coordenadora do IV SIMEALI

Érika Endo Alves
Subcoordenadora do IV SIMEALI

Instituto de Ciências Agrárias
Foto: Claudia Vieira
Novembro de 2021



Organização

Coordenação Geral

Claudia Regina Vieira – Docente (ICA/UFMG)

Érika Endo Alves – Docente (ICA/UFMG)

Comitê Científico

Alessandra Lopes de Oliveira - Docente (FZEA/USP)

Clarissa Damiani – Docente (UFG)

Cristiane Patrícia Oliveira – Docente (UESB)

Júnia Capua de Lima Novello - Docente (UERGS)

Maximiliano Soares Pinto – Docente (ICA/UFMG)

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

Roberta Torres Careli – Docente (ICA/UFMG)

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

Comissão Organizadora

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

Carla Adriana Ferreira Durães Pinheiro – Técnica (ICA/UFMG)

Caroline Liboreiro Paiva – Docente (ICA/UFMG)

Danielle Soares Malveira – Docente (FUNORTE)

Gabriela da Rocha Lemos Mendes – Docente (ICA/UFMG)

Hugo Calixto Fonseca – Técnico (ICA/UFMG)

Igor Viana Brandi – Docente (ICA/UFMG)

Janaína Teles de Faria – Docente (ICA/UFMG)

Juliana Pinto de Lima – Docente (ICA/UFMG)

Mariuze Loyanny Pereira Oliveira – Técnica (ICA/UFMG)

Milton Nobel Cano Chauca – Docente (ICA/UFMG)

Sandro Braga Soares – Técnico (ICA/UFMG)

Sérgio Henrique Souza Santos – Docente (ICA/UFMG)

William James Nogueira Lima – Docente (ICA/UFMG)

Comitê Discente

Aline Lopes Nascimento – Mestrado em Alimentos e Nutrição (ICA/UFMG)

Ane Caroline Silva – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Ana Flávia Dias Costa – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Caroline Batista dos Santos – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Fernanda Santos Barros – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Isabela Parolis Martins – Mestrado em Produção Animal (ICA/UFMG)

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

Maria Clara Orsine Lopes de Castro – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

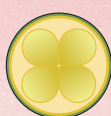
Maria Izabel de Jesus Viana – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Maria Luiza de Freitas Paiva – Graduação em Engenharia de Alimentos (ICA/UFMG)

Sumário

Volume 6 - Tecnologia de alimentos: embalagens de alimentos,
desenvolvimento e processamento de alimentos

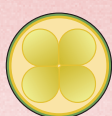
Capítulo 1	12 - 26
Impacto do revestimento comestível ativo sobre características físico-químicas de banana Prata Anã estocada sob temperatura ambiente. <i>Márcia Farias Andrade; Maria Luiza D’Almeida Casaro; Mariuze Loyanny Pereira Oliveira; Juliana Pinto de Lima; Érika Endo Alves.</i>	
Capítulo 2	27 - 40
Precipitação proteica de <i>Pereskia aculeata</i> Miller (ora-pro-nobis) por uso de álcool isopropílico. <i>Camila Sales de Rezende; Ana Cristina Freitas de Oliveira Meira; Isabelle Cristina Oliveira Neves; Mariana Oliveira Mendes; Jaime Vilela de Resende; Lizzy Ayra Alcântara Veríssimo.</i>	
Capítulo 3	41 - 52
Efeito do pré-tratamento com ultrassom e etanol na cinética de secagem de yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>). <i>Alisson Felipe Lima Martins; Érica Nascif Rufino Vieira; Bruno Ricardo de Castro Leite Júnior. Afonso Mota Ramos; Paulo Cesar Stringheta.</i>	
Capítulo 4	53 - 67
Influência do processamento térmico nos compostos bioativos e atividade antioxidante da polpa de buriti. <i>Aline Botelho de Almeida; Bruna Vieira Nunes; Vanessa Rios de Souza.</i>	
Capítulo 5	68 - 81
Sachês ativos para conservação pós-colheita de umbu (<i>Spondias tuberosa</i> Arruda). <i>Herlândia Cotrim Santos; Luciano Bertollo Rusciolelli; Lucas Britto Landim; Edinilda de Souza Moreira; Charles Cardoso Santana; Jeislannv Alves Cotrim.</i>	
Capítulo 6	82 - 96
Substituição da gordura animal em linguiça por géis contendo óleos vegetais de canola, milho e girassol. <i>Natália Leite Oliveira; Ana Paula Lima Ribeiro; Sérgio Henrique Silva; Alcinéia de Lemos Ramos; Eduardo Mendes Ramos.</i>	



Capítulo 7	97 - 113
Estudo do aproveitamento do resíduo obtido da extração de sólidos hidrossolúveis de quinoa na elaboração de biscoitos: caracterização física, físico-química e sensorial. <i>Iarima Lorena de Oliveira; Antonio Manoel Maradini Filho.</i>	
Capítulo 8	114 - 128
Elaboração e caracterização de creme de ricota saborizado com geleia de goiaba. <i>Augusto César Fonseca Sobreira; Beatriz Souza e Silva; Maria Quitéria Dantas Silva; Patrícia Érica Fernandes; João Paulo Natalino de Sá.</i>	
Capítulo 9	129 - 141
Obtenção de corantes de antocianinas extraídas do jamelão por diferentes métodos de secagem. <i>Sharlene Santana Dias; Felipe Gois Mota; Andrea Gomes da Silva; Flavia Escapini Fanchiotti; João Antônio Belmino dos Santos; Patrícia Beltrão Lessa Constant.</i>	
Capítulo 10	142 - 158
Crioprotetores em massa congelada para pão sem glúten: avaliação da estrutura dos alvéolos e da textura instrumental do miolo. <i>Sander Moreira Rodrigues; Daniela de Oliveira Teotônio; Irene Andressa; Glauce Kelly Silva do Nascimento; Patrícia Aparecida Pimenta Pereira; Marcio Schmiele.</i>	
Capítulo 11	159 - 174
Elaboração de muffins com farinha de batata-doce Beauregard. <i>Aline Nataly Soares Vital; Virgínia Cabral Benício; Yana Luise Falcão Lins; Cristhiane Maria Bazílio de Omena Messias.</i>	
Capítulo 12	175 - 187
Avaliação de filme de álcool polivinílico (PVA) incorporado de nitrito de sódio e aplicado em carne bovina refrigerada. <i>Edivânia Ribeiro Lopes; Rômicy Dermondes Souza; Leonardo Vieira Pontes; Cristiane Patrícia de Oliveira.</i>	
Capítulo 13	188 - 203
Capacidade de formação e estabilidade da emulsão do concentrado proteico extraído da microalga <i>Scenedesmus obliquus</i> visando a aplicação em sistemas alimentares. <i>Monique Ellen Torres da Silva; Rafael Rodrigues Freire; Kríssia Veloso Silva de Oliveira; Mithyzi Andrade Leal; Michael de Oliveira Resende; Jane Sélia dos Reis Coimbra.</i>	
Capítulo 14	204 - 219
Discriminação de empanados comerciais através da análise multivariada e análise de seus ingredientes. <i>Ana Cristina Freitas de Oliveira Meira; Eduardo Mendes Ramos; Alcinéia de Lemos Souza Ramos.</i>	



Capítulo 15	220 - 233
Chips de batata-doce com redução de sódio: influência da pré-secagem na umidade, absorção de óleo de fritura e avaliação da cor do produto. <i>Pauleane Pereira Chagas; Geisa Priscilla Araújo Gomes Maia; Celso Martins Belisário.</i>	
Capítulo 16	234 - 246
Avaliação das propriedades funcionais tecnológicas do okara desidratado e aplicação em biscoito tipo cookie. <i>Bruna Marchesan Maran; Tahis Regina Baú.</i>	
Capítulo 17	247 - 262
Nanocompósitos à base de amido de fruta-de-lobo reforçados com nanofibras de celulose isoladas de cascas de fruta-de-lobo. <i>Amanda Lélis de Souza; Letícia Moraes Costa Teixeira; Maria Betânia de Freitas Marques; Guilherme Carneiro; Franciele Maria Pelissari.</i>	
Capítulo 18	263 - 279
Performance da polpa de abóbora moranga em massa alimentícia tipo talharim: avaliação das propriedades tecnológicas e dos teores de carotenoides. <i>Edneia Correia de Souza; Camila Raimunda Carmindo; Keyla Carvalho Pereira; Nathália de Andrade Neves; Kele Aparecida Costa Vespermann; Marcio Schmiele.</i>	
Capítulo 19	280 - 294
Produção e caracterização de nanopartículas lipídicas de óleo de semente de romã. <i>Amanda Tibães Lopes; Maria Nunes Medeiros; Guilherme Carneiro; Franciele Maria Pelissari.</i>	
Capítulo 20	295 - 306
Obtenção e avaliação sensorial de iogurte com geleia. <i>Wilton Amaral dos Santos; Laís Fernandes de Oliveira; Gabriela Fernandes Aquino; Daniela Caetano; Bruna Castro Porto.</i>	
Capítulo 21	307 - 320
Corante antocianico de repolho roxo obtido por atomização spray dryer e secador de bandeja. <i>Gilcenir Ramos dos Santos; Jideane Menezes Santos; Andrea Gomes da Silva; Angela da Silva Borges; Flavia Escapini Fanchiotti; Patrícia Beltrão Lessa Constant.</i>	



Capítulo 22

321 - 333

Efeito do tempo de secagem nas características físico-químicas de bacon de peito de frango.

Leticia Oliveira Rabelo; Jéssica Karolyne Silva Jorge; Danielly da Conceição Brandão; Livia Alves Barroso; Bruna Néria Azevedo Gonçalves, Monalisa Pereira Dutra Andrade.

Capítulo 23

334 - 349

Desenvolvimento, caracterização e estudo de mercado de caldo de cana com frutas cítricas.

Renata Rodrigues Saraiva; Wilton Amaral dos Santos; Raick Alves Ribeiro; Maria Christina Pimenta de Carvalho; Rosimeire Alves Guimarães; Alexandre Santos de Souza.

Capítulo 24

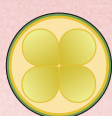
350 - 364

Leveduras autóctones e alóctones usadas como culturas iniciadoras na fermentação de café cereja (*Coffea arabica*) por processamento via seca.

Claudia Dorta; Renata Bonini Pardo; Rafaella Franceschi; Marie Oshiiwa; Ana Carolina Moretti Costa Domingues Almeida; Adriana Novais Martins.



Instituto de Ciências Agrárias
Foto: Claudia Vieira
Novembro de 2021



SIMEALI
IV Simpósio de Engenharia
de Alimentos

01 Capítulo

*Impacto do revestimento
comestível ativo sobre
características físico-
químicas de banana
Prata Anã estocada sob
temperatura ambiente*

Capítulo 1

Impacto do revestimento comestível ativo sobre características físico-químicas de banana Prata Anã estocada sob temperatura ambiente

Márcia Farias Andrade¹; Maria Luiza D’Almeida Casaro²; Mariuze Loyanny Pereira Oliveira³; Juliana Pinto de Lima⁴; Érika Endo Alves*⁴

Resumo

A banana Prata Anã é uma fruta muito consumida mundialmente e que apresenta alta perecibilidade, fato que limita o transporte e a comercialização. Dentre as várias alternativas que podem ser utilizadas para aumentar a sua vida útil, encontram-se os revestimentos comestíveis, que podem ser elaborados com diversos compostos e são passíveis de carrear diferentes agentes ativos. Neste trabalho, avaliou-se o efeito do revestimento comestível incorporado com Equinácea purpúrea sobre características físico-químicas da banana Prata Anã estocada sob temperatura ambiente. Bananas no estágio 2 de maturação foram previamente selecionadas, lavadas e sanitizadas, sendo em seguida, cobertas com uma das formulações de revestimento elaboradas com 2% de fécula de mandioca, 1% de gelatina, glicerol e incorporadas com diferentes concentrações de Equinácea purpúrea em pó (0%, 0,9% e 1,2%). Os frutos revestidos e não revestidos (amostra controle) foram porcionados, pesados e acondicionados em bandejas de isopor, sendo estocados em temperatura ambiente (média de 29 °C) por oito dias e avaliados a cada dois dias quanto à acidez titulável (% de ácido málico), pH, teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e ratio (relação entre os sólidos solúveis totais e a acidez titulável). Os resultados obtidos demonstram que o tempo de estocagem foi o principal fator que impactou as características físico-químicas das amostras, levando ao desenvolvimento da maturação, evidenciada pelo aumento da acidez, queda do pH, aumento dos sólidos solúveis totais e aumento do ratio. O ratio também foi influenciado pelos revestimentos, sendo que as bananas cobertas com formulações contendo 0,9% e 1,2% de Equinácea apresentaram as menores oscilações de valores, indicando um possível efeito do revestimento ativo sobre esta característica. Conclui-se que os revestimentos devem ser reformulados, com uso de concentrações superiores a 1,2% de Equinácea e novas avaliações devem ser realizadas para verificar seu efeito sobre a banana Prata Anã estocada.

Palavras-chave: Agentes ativos naturais. Conservação pós-colheita. Embalagem ativa. Equinácea purpúrea. Frutos climatéricos.

¹ Graduada em Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciências Agrárias, UFMG.

² Graduada em Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.

³ Técnica Administrativa, Instituto de Ciências Agrárias, UFMG.

⁴ Professora, Instituto de Ciências Agrárias, UFMG.

*E-mail para correspondência: erikaea@ica.ufmg.br

Introdução

A banana (*Musa* spp.) é considerada uma das frutas mais consumidas mundialmente, com grande importância socioeconômica devido ao seu baixo custo, geração de renda, facilidade de preparo em processos industriais e de suas diversas possibilidades para consumo *in natura* (SANTOS *et al.*, 2019).

Trata-se de um fruto tropical de grande importância econômica para o Brasil e que possui diversas variedades comerciais, das quais se destacam as pertencentes aos subgrupos Cavendish (Nanica, Nanicão e Grande Naine), que constituem as principais variedades exportadas, e as dos subgrupos Prata (Prata Anã e Pacovan), Maçã, Mysore, Terra e D'Angola, mais consumidas no mercado interno (SILVA; SANTOS-SEREJO; CORDEIRO, 2004; VIANA *et al.*, 2017).

A banana é classificada como um fruto climatérico, caracterizado por uma elevação da intensidade respiratória durante a maturação, sob a influência do etileno (C₂H₄) (ÁLVARES, 2003). Essa alteração metabólica ocorre de forma rápida e com grande gasto de energia que, associada a fatores como elevado teor de umidade, torna o fruto muito perecível, demandando que o transporte e a comercialização ocorram de forma rápida e planejada, para reduzir as perdas e manter as características desejáveis ao consumidor final (MAIA *et al.*, 2017).

As perdas pós-colheita de bananas podem ter origens mecânicas, fisiológicas e microbiológicas, sendo os danos de origem mecânica considerados os mais relevantes para a conservação da qualidade dos frutos, pois além de causarem ferimentos, amassamentos e cortes, podem influenciar em outros tipos de danos (OLORUNDA, 2000). Dentre as técnicas que podem ser empregadas para reduzir as perdas pós-colheita, destacam-se o armazenamento sob temperatura de refrigeração, o uso de atmosfera controlada ou modificada com filmes flexíveis, a utilização de revestimentos comestíveis, entre outros processos (BOTREL *et al.*, 2002).

O revestimento comestível é uma espécie de embalagem que possui diversas funcionalidades – redução de trocas gasosas e da perda de umidade, manutenção da textura, entre outras funções – dependendo da sua composição. Para a produção de revestimentos comestíveis, são empregados, de forma isolada ou combinada, os carboidratos, proteínas e lipídeos provenientes de diversas fontes. O amido e a gelatina estão entre os materiais disponíveis mais estudados, devido ao baixo custo, solubilidade em água, potencial de incorporação de agentes ativos com diferentes propriedades, entre outras particularidades (ASSIS; BRITO, 2014; BRAZEIRO *et al.*, 2018).

Uma das alternativas de agentes ativos e naturais que pode ser adicionada aos revestimentos comestíveis é a Equinácea purpúrea (*Echinacea purpurea*), uma planta medicinal que vem sendo muito utilizada na medicina moderna e tradicional, por apresentar em sua composição diversos grupos

funcionais e que podem ser benéficos à saúde, tais como alquilamidas, derivados do ácido caféico e outros compostos fenólicos, glicoproteínas e polissacarídeos. Sua incorporação aos revestimentos comestíveis pode ser benéfica devido a sua atividade antioxidante, antimicrobiana e por ser descrita como uma erva medicinal segura que possui poucos efeitos adversos (HU; KITTS, 2000; KARSCH-VÖLK *et al.*, 2014; RADY; ABOUL-ENEIN; IBRAHIM, 2018). Apesar do seu potencial, a Equinácea ainda é pouco explorada como agente ativo em produtos alimentícios, demandando pesquisas que avaliem seus efeitos, possibilidades de aplicação e limitações de uso.

Diante do exposto, objetivou-se no presente estudo, avaliar o efeito dos revestimentos comestíveis incorporados com Equinácea purpúrea sobre características físico-químicas de banana Prata Anã estocada por oito dias sob temperatura ambiente.

Material e Métodos

Bananas da cultivar Prata Anã foram adquiridas na Cooperativa do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG), *Campus* Montes Claros e transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Produtos Vegetais do mesmo Instituto. As frutas foram selecionadas por estágio de maturação (estádio 2 da Escala de Von Loesecke, conforme PBMH e PIF (2006) e qualidade aparente, lavadas em água corrente, sanitizadas (imersão em solução de hipoclorito de sódio em concentração de 0,2% por 20 min), enxaguadas em água corrente e reservadas.

O revestimento comestível foi elaborado com materiais adquiridos no mercado de Montes Claros (MG) e sua formulação baseou-se em 2% de fécula de mandioca (m/v) e 1% de gelatina em pó sem sabor (m/v), adicionada de Equinácea purpúrea em pó (Shaanxi Jiahe Phytochem Co. Ltd, China) adquirida em uma farmácia de manipulação de Montes Claros. A fécula de mandioca e a gelatina foram solubilizadas em água destilada e a solução resultante aquecida até 70 °C. O gel obtido foi resfriado até 40 °C, sendo em seguida, adicionado de glicerol (proporção de 0,45 mL por litro de gel), aditivo empregado com a função de plastificante, para gerar um revestimento mais homogêneo, flexível e menos quebradiço. Após a adição do glicerol e homogeneização, o gel foi dividido em três partes de mesmo volume, sendo que cada porção recebeu diferentes quantidades de Equinácea purpúrea em pó (*Echinacea purpurea*), de forma a obter géis com 0% (sem agente ativo), 0,9% e 1,2% de Equinácea (m/v) (Figura 1-A). As concentrações de Equinácea utilizadas foram determinadas por meio de testes preliminares, realizados com revestimentos contendo diferentes quantidades do agente ativo, sendo escolhidas as concentrações que apresentaram melhor

desempenho quanto à manutenção da cor das bananas durante o armazenamento sob temperatura ambiente (temperatura média de 29 °C).

Os géis elaborados foram utilizados para a cobertura das bananas previamente preparadas, as quais foram porcionadas e imersas por seis minutos em uma das três formulações. Após o tempo de imersão, foram retiradas do gel e colocadas sobre bandejas perfuradas para facilitar a drenagem do excesso de gel e em seguida, dispostas no desidratador de bandejas (marca Pardal, Modelo PE 14), somente sob ventilação (velocidade do ar: 0,5 m/s; temperatura: 25 °C), para acelerar a secagem do revestimento. Com o intuito de favorecer a comparação e de assegurar que possíveis efeitos sobre as características estudadas seriam decorrentes dos revestimentos empregados, parte das bananas não foi submetida ao processo de revestimento, constituindo a amostra controle (sem revestimento).

Todas as amostras foram pesadas, acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido (isopor) com a devida identificação, sendo dispostas quatro unidades amostrais por bandeja e estocadas sob condições ambientais (temperatura média de 29 °C e umidade relativa média de 44%) por até oito dias (Figura 1-B). A quantidade de unidades amostrais por bandeja foi planejada para atender às avaliações (do tipo destrutivas) realizadas em cada período de estocagem, sem reaproveitamento das amostras.

A cada dois dias, as amostras foram submetidas às análises de acidez titulável (% de ácido málico), pH, teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e ratio (relação entre os sólidos solúveis totais e a acidez titulável), que foram realizadas com a polpa da banana, em triplicata e segundo metodologias do Instituto Adolfo Lutz (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008).

Figura 1 - Elaboração do revestimento comestível (A) e acondicionamento das bananas (B)



Fonte: Das autoras, 2021.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com três repetições (lotes diferentes de banana) e em arranjo do tipo parcela subdividida, tendo nas parcelas os tratamentos – revestimentos com as diferentes concentrações de Equinácea (0%, 0,9% e 1,2%) e a

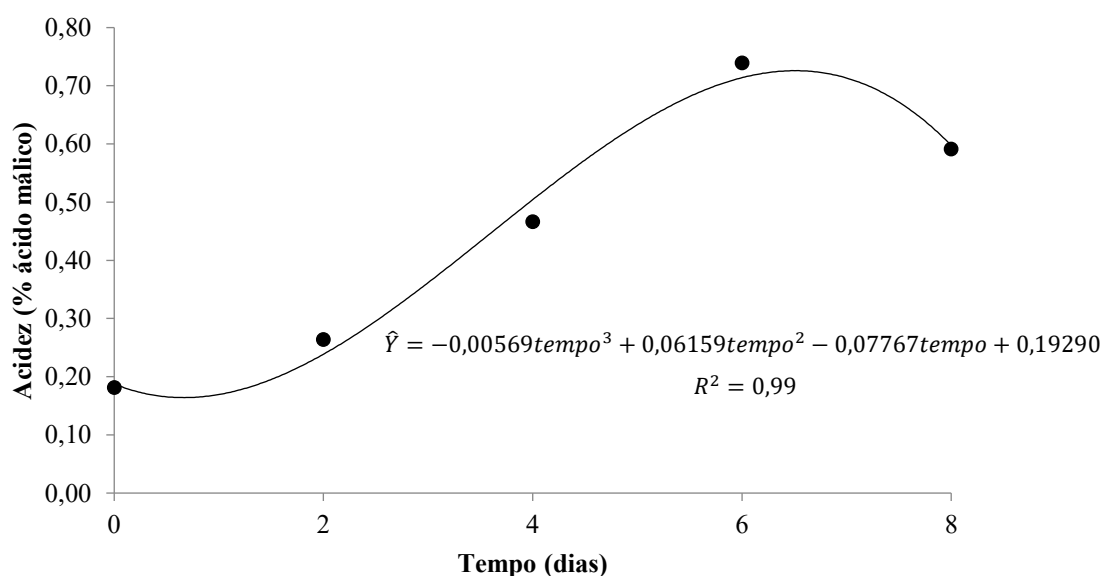
amostra controle (sem revestimento) – e nas subparcelas, os tempos de estocagem (0, 2, 4, 6 e 8 dias). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e à análise de regressão ao nível de 5% de significância.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos pela análise de variância indicam que a acidez titulável, o pH e o teor de sólidos solúveis totais foram influenciados apenas pelo tempo de estocagem ($p < 0,05$), enquanto o ratio foi impactado pelo tempo de armazenamento e pelos tratamentos ($p < 0,05$). Assim, somente os dados do ratio foram avaliados por tratamento na análise de regressão.

O modelo de regressão ajustado para o comportamento da acidez titulável durante o armazenamento das bananas (modelo de 3º grau) demonstra que houve uma tendência inicial de aumento, com um pico de acidez no 6º dia de avaliação (0,74%) e decréscimo no último dia de análise, com média de 0,59% (Figura 2). Este desempenho é comum no processo de amadurecimento da banana, fruto que possui como ácido majoritário o ácido málico, o qual foi considerado no cálculo da acidez titulável (%).

Figura 2 - Variação da acidez titulável (% de ácido málico) das bananas Prata Anã estocadas sob temperatura média de 29 °C e Umidade Relativa média de 44%



Fonte: Das autoras, 2021.

A acidez da banana decorre, principalmente, da concentração dos ácidos málico, cítrico e oxálico e seu aumento é justificado pelo metabolismo dos ácidos tricarbóxicos durante o amadurecimento, sendo o decréscimo da acidez após o ponto máximo, explicado pelo início da

senescência, fase em que os ácidos orgânicos são utilizados como substratos do processo de respiração (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Desta forma, a redução da acidez no 8º dia de estocagem é um indício de que as bananas já estavam na fase de senescência.

A tendência observada, de aumento gradual da acidez, é similar ao comportamento relatado por Pimentel *et al.* (2010) para banana Prata Anã cultivada no Norte de Minas Gerais e estocada em câmara fria (temperatura de 22 ± 1 °C e umidade relativa de $75 \pm 5\%$), cuja acidez inicial foi de 0,18% (estádio 2 de maturação), com pico de 0,70% (estádio 5) e acidez final de 0,69% (estádio 6). Os autores verificaram que sob as condições de estocagem adotadas, as amostras ultrapassaram o estágio 6 de maturação aos 12 dias de armazenamento.

De acordo com Assis e Brito (2014), as coberturas e os revestimentos comestíveis têm potencial para retardarem o amadurecimento, cuja efetividade depende de fatores como tipo de material utilizado em sua elaboração, características do fruto a ser revestido (superfície, fisiologia etc.), condições de armazenamento entre outros. O fato da acidez, do pH e do teor de sólidos solúveis não terem sido influenciados pelos tratamentos, evidencia, a princípio, que não houve alteração no processo de maturação das bananas. Entretanto, a ausência de impacto dos revestimentos comestíveis sobre o comportamento da acidez é observada no trabalho de Souza, Feitosa e Figueiredo (2018), sobre banana Prata revestida com gelatina, pectina e goma xantana e estocada sob temperatura ambiente ($24,3 \pm 5$ °C) e a $74 \pm 4\%$ U.R. Os autores observaram que a acidez das amostras foi alterada apenas pelo tempo de estocagem e que houve um aumento da acidez entre o 1º e o 3º dia, de 0,18% para 0,31%, seguido por uma estabilidade dos valores (entre 0,36% e 0,38%) até o 9º dia de armazenamento, indicando que ao contrário do presente estudo, as bananas não haviam chegado ao valor máximo de acidez durante esse período.

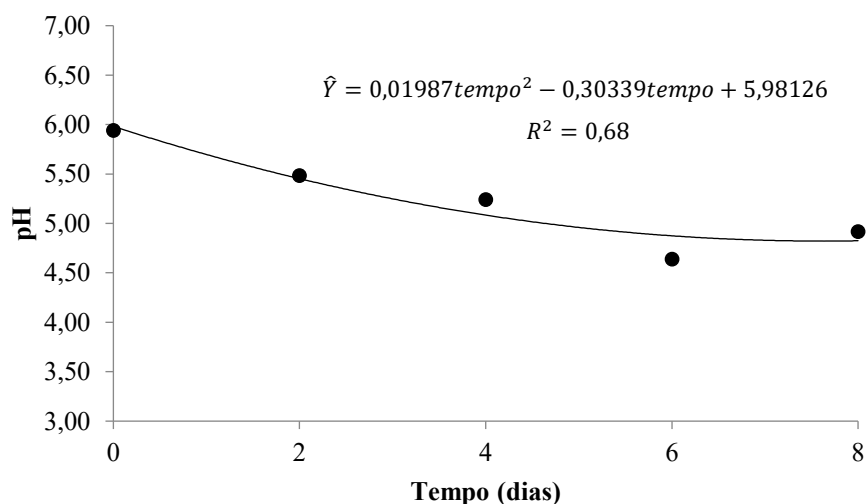
Pigozzi *et al.* (2020) também verificaram que os revestimentos comestíveis não influenciaram a acidez da banana. Os autores realizaram uma pesquisa sobre bananas revestidas com formulações de amido (contendo glicerol como plastificante) e álcool polivinílico e observaram que a acidez titulável (% de ácido cítrico) das amostras oscilou de 0,59% (tempo 0) a 0,22% (8 dias) para bananas estocadas em condição ambiente (20 ± 5 °C e $70 \pm 10\%$ U.R.). Segundo os pesquisadores, a redução da acidez ao longo do armazenamento foi associada ao consumo dos ácidos pelo processo respiratório, contrariando a tendência de aumento observada nesta pesquisa e reportada, também, por Pimentel *et al.* (2010).

Em relação ao pH, observa-se que o modelo de regressão ajustado para o seu desempenho durante a estocagem das bananas (modelo de 2º grau) demonstra que houve uma tendência de decréscimo gradual, decaindo de 5,94 a 4,92 (Figura 3). Esse comportamento reflete o processo de amadurecimento típico da banana, com a queda de pH associada à produção de ácidos, com

consequente aumento do gosto ácido do fruto. De forma semelhante ao verificado para a acidez titulável, os revestimentos elaborados não foram responsáveis pela alteração de valores do pH durante o armazenamento dos frutos, cujo desempenho não é considerado satisfatório, pois demonstra que os revestimentos não conseguiram retardar o processo de maturação.

Pigozzi *et al.* (2020), por sua vez, encontraram comportamento distinto em estudo sobre bananas revestidas com diferentes formulações de amido (com glicerol) e álcool polivinílico, observando efeito da interação entre os revestimentos e o tempo de estocagem sobre o pH, que oscilou de 4,69 a 4,93 durante o armazenamento sob temperatura de 20 ± 5 °C e umidade relativa de $70 \pm 10\%$. Os autores verificaram, também, que a amostra controle (sem revestimento) apresentou menor valor de pH quando comparada às bananas revestidas.

Figura 3 - Variação do pH das bananas Prata Anã estocadas sob temperatura média de 29 °C e Umidade Relativa média de 44%



Fonte: Das autoras, 2021.

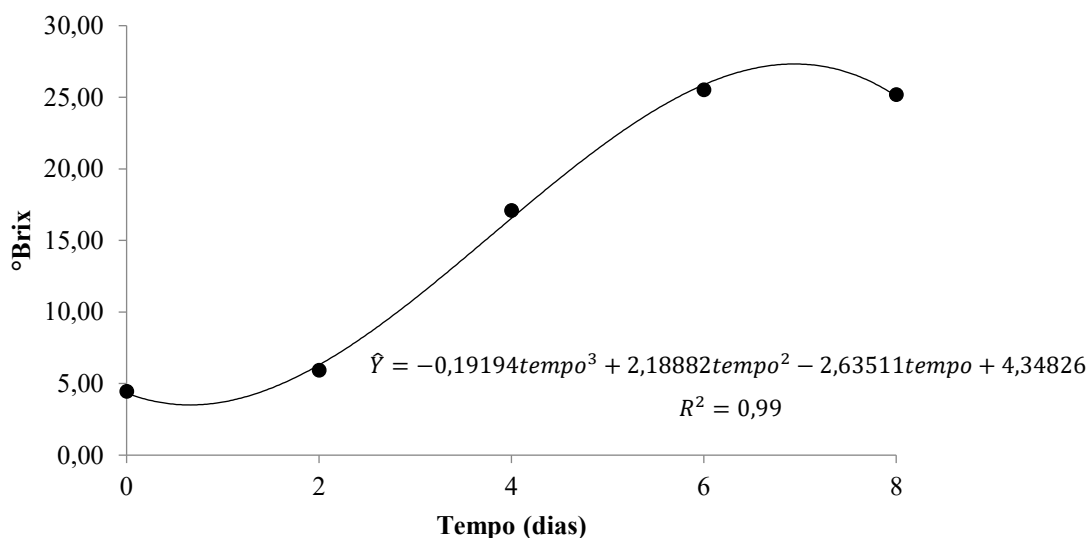
Ao investigarem o comportamento da banana Prata revestida com formulações elaboradas com gelatina, pectina e goma xantana a 1%, e armazenadas sob temperatura de $24,3 \pm 5$ °C e umidade relativa de $74 \pm 4\%$, Souza, Feitosa e Figueiredo (2018) observaram uma diminuição do pH durante o período de armazenamento, iniciando com valor médio de 5,36 e apresentando média de 4,70 ao final do experimento, valores próximos aos encontrados no presente estudo (pH inicial de 5,94 e pH final de 4,92). Os autores concluíram que o decréscimo de pH estava associado ao desempenho da acidez, que aumentou durante o armazenamento, corroborando o comportamento inverso esperado para estes parâmetros.

Apesar das médias obtidas para o pH serem levemente superiores aos relatados na literatura, sua tendência de decréscimo durante o amadurecimento é similar ao mencionado nos trabalhos

consultados. De acordo com Neves *et al.* (2009), a faixa de pH ideal para frutos maduros situa-se entre 4,4 e 5,4, valores próximos aos citados por Campelo *et al.* (2020), que relata valores entre 4,2 e 4,8, os quais podem oscilar de acordo com a variedade e o estágio de maturação. Comparando-se às médias obtidas no 8º dia da presente pesquisa, verifica-se que o pH médio das amostras (4,92) ainda se encontrava dentro da faixa relatada como adequada para banana madura.

Na avaliação do teor de sólidos solúveis totais, o modelo de regressão ajustado para o seu comportamento (modelo de 3º grau) demonstra que houve uma tendência de aumento gradual, com um pico entre o 6º e o 8º dias de avaliação (Figura 4). De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), esse aumento é justificado pela transformação de polissacarídeos insolúveis em açúcares solúveis durante a maturação dos frutos.

Figura 4 - Variação do teor de sólidos solúveis (brix) das bananas Prata Anã estocadas sob temperatura média de 29 °C e Umidade Relativa média de 44%



Fonte: Das autoras, 2021.

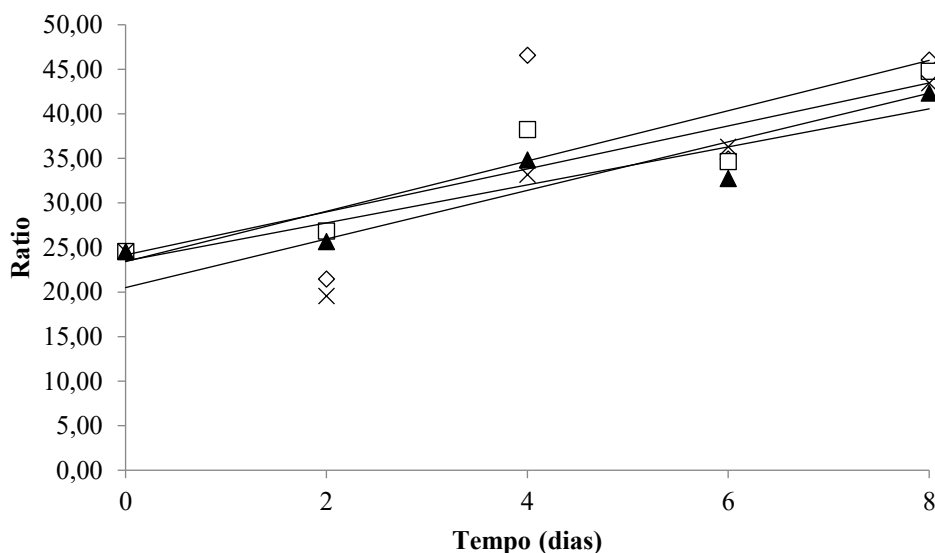
O valor médio observado ao 6º dia de armazenamento foi de 25,51 °Brix, próximo ao encontrado por Souza, Feitosa e Figueiredo (2018) para bananas revestidas com gelatina (25,05 °Brix) e com goma xantana (26,30 °Brix). Os autores verificaram que os frutos revestidos (com gelatina, pectina e goma xantana) apresentaram valores estáveis de sólidos solúveis ao longo dos nove dias de armazenamento. Entretanto, apesar dessa estabilidade, todas as amostras exibiram valores iniciais superiores a 24 °Brix, consideravelmente maiores que os encontrados no presente estudo e superiores, também, à média relatada por Pimentel *et al.* (2010), que foi de 2,13 °Brix e ao valor médio informado por Botrel *et al.* (2002), de 2,2 °Brix.

O comportamento observado na presente pesquisa é similar ao informado por Sarmiento *et al.* (2015) em estudo sobre banana Prata recoberta com filmes de PVC e fécula de mandioca, os quais verificaram aumento dos teores de sólidos solúveis ao longo do armazenamento, chegando ao valor máximo de 24,4 °Brix no 8º dia de armazenamento, com posterior propensão à diminuição dos teores.

A tendência de aumento dos sólidos solúveis durante a estocagem é justificada pela grande quantidade de amido presente na banana verde, componente que é hidrolisado durante o processo de respiração para manter as atividades biológicas do fruto, resultando em um acúmulo de açúcares totais, enquanto a redução do brix após o amadurecimento pode ocorrer devido ao início da senescência (PIGOZZI *et al.*, 2020).

Em relação ao ratio (Figura 5), verificou-se que todos os modelos ajustados para os tratamentos são de 1º grau e que houve uma tendência de aumento com o decorrer do tempo de estocagem. O baixo valor do coeficiente de determinação (R^2) associado ao modelo ajustado para a banana não revestida, pode ser decorrente da variação entre os lotes da matéria-prima, identificada pela oscilação dos valores obtidos para o teor de sólidos solúveis e acidez titulável, características envolvidas no cálculo do ratio.

Figura 5 - Variação do Ratio das bananas Prata Anã submetidas a diferentes tratamentos (revestidas e não revestidas) e estocadas sob temperatura média de 29 °C e Umidade Relativa média de 44%



Fonte: Das autoras, 2021.

Legenda: ◇ Sem revestimento: $\hat{Y} = 23,42067 + 2,82283tempo$; $R^2 = 0,58$

□ 0% Equinácea: $\hat{Y} = 24,17067 + 2,41233tempo$; $R^2 = 0,85$

▲ 0,9% Equinácea: $\hat{Y} = 23,49267 + 2,13333tempo$; $R^2 = 0,86$

× 1,2% Equinácea: $\hat{Y} = 20,50067 + 2,72717tempo$; $R^2 = 0,83$

O ratio representa um balanço entre a doçura e a acidez, sendo avaliado para a padronização de sabor de sucos de frutas, refrigerantes dentre outros produtos. De acordo com Viana *et al.* (2017), esse fator contribui diretamente para a formação do sabor das frutas e dos produtos derivados, sendo que os frutos com maiores valores de ratio apresentam doçura mais marcante e menor acidez, os quais são, muitas vezes, os preferidos pelos consumidores.

Dentre os tratamentos avaliados, verificou-se que as bananas com revestimentos incorporados com 0,9% e 1,2% de Equinácea apresentaram as menores oscilações de ratio até o 6º dia de armazenamento, demonstrando um possível efeito do agente ativo sobre esta característica. A forma de ação da Equinácea purpúrea sobre o teor de sólidos solúveis e sobre a concentração de ácidos dos frutos ainda é desconhecida, visto que os estudos sobre a aplicação desta planta medicinal em alimentos são escassos. Ademais, quando analisados de forma isolada, não se observou o efeito da Equinácea sobre a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis das bananas, situação que pode estar associada a vários fatores, dentre eles, a variação dos valores entre os lotes.

A Equinácea é uma planta medicinal que vem sendo muito pesquisada nas áreas médicas, farmacêutica, entre outras áreas da Saúde, cujos efeitos benéficos – atividade antibacteriana, antiviral, antifúngica e antioxidante – estão associados à presença de diferentes compostos, com destaque para os compostos fenólicos, alquilamidas e polissacarídeos/glicoproteínas (PARSONS *et al.*, 2018). Sua ação antimicrobiana e antioxidante tem potencial para estender a vida de prateleira de diversos produtos e, possivelmente, de auxiliar na conservação dos frutos, pela minimização do crescimento de micro-organismos na superfície e das injúrias decorrentes da sua multiplicação, danos que podem acelerar o metabolismo e a senescência das frutas.

Os valores do ratio ao final da estocagem foram de 42,33 (banana com revestimento com 0,9% de Equinácea), 43,46 (banana revestida com 1,2% de Equinácea), 44,77 (amostra com revestimento 0% de Equinácea) e 46,04 (amostra sem revestimento), os quais foram superiores à média de 28,13 relatada por Pimentel *et al.* (2010) para banana Prata Anã no estágio 6 de maturação (casca toda amarela). O ratio da banana não revestida foi próximo ao valor informado por Viana *et al.* (2017), média de 48,83, correspondente à banana Prata Anã no estágio 7 de maturação (casca amarela com pontos marrons), empregada na elaboração de banana-passa.

Oliveira *et al.* (2013) relatam que as bananas Prata Anã acondicionadas em sacos plásticos de polietileno e estocadas em câmaras de armazenamento sob temperaturas de 15 °C e 25 °C apresentaram um ratio médio de 30,94, calculado a partir dos valores obtidos ao longo da estocagem. Esse valor é inferior aos ratios médios obtidos para todos os tratamentos avaliados, os quais oscilaram de 31,41 (banana com revestimento com 1,2% de Equinácea) a 34,71 (banana não revestida).

Entretanto, ressalta-se que os valores de ratio obtidos no início da estocagem foram superiores a 20,00 (média de 24,54), praticamente o dobro do valor informado por Pimentel *et al.* (2010), média de 11,89, correspondente à banana Prata Anã no estágio 2 de maturação. Os altos valores do ratio neste estudo são decorrentes, principalmente, do teor de sólidos solúveis, pois as amostras de banana já apresentavam, desde o início, uma alta concentração de sólidos solúveis totais (média de 4,44 °Brix), o dobro do relatado por Pimentel *et al.* (2010), cerca de 2,13 °Brix. As médias iniciais da acidez titulável, por sua vez, foram idênticas às relatadas pelos referidos autores, cerca de 0,18%, corroborando a suposição de que o brix foi o principal responsável pelos valores elevados do ratio.

As diferenças observadas entre os valores relatados na literatura e os da presente pesquisa evidenciam que a própria matéria-prima utilizada tem grande influência na evolução das características físico-químicas ao longo da estocagem, as quais estão associadas às condições de cultivo, clima, ocorrência de doenças na lavoura e irrigação. Além desses fatores, Silva *et al.* (2006) reporta que a banana apresenta maturação desuniforme, devido à formação dos frutos em pencas com diferentes idades, fato que pode ajudar a explicar as diferenças encontradas entre as unidades amostrais de um mesmo lote e tratamento.

Como os revestimentos desenvolvidos não influenciaram a maioria das características avaliadas, eles devem ser reformulados com concentrações superiores a 1,2% de Equinácea e combinados a outras condições de estocagem, pois o armazenamento das bananas foi realizado em circunstâncias que não são consideradas como ideais para retardar a maturação dos frutos. De acordo com Silva *et al.* (2006) e Morais (2017), as bananas devem ser climatizadas sob temperatura entre 13 °C e 18 °C e umidade relativa variando de 90% a 95%, para aumentar sua vida de prateleira e uniformizar a maturação. Entretanto, ressalta-se que a escolha pela estocagem sem controle de temperatura e umidade relativa foi intencional, com o objetivo de reproduzir a situação em que as bananas geralmente são transportadas e comercializadas na região Norte Mineira. Os resultados obtidos demonstram a importância da realização de estudos sobre a conservação pós-colheita de banana em condições variadas de estocagem, visto que a fruta é comumente transportada e comercializada em condições ambientais, as quais apresentam grandes oscilações no Brasil.

Conclusão

Todas as amostras de banana Prata Anã apresentaram aumento da acidez, queda do pH e aumento dos sólidos solúveis totais durante o armazenamento sob temperatura média de 29 °C e umidade relativa média de 44%, evidenciando que os revestimentos desenvolvidos não foram eficazes para retardar as alterações dessas características sob as condições adotadas para a estocagem.



A relação entre o teor de sólidos solúveis totais e a acidez, por sua vez, foi influenciada pelo tempo e pelos tratamentos empregados, indicando uma possível interferência da Equinácea purpúrea sobre esta característica, pois as amostras cobertas por revestimentos contendo o agente ativo apresentaram menor oscilação de valores do ratio até o 6° dia de armazenamento.

Considerando que as demais propriedades não foram alteradas pela Equinácea e que outras características, como cor, firmeza, estabilidade microbiológica e qualidade sensorial, são importantes para a pesquisa sobre a conservação da banana *in natura*, estudos adicionais que contemplem essas características devem ser realizados, com uso de revestimentos com concentrações superiores a 1,2% de Equinácea e sob diferentes condições de estocagem (temperaturas inferiores a 29 °C e umidade relativa superior a 44%).

Referências

ÁLVARES, V. S. **Amadurecimento e qualidade da banana ‘Prata’ (*Musa* AAB subgrupo Prata) submetida a diferentes concentrações de etileno.** 2003, 70f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

BOTREL, N. *et al.* Inibição do amadurecimento da banana Prata anã com a aplicação do 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 53–56, 2002.

BRAZEIRO, F. S. G. *et al.* Atividade antimicrobiana de filmes a base de gelatina e quitosana contra *Staphylococcus aureus*. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2018, Santana do Livramento. **Anais [...]**, Santana do Livramento: Universidade Federal do Pampa, 2018. Disponível em: https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/18209/seer_18209.pdf Acesso em: 22 dez. 2020.

CAMPELO, M. E. S. *et al.* Caracterização e aceitação sensorial de banana Prata (*Musa paradisiaca*) produzida em sistemas orgânico e convencional. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65623-65640, 2020.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. D. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

HU, C; KITTS, D. D. Studies on the antioxidant activity of *Echinacea* root extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 5, p. 1466-1472, 2000.

KARSCH-VÖLK, M. *et al.* Echinacea for preventing and treating the common cold. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 2. p. 1-77, 2014.

MAIA, V. M. *et al.* Áreas e tipos de danos mecânicos sobre o comportamento pós-colheita de bananas ‘Prata Anã’. **Unimontes científica**, v. 19, n. 2, p. 40-50, 2017.



MORAIS, A. S. C. **Influência de embalagem plástica, sílica gel e permanganato de potássio na conservação pós-colheita de banana “Prata”**. 2017, 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

NEVES, L. C. *et al.* Pós-colheita em frutos tropicais - banana. *In*: NEVES, L. C. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**, 1. ed., Londrina: EDUEL, 2009, p. 387-397.

OLIVEIRA, C. G. *et al.* Características pós-colheita de bananas 'Prata anã' e 'BRS Platina' armazenadas sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 891-897, 2013.

OLORUNDA, A. O. Recent advances in postharvest technologies of banana and plantain in Africa. **Acta Horticulturae**, n. 540, p. 517-597, 2000.

PARSONS, J. L. *et al.* *Echinacea* biotechnology: advances, commercialization and future considerations. **Pharmaceutical Biology**, v. 56, n. 1, p. 485-494, 2018.

PBMH; PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA E PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. NORMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE BANANA. CEAGESP. São Paulo, 2006. Disponível em: http://minas1.ceasa.mg.gov.br/ceasainternet/_lib/file/docagroqcartilhas/BANANA.pdf Acesso em: 22 dez. 2020.

PIGOZZI, M. T. *et al.* Qualidade pós-colheita de banana revestida com álcool polivinílico e amido. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 74637-74648, 2020.

PIMENTEL, R. M. A. *et al.* Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana PA42-44 e Prata-Anã cultivados no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 407-413, 2010.

RADY, M. R.; ABOUL-ENEIN, A. M.; IBRAHIM, M. M. Active compounds and biological activity of in vitro cultures of some *Echinacea purpurea* varieties. **Bulletin of the National Research Centre**. v. 42, n. 20, p. 1-12, 2018.

SANTOS, W. W. V. *et al.* Efeito de diferentes métodos de maturação sobre a qualidade da banana Prata. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 3, p. 1092-1104, 2019.

SARMENTO, D. H. A. *et al.* Armazenamento de banana ‘Prata Catarina’ sob temperatura ambiente recobertas com fécula de mandioca e PVC. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 235-241, 2015.

SILVA, C. S. *et al.* Amadurecimento da Banana-Prata climatizada em diferentes dias após a colheita. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 103-111, 2006.

SILVA, S. O.; SANTOS-SEREJO, J. A.; CORDEIRO, Z. J. M. Variedades. *In*: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2004, p. 45-58.

SOUSA, S. F; FEITOSA, R. M; FIGUEIREDO, R. M. Aplicação de diferentes revestimentos na conservação pós-colheita da banana cv. Prata. **Nativa**, v. 6, n. 6, p. 563-568, 2018.

VIANA, E. S. *et al.* Produção de bananas-passa com frutos de variedades melhoradas e avaliação da qualidade físico-química e sensorial. **Boletim do CEPPA**, v. 35, n. 1, p. 1-10, 2017.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed., 1. ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.



02 Capítulo

Precipitação proteica de
Pereskia aculeata Miller
(ora-pro-nobis) por uso
de álcool isopropílico

Capítulo 2

Precipitação proteica de *Pereskia aculeata* Miller (ora-pro-nobis) por uso de álcool isopropílico

Camila Sales de Rezende¹; Ana Cristina Freitas de Oliveira Meira²; Isabelle Cristina Oliveira Neves³; Mariana Oliveira Mendes⁴; Jaime Vilela de Resende⁵; Lizzy Ayra Alcântara Veríssimo*⁵

Resumo

Pereskia aculeata Miller, conhecida como ora-pro-nobis (OPN), é uma planta perene, pertencente à família *Cactaceae* e tem o cultivo amplamente distribuído no território brasileiro, podendo ser encontrada desde a Bahia até o Rio Grande do Sul. Este é um exemplo de planta alimentícia não convencional (PANC) que apresenta simplicidade de cultivo, alta produtividade e fácil propagação. A folha de ora-pro-nobis se destaca pelo seu alto conteúdo proteico, com proteínas de alta digestibilidade e pela presença de mucilagem e nutrientes, como os minerais. Diante disto, a obtenção das proteínas de OPN purificadas torna-se de grande importância. Uma técnica de purificação frequentemente utilizada é a precipitação alcoólica. Essa técnica tem potencial de uso industrial, devido à baixa toxicidade, possibilidade de recuperação do solvente e baixo custo. Logo, neste trabalho, estudou-se a precipitação das proteínas do ora-pro-nobis com o uso de álcool isopropílico. Para tanto, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial completo, no qual avaliou-se o efeito do pH (2; 3,5 e 5) do extrato das folhas da OPN e proporção de álcool isopropílico:extrato de ora-pro-nobis (1:1; 2:1 e 3:1 v/v) na precipitação dessas proteínas, à temperatura de 4 °C. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguido de teste de média Tukey, com nível de significância 5%. O ensaio que apresentou maior porcentagem de precipitação ($99,22 \pm 0,36\%$) foi obtido utilizando concentração de solvente:extrato de OPN 2:1 (v/v) e pH 3,5. Maiores concentrações de solvente orgânico promoveram aumento no teor de proteína precipitada, efeito atribuído à diminuição da atividade de água e constante dielétrica do meio. O pH 2, mais próximo ao ponto isoelétrico da proteína de ora-pro-nobis, também favoreceu o aumento na porcentagem de proteína precipitada. Os resultados indicam que o álcool isopropílico é um solvente orgânico eficaz na precipitação das proteínas do OPN.

Palavras-chave: Arabinogalactana. Biomolécula. Constante dielétrica. Desidratação. Isopropanol.

¹ Discente de Graduação, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

² Discente de Doutorado, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

³ Docente, Departamento de Ciência Agrárias, Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Bambuí.

⁴ Discente de Mestrado, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

⁵ Docente, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

* E-mail para correspondência: lizzy.alcantara@ufla.br

Introdução

As proteínas estão presentes nos mais diversos alimentos em diferentes proporções. Os alimentos de origem animal como carnes, ovos, leite e derivados, são os que contém maior quantidade deste macronutriente, também encontrado em menor proporção em cereais integrais, feijões, legumes e vegetais folhosos. Segundo a RDC nº 269, de 22 de dezembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2005), a ingestão diária de proteína recomendada para adultos é de 50 g por dia. Análises estatísticas indicam que as necessidades anuais de proteína requerida pelos 7,3 bilhões de pessoas no mundo somam cerca de 202 milhões de toneladas (GEA, 2018).

Tradicionalmente, as proteínas de origem animal são mais frequentemente ingeridas pela população. A pecuária representa uma fonte de proteína alimentar bastante explorada, porém demanda grande uso de recursos hídricos e de extensão de terra, o que não acontece com a proteína proveniente de plantas. Visando atender às necessidades nutricionais da população e a demanda por macromoléculas alimentícias com propriedades técnico-funcionais, a indústria de alimentos vem buscando otimizar e flexibilizar a extração de proteínas em diferentes fontes. Dessa forma, observamos a crescente preocupação da indústria em desenvolver e melhorar processos de fabricação industrial sustentáveis, com um aumento no uso de proteínas de origem vegetal (GEA, 2018). Nesse contexto, o cultivo de plantas de baixo custo e fácil cultivo é uma atividade que vem crescendo cada dia mais. O uso de hortaliças não convencionais é uma forma interessante de oferecer alimentação de qualidade e em quantidade para a população (KEPPLE, 2014).

As plantas alimentícias não convencionais (PANCs) se enquadram nesse cenário e são parte importante da biodiversidade. As PANCs são caracterizadas por espécies que possuem uma ou mais partes comestíveis, sendo elas espontâneas ou cultivadas, nativas ou exóticas. Podem também ser entendidas como aquelas que não estão no cardápio cotidiano brasileiro ou não são produzidas em sistemas convencionais (KINUPP; BARROS, 2007). Grande parte se desenvolve espontaneamente em diferentes ambientes e climas, enquanto outros tipos necessitam de cultivo simples e de poucas exigências, com excelente adaptação ao meio, sem a necessidade de fertilizantes ou agrotóxicos (FUHR, 2016; SOUZA *et al.*, 2009).

A flora brasileira possui uma extensa biodiversidade de plantas com propriedades nutricionais significativas. Como exemplo, têm-se a *Pereskia aculeata* Miller, ou comumente conhecida como ora-pro-nobis. Esta planta alimentícia é pertencente à família *Cactaceae*, originária da América tropical e encontrada em grande extensão do território brasileiro, desde a Bahia até o Rio Grande do Sul. Este vegetal é uma trepadeira arbustiva nativa da flora brasileira e tem como característica ser uma planta perene, semiereta e com folhas suculentas, como mostra a Figura 1. Sob o aspecto de



cultivo o OPN se destaca, devido à sua alta resistência às restrições hídricas do solo e sua facilidade em adaptação ao clima quente, sendo, portanto, uma planta de fácil cultivo e propagação (BRASIL, 2010; TOFANELLI; RESENDE, 2011).

Figura 1 - Ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller)



Fonte: Dos autores, 2021.

As folhas de *Pereskia aculeata* Miller possuem importantes qualidades nutritivas, como alto teor do carboidrato arabinogalactana, aminoácidos essenciais, como lisina e triptofano, e minerais, como cálcio, fósforo, magnésio, ferro e cobre (GARCIA *et al.* 2019; TOFANELLI; RESENDE, 2011; MARTIN *et al.*, 2017). Além disso, apresenta alto teor de proteínas, sendo conhecida como “carne de pobre” (ROCHA *et al.*, 2008). Algumas pesquisas relatam que seu teor de proteína bruta varia de 17,4% a 25,4% em relação à matéria seca (ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA, 1974; ROCHA *et al.*, 2008). Os níveis de proteína e aminoácidos encontrados são substancialmente mais altos do que a quantidade mínima recomendada pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (CONCEIÇÃO *et al.*, 2014; TAKEITI *et al.*, 2009).

As folhas de ora-pro-nobis são apontadas como uma fonte potencial de mucilagens compostas de arabigalactanas ligados a proteínas em sua estrutura. As propriedades tecnológicas desses hidrocoloides são estudadas pela comunidade científica. Relata-se sua capacidade de formação de géis e emulsões (CONCEIÇÃO *et al.*, 2014; JUNQUEIRA *et al.*, 2018; JUNQUEIRA *et al.*, 2019; LIMA JUNIOR *et al.*, 2013), formação de nanoemulsões de óleo-em-água por meio da sonicação ultrassônica (LAGO *et al.*, 2019), formação de filmes biodegradáveis (OLIVEIRA *et al.*, 2019) e microencapsulação do composto bioativo α -tocoferol (NEVES *et al.*, 2020). Foi avaliada também a adição da mucilagem das folhas de ora-pro-nobis em bebidas lácteas fermentadas (AMARAL *et al.*, 2018). Desta maneira, é possível perceber que a utilização da mucilagem de ora-pro-nobis possui perspectiva de aplicação em diversas áreas da indústria de alimentos, como para fabricação de

produtos emulsionados e géis, produtos fortificados como bioativos, como material para produção de embalagens biodegradáveis, conforme citado nos trabalhos acima, sendo um hidrocoloide de versátil aplicação.

Uma das técnicas bastante utilizada para purificação de proteínas é a precipitação. A técnica de precipitação das proteínas é utilizada como uma etapa preliminar na purificação destas biomoléculas e pode ser realizada pela via física, química ou físico-química (WATANABE, 2007). É uma técnica simples e rápida para a concentração de proteínas e apresenta vantagens como a redução do volume do meio reacional para estágios posteriores de purificação (ZUÑIGA *et al.*, 2003). A precipitação de proteínas pode ser realizada empregando solventes orgânicos, entre eles etanol e álcool isopropílico. Estes promovem a desidratação molecular e redução da constante dielétrica do meio, de forma a facilitar a agregação molecular e conseqüentemente a precipitação (CAVALCANTI; SANTANA, 2019).

O crescente interesse pela extração de proteínas vegetais decorre da demanda e necessidade de fontes alternativas de proteína com aplicações em alimentos e rações, além do desenvolvimento tecnológico e avanços biotecnológicos que podem facilitar a implementação industrial de processos de extração de proteína (SANTAMARÍA-FERNÁNDEZ; LUBECK, 2020). As propriedades funcionais das proteínas vegetais nos alimentos podem ser usadas com a finalidade de melhorar a textura e estabilidade dos produtos e a capacidade de absorção de água e óleo, auxiliando na emulsificação, capacidade de formação de espuma e geleificação (RODRIGUES; COELHO; CARVALHO, 2012). Concentrados proteicos já foram obtidos por diferentes fontes vegetais, como folhas de *Ficus deltoidea* (ABDULLAH; CHUA; RAHMAT, 2017), de folhas de jaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*) (CALDERÓN-CHIU *et al.*, 2021), leguminosas (FONSECA, 2019), alfafa (*Medicago sativa*) (KOSHCHUH *et al.*, 2004), fruto e folha do morangueiro (*Fragaria ananassa*) (SILVA *et al.*, 2012), folhas de beterraba (*Beta vulgaris L.*) (TENORIO *et al.*, 2016), nervura central da folha de milho (*Zea mays L.*) (WANG *et al.*, 2016). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito do pH do meio de precipitação e a razão entre o solvente álcool isopropílico e o extrato das folhas da OPN na precipitação das proteínas contidas nas folhas de ora-pro-nobis.

Material e Métodos

Material

O trabalho foi executado no Laboratório de Separação e Purificação de Moléculas e no Laboratório de Refrigeração de Alimentos, do Departamento de Ciências dos Alimentos da



Universidade Federal de Lavras/MG. Para a execução do experimento, foram utilizadas folhas de ora-pro-nobis recém-colhidas na cidade de Lavras - Minas Gerais. Os reagentes álcool isopropílico (99%), hidróxido de sódio (99%) e ácido fosfórico (99%) foram adquiridos da empresa Vetec (São Paulo, Brasil).

Obtenção do extrato de ora-pro-nobis

As folhas de ora-pro-nobis colhidas na Universidade Federal de Lavras foram transportadas em isopor com gelo até o local de processamento, visando reduzir a atividade metabólica e enzimática da folha. Para obtenção do extrato, utilizou-se a proporção de 1 kg de folha para 5 L de água, à temperatura de 10 °C, triturando-se por 10 min em um liquidificador industrial (Metvisa LG10, Brasil). Em seguida, a mistura obtida foi manualmente filtrada com tecido organza para retirada das fibras e, assim, o líquido obtido foi submetido a uma filtração à vácuo por meio de um funil de Buchner acoplado a uma bomba de vácuo (Primar MC 1284, Brasil), utilizando-se como meio filtrante três camadas de organza (LIMA JUNIOR *et al.*, 2013; CONCEIÇÃO *et al.*, 2014; NEVES *et al.*, 2020). Por fim, o resíduo de fibras retido na filtração foi descartado e o extrato (líquido filtrado) foi armazenado em *ultrafreezer* até o momento das análises de precipitação. Um fluxograma do processo de preparo do extrato da OPN pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do processo de preparo do extrato de ora-pro-nobis



Fonte: Dos Autores, 2021.

Delineamento experimental

O processo de precipitação foi realizado seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial completo (Tabela 1) com três repetições. Foi avaliado o efeito da

proporção entre álcool isopropílico:extrato de OPN (1:1; 1:2 e 1:3 v/v) e do pH do extrato de OPN (2,0; 3,5 e 5,0) na precipitação das proteínas da OPN.

Tabela 1 - Delineamento experimental aplicado para a avaliação da precipitação das proteínas da ora-pro-nobis

Tratamentos	Concentração de álcool isopropílico: extrato de OPN	pH
1	1:1	2,0
2	2:1	2,0
3	3:1	2,0
4	1:1	3,5
5	2:1	3,5
6	3:1	3,5
7	1:1	5,0
8	2:1	5,0
9	3:1	5,0

Fonte: Dos Autores, 2021.

Precipitação das proteínas de OPN

Para realização dos ensaios de precipitação, inicialmente, 10 mL de extrato de OPN foram adicionados a tubos de centrífuga de 15 mL e foi feito o ajuste do pH de acordo com o delineamento proposto na Tabela 1. Foi usado ácido fosfórico P.A. e hidróxido de sódio (1 mol/L) para ajuste do pH. Em seguida, para cada tratamento foi adicionado a respectiva quantidade de álcool isopropílico e o pH foi aferido novamente e quando necessário ajustado. Todos os tratamentos foram realizados em triplicata. Os tubos foram mantidos em banho termostático a 4 °C por 1 h (CAVALCANTI; SANTANA, 2019). Por fim, as amostras foram centrifugadas a 6000 rpm ($4677 \times g$) por 20 min e alíquotas do sobrenadante foram coletadas para quantificação das proteínas.

Quantificação das proteínas de OPN

O conteúdo de proteínas antes e após o processo de precipitação foi determinado segundo o método de Bradford (1976), a 595 nm, por meio da leitura direta da absorbância em espectrofotômetro (Nova 200 UV, Brasil). Uma curva analítica foi construída usando solução de albumina de soro bovino (BSA) como padrão, em concentrações variando de 0,10 mg/mL a 1,0 mg/mL.



A porcentagem (%) de proteína precipitada foi calculada a partir da Equação 1:

$$PP = \frac{PI - PS}{PI} * 100 \quad (\text{Eq.1})$$

em que *PP* (%) é a porcentagem de proteína precipitada; *PI* (g/L) é a concentração de proteína inicial; e *PS* (g/L) é a concentração de proteína do sobrenadante.

Análise estatística

Os resultados experimentais obtidos a partir do fatorial completo foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguindo de teste de média de Tukey a 95% de significância, usando SAS University Edition (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Resultados e Discussão

Precipitação de proteínas

Para realização dos ensaios de precipitação, foram misturados 10 mL de extrato de OPN à respectiva quantidade de álcool isopropílico e o pH foi ajustado, conforme descrito no delineamento experimental (Tabela 1). Após serem mantidos em banho termostático a 4 °C por 1 h, foi observada a formação de precipitado nos tubos de ensaio (Figura 3).

Figura 3 - Precipitação de proteínas de OPN em função da proporção de isopropanol, em pH 3,5



Fonte: Dos Autores, 2021.

Os resultados experimentais do percentual de proteínas precipitadas em cada tratamento são apresentados na Tabela 2. Nota-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos

estudados pelo teste de Tukey (Tabela 2). Os tratamentos que utilizaram maiores concentrações de solvente obtiveram resultados de %PP acima de 79%.

Tabela 2 - Resultados médios da porcentagem (%) de proteínas precipitadas em função dos tratamentos avaliados

Tratamentos	Porcentagem de Precipitação (%)
1	73,33 ± 2,19 ^{bc}
2	92,13 ± 1,28 ^{ab}
3	92,60 ± 4,22 ^{ab}
4	69,03 ± 12,79 ^c
5	99,22 ± 0,36 ^a
6	82,23 ± 2,44 ^{abc}
7	81,58 ± 17,67 ^{abc}
8	79,92 ± 0,51 ^{abc}
9	83,55 ± 3,05 ^{abc}

Fonte: Dos autores, 2021.

Nota: *Os valores médios seguidos de mesma letra para cada tratamento indicam que não há diferença estatística entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se que o melhor tratamento de precipitação foi obtido na condição de pH 3,5 e concentração de álcool isopropílico:extrato de OPN 2:1 (v/v), já que neste resultado verificou-se 99,22% de precipitação de proteína (Tabela 2). Valores expressivos de %PP também foram encontrados nos tratamentos com pH 2 e concentração 2:1 v/v (álcool isopropílico:extrato de OPN) e 3:1 v/v (álcool isopropílico:extrato de OPN), respectivamente. Já os menores valores de precipitação foram observados no tratamento com concentração 1:1 v/v (álcool isopropílico:extrato de OPN) e pH 3,5.

A maior precipitação da proteína foi obtida em pH 3,5, um pH superior a 1,7, que foi o ponto isoelétrico (pI) encontrado por Moraes *et al.* (2019) para as proteínas do extrato das folhas da OPN. Em pH abaixo ou acima do ponto isoelétrico, as proteínas apresentam maior solubilidade no meio aquoso, o que decorre da repulsão eletrostática entre as cadeias carregadas com cargas elétricas similares (LAM; NICKERSON, 2013). Percebe-se então que a ação do solvente em precipitar as proteínas de OPN prevaleceu em relação a ação do pH.

A precipitação por solvente orgânico em soluções aquosas se baseia no fato de que o solvente propicia a redução da atividade de água da solução, ou seja, diminui a capacidade de solvatação da proteína pela água. O solvente faz com que as moléculas de água sejam deslocadas da superfície da proteína e das partes hidrofóbicas internas, facilitando a aproximação das cadeias e propiciando um

aumento das interações hidrofóbicas entre elas. Como resultado, as proteínas se agregam e precipitam (LAM; NICKERSON, 2013; PESSOA JUNIOR; KILIKIAN, 2001).

Outra possível explicação da agregação destas macromoléculas é pela constante dielétrica do meio. O solvente orgânico tem a constante dielétrica menor do que a da água. Isso significa que em uma solução aquosa, o uso do solvente reduz a constante dielétrica do meio o que intensifica as forças eletrostáticas entre as moléculas, sejam elas forças repulsivas ou atrativas. As forças repulsivas propiciam um desdobramento da conformação da molécula da proteína que, estando em um meio de baixa constante dielétrica, interage com outras moléculas de proteínas por interações intermoleculares entre as cadeias laterais dos resíduos de aminoácidos, como força de Van der Waals, interações hidrofóbicas, interações eletrostáticas e ligação de hidrogênio (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007; LAM; NICKERSON, 2013).

O estudo realizado por Jian *et al.* (2014), onde foram caracterizadas as frações do precipitado de goma galactomanona, demonstra que a precipitação ocorreu ao se utilizar 13,5% de álcool isopropílico. Foi demonstrado que na presença do solvente, as ligações de hidrogênio intramoleculares do polímero podem enfraquecer e assim sofrerem mudança conformacional, o que ocasiona precipitação.

Já Cavalcanti e Santana (2019) estudaram o processo de purificação de ácido hialurônico utilizando álcool isopropílico como agente precipitante. Os autores observaram que os melhores resultados de recuperação dos precipitados de ácido hialurônico foram de $76,0 \pm 6,6\%$ e $72,0 \pm 7,5\%$, sendo obtidos nas condições experimentais de concentração de álcool isopropílico:caldo fermentado de ácido hialurônico 2:1 v/v e em pH 3 e pH 7, respectivamente. Chang *et al.* (2019) estudaram a produção de isolado proteico de lentilha (IPL) a partir de solventes orgânicos em concentrações variadas (35-95%), e encontraram conteúdo proteico máximo (em base seca) no IPL de $83,75 \pm 2,28\%$ utilizando acetona (35% v/v), de $86,22 \pm 1,39\%$ utilizando etanol (35% v/v), e de $87,19 \pm 0,43\%$ utilizando isopropanol (35% v/v). Adebisi *et al.* (2007) estudaram a concentração de proteínas no farelo de arroz e observaram que após tratamento com diferentes solventes orgânicos, o conteúdo proteico de cada fração, em relação do conteúdo original de proteína, aumentou de 69% para 97% para a albumina, de 71% para 90% para a globulina, de 74% para 83% para a glutelina e de 18% para 20% para a prolamina. Pham *et al.* (2017) estudaram a extração de proteínas da farinha de sementes de abóbora desengordurada utilizando um solvente composto por água destilada, NaCl 5%, etanol 70% e NaOH 0,1 M para isolamento das frações de albumina, globulina, prolamina e glutelina, respectivamente. Neste estudo, concentrados de albumina, globulina e glutenina com teores de proteínas de 70,4%, 77,9% e 72,3%, respectivamente, foram isolados de farinha de semente de

abóbora desengordurada. Todos os estudos demonstram a eficiência de solventes orgânicos, como o isopropanol, na purificação de proteínas de fontes vegetais.

Em relação ao presente estudo, nota-se ainda que alguns tratamentos com pH 2 apresentaram alta porcentagem de precipitação de proteínas da OPN, visto que é o pH mais próximo ao ponto isoelétrico delas. Neste pH, as proteínas apresentam menor solubilidade e carga líquida nula, o que resultará em menor repulsão eletrostática e conseqüentemente precipitação dessas moléculas (LAM; NICKERSON, 2013).

Ainda sobre o estudo de Morais *et al.* (2019) que explorou a técnica de precipitação por *salting out*, verificou-se que o melhor resultado obtido foi de 69% de *PP*, utilizando-se sulfato de amônio na concentração de 1,0 mol/L. Ao comparar com os resultados obtidos neste trabalho utilizando a precipitação por solvente, pode-se concluir que os resultados apresentados aqui foram superiores aos obtidos por Morais *et. al* (2019).

Conclusão

Através do presente estudo foi possível determinar as condições ótimas de pH e concentração do solvente orgânico álcool isopropílico para obtenção de um concentrado proteico proveniente da precipitação alcoólica de extrato de ora-pro-nobis. Maiores concentrações de solvente orgânico promoveram aumento no teor de proteína precipitada, sendo que resultados expressivos foram encontrados nas concentrações de 2:1 v/v (álcool isopropílico:extrato de OPN) e 3:1 v/v (álcool isopropílico:extrato de OPN). O pH 2, mais próximo ao ponto isoelétrico da proteína de ora-pro-nobis, também favoreceu o aumento na porcentagem de proteína precipitada. O melhor tratamento de precipitação foi obtido na condição de pH 3,5 e concentração de álcool isopropílico:extrato de OPN 2:1 (v/v), onde verificou-se 99,22% de precipitação de proteína.

Por fim, foi possível verificar que o álcool isopropílico como agente de precipitação de proteínas das folhas de ora-pro-nobis se mostrou um solvente adequado para a operação de precipitação.

Referências

ABDULLAH, F. I.; CHUA, L. S.; RAHMAT, Z. Comparison of protein extraction methods for the leaves of *Ficus deltoidea*. **Journal of fundamental and Applied Sciences**, v. 9, n. 2, p. 908-924, 2017.



ADEBIYI, A. P. *et al.* Preparation and characterization of high-quality rice bran proteins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 7, p. 1219-1227, 2007.

ALMEIDA FILHO, J.; CAMBRAIA, J. Estudo do valor nutritivo do “ora-pro-nóbis” (*Pereskia aculeata* Mill.). **Revista Ceres**, v. 21, n. 114, p. 105-111, 1974.

AMARAL, T. N. *et al.* Blends of *Pereskia aculeata* Miller mucilage, guar gum, and gum arabic added to fermented milk beverages. **Food Hydrocolloids**, v. 79, p. 331-342, 2018.

BRADFORD, M. M. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não convencionais**. Brasília: MAPA/ACS, 2010. 52 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/108985/1/Cartilha-Hortalicas-nao-convencionais.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2021.

BRASIL. RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 set. 2005. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0269_22_09_2005.html. Acesso em: 08 jun. 2021.

CALDERÓN-CHIU, C. *et al.* Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) leaf as a new source to obtain protein hydrolysates: Physicochemical characterization, techno-functional properties and antioxidant capacity. **Food Hydrocolloids**, v. 112, p. 106319, 2021.

CAVALCANTI, A. D. D.; SANTANA, M. H. A. Structural and surface properties control the recovery and purity of bio- hyaluronic acid upon precipitation with isopropyl alcohol. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 573, p. 112-118, 2019.

CHANG, C. *et al.* Reduction of off-flavours and the impact on the functionalities of lentil protein isolate by acetone, ethanol, and isopropanol treatments. **Food Chemistry**, v. 277, p. 84-95, 2019.

CONCEIÇÃO, M. C. *et al.* Thermal and microstructural stability of a powdered gum derived from *Pereskia aculeata* Miller leaves. **Food Hydrocolloids**, v. 40, p. 104-114, 2014.

FONSECA, E. P. **Métodos de extração de proteínas em leguminosas**. 2019. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019.

FUHR, R. **Levantamento de plantas alimentícias não convencionais (PANC) no município de Pato Branco - PR**. 2016. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

GARCIA, J. A. A. *et al.* Phytochemical profile and biological activities of “Ora-pro-nobis” leaves (*Pereskia aculeata* Miller), an underexploited superfood from the Brazilian Atlantic Forest. **Food Chemistry**, v. 294, p. 302-308, 2019.

GEA - GROUP AKTIENGESELLSCHAFT (Org.). **O desafio da proteína**. 2018. Disponível em: <https://www.gea.com/pt/technology-talks/protein-challenge.jsp>. Acesso em: 08 jun. 2021.

JIAN, H. L. *et al.* Characterization of fractional precipitation behavior of galactomannan gums with ethanol and isopropanol. **Food Hydrocolloids**, v. 40, p. 115-121, 2014.

JUNQUEIRA, L. A. *et al.* Effects of change in pH and addition of sucrose and NaCl on the emulsifying properties of mucilage obtained from *Pereskia aculeata* Miller. **Food and Bioprocess Technology**, v. 12, n. 3, p. 486-498, 2019.

JUNQUEIRA, L. A. *et al.* Rheological behavior and stability of emulsions obtained from *Pereskia aculeata* Miller via different drying methods. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 21-35, 2018.

KEPPLE, A. W. **O Estado da segurança alimentar e nutricional do Brasil: Um retrato multidimensional**. Brasília: Ed. Fiat Panis, 2014. 90 p. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/seguranca_alimentar/SANnoBRasil.pdf. Acesso em: 08 jun. 2021.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. s1, p. 63-65, 2007.

KOSHCHUH, W. *et al.* Production of leaf protein concentrate from ryegrass (*Lolium perenne x multiflorum*) and alfalfa (*Medicago sativa* subsp. *sativa*). Comparison between heat coagulation/centrifugation and ultrafiltration. **Desalination**, v. 163, n. 1-3, p. 253-259, 2004.

LAGO, A. M. T. *et al.* Ultrasound-assisted oil-in-water nanoemulsion produced from *Pereskia aculeata* Miller mucilage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 50, p. 339-353, 2019.

LAM, R. S. H.; NICKERSON, M. T. Food proteins: A review on their emulsifying properties using a structure–function approach. **Food Chemistry**, v. 141, n. 2, p. 975-984, 2013.

LIMA JUNIOR, F. A. *et al.* Response surface methodology for optimization of the mucilage extraction process from *Pereskia aculeata* Miller. **Food Hydrocolloids**, v. 33, n. 1, p. 38-47, 2013.

MARTIN, A. A. *et al.* Chemical structure and physical-chemical properties of mucilage from the leaves of *Pereskia aculeata*. **Food Hydrocolloids**, v. 70, p. 20-28, 2017.

MORAIS, L. C. *et al.* Protein recovery from Barbados gooseberry (*Pereskia aculeata* Miller) leaves by salting out and isoelectric precipitation. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 18, n. 2, p. 419-430, 2019.

NEVES, I. C. O. *et al.* Effect of carrier oil on α -tocopherol encapsulation in ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) mucilage-whey protein isolate microparticles. **Food Hydrocolloids**, v. 105, p. 105716, 2020.

OLIVEIRA, N. L. *et al.* Development and characterization of biodegradable films based on *Pereskia aculeata* Miller mucilage. **Industrial Crops and Products**, v. 130, p. 499-510, 2019.



PESSOA JUNIOR, A.; KILIKIAN, B. Capítulo 21: Purificação de produtos biotecnológicos. *In*: SCHIMIDELL, W. **Biotecnologia industrial**. São Paulo: Blucher, 2001. p. 493-523.

PHAM, T. T. *et al.* Effects of pH and salt concentration on functional properties of pumpkin seed protein fractions. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 4, p. e13073, 2017.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Ed. Blucher, 2007.

ROCHA, D. R. D. C. *et al.* Macarrão adicionado de ora-pro-nóbis. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 459-465, 2008.

RODRIGUES, I. V.; COELHO J. F. J.; CARVALHO, M. G. V. S. Isolation and valorization of vegetable proteins from oilseed plants: methods, limitations and potential. **Journal of Food Engineering**, v. 109, n. 3, p. 337-346, 2012.

SANTAMARÍA-FERNÁNDEZ, M.; LÜBECK, M. Production of leaf protein concentrates in green biorefineries as alternative feed for monogastric animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114605, 2020.

SILVA, C. M. *et al.* **Extração de proteínas do fruto e da folha do morangueiro e preparo da amostra para aplicação em eletroforese SDS-PAGE – Comunicado Técnico 183**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91522/1/2012-CTE-0183.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2021.

SOUZA, M. R. M. *et al.* O potencial do ora-pro-nobis na diversificação da produção agrícola familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3550-3554, 2009.

TAKEITI, C. Y. *et al.* Nutritive evaluation of non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, n.1, p. 148-160, 2009.

TENORIO, A. T. *et al.* Recovery of protein from green leaves: Overview of crucial steps for utilisation. **Food Chemistry**, v. 203, p. 402-408, 2016.

TOFANELLI, M. B. D.; RESENDE, S. G. Sistemas de condução na produção de folhas de ora-pro-nóbis. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 466-469, 2011.

WANG, N. *et al.* Evaluation of three protein-extraction methods for proteome analysis of maize leaf midrib, a compound tissue rich in sclerenchyma cells. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-12, 2016.

WATANABE, E. O. **Equilíbrio de fases na precipitação de lisozima e albumina de soro bovino com o uso de sais**. 2007. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ZUÑIGA, A. D. G. *et al.* Revisão: técnicas usadas no processo de purificação de biomoléculas. **B.CEPPA**, v. 21, n. 1, p. 61-82, 2003.

03 Capítulo

Efeito do pré-tratamento
com ultrassom e etanol
na cinética de secagem
de yacon (*Smallanthus
sonchifolius*)

Capítulo 3

Efeito do pré-tratamento com ultrassom e etanol na cinética de secagem de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)

Alisson Felipe Lima Martins*¹; Érica Nascif Rufino Vieira²; Bruno Ricardo de Castro Leite Júnior²,
Afonso Mota Ramos²; Paulo Cesar Stringheta²

Resumo

O yacon é um alimento considerado prebiótico, rico em fibras insolúveis e altamente perecível, devido à alta umidade. A secagem pode ser uma estratégia para aumentar a vida de prateleira deste produto. Desta forma, nesse estudo foi avaliado o efeito dos pré-tratamentos com ultrassom (US) e etanol isolados e combinados na cinética de secagem e na coloração de yacon visando o aumento na taxa de secagem e a redução no tempo de secagem final com mínima interferência sobre a cor do produto. Para isso, cilindros de yacon foram desidratados em secador de bandeja a 50 °C após a aplicação dos pré-tratamentos por US (15 min, 40 kHz, 25°C), por etanol (15min, 90°GL (% m/m) e combinação de ambos. De forma comparativa, uma amostra controle (não submetida ao pré-tratamento por US ou etanol) também foi submetida ao processo de secagem. Os pré-tratamentos foram eficientes para reduzir o tempo de secagem do produto. Especificamente, o etanol se mostrou mais eficiente (redução de 47,6% no tempo de secagem) em relação ao ultrassom (redução de 27,6%) para atingir a umidade final estabelecida em 20%. Além disso, foi observado uma potencialização na redução do tempo de secagem com a combinação dos pré-tratamentos, com uma redução de 54,6 %. Em relação a coloração das amostras, foi verificado que o pré-tratamento com ultrassom teve menor impacto na diferença total de cor (ΔE) em comparação com o pré-tratamento por etanol, com valores próximos à amostra controle. Portanto, este estudo mostra resultados promissores para aceleração do processo de secagem de yacon, porém, outros estudos são necessários para avaliar o efeito destes pré-tratamentos nas características físico-químicas e sensoriais do yacon.

Palavras-chave: Cinética. Cor. Desidratação. Raízes de yacon. Tecnologia de ultrassom.

¹ Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa-UFV.

² Docente, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa-UFV.

*E-mail para correspondência: alisson.l@ufv.br

Introdução

Os produtos de origem vegetal como frutas, hortaliças, cereais, raízes e tubérculos apresentam baixa composição energética e alto teor de fibras, vitaminas, minerais e vários outros biocompostos extremamente importantes para uma dieta saudável e equilibrada. O consumo regular desses tipos de alimentos está diretamente relacionado a prevenção de muitas doenças crônicas, entre elas a obesidade, doenças cardiovasculares, diabetes e vários tipos de câncer (HALL *et al.*, 2009). Ainda assim, a média global do consumo de produtos vegetais está abaixo dos níveis recomendados pela Organização Mundial da Saúde, que estimula o consumo diário de 400 g para cada pessoa (WHO, 2019). Nesse sentido, há a necessidade de incentivar o consumo diário de produtos vegetais, além de buscar tecnologias que assegurem uma maior vida de prateleira, sem reduzir a concentração e a biodisponibilidade destes micro e macronutrientes fundamentais para a saúde humana.

A cultura do yacon (*Smallanthus sonchifolia*) tem origem nos vales andinos que chegou ao Brasil por volta dos anos 80 trazida por imigrantes japoneses. Conhecido como uma fonte abundante de β -(2-1) fruto-oligossacarídeos (FOS) e inulina, é reconhecido como um componente alimentar prebiótico e com diversos benefícios para a saúde. A importância nutricional do FOS e da inulina é que o intestino humano não possui uma enzima para hidrolisar suas ligações glicosídicas, portanto, não são digeridas. Além disso esses compostos proporcionam o estímulo seletivo do crescimento e da atividade de bactérias gastrointestinais, em especial das bifidobactérias, as quais são consideradas promotoras de saúde por estimularem o sistema imune (GUIGOZ *et al.*, 2002). Diversos estudos associam a ingestão regular do yacon com a melhora de algumas características fisiológicas, aumentando a resistência contra patógenos intestinais e promovendo um bom desenvolvimento de resposta imune, incluindo a diminuição de alergias, redução do índice glicêmico, controle dos níveis de colesterol, entre outros (HABIB *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2013; PAREDES *et al.*, 2018).

O beneficiamento do yacon também se apresenta como uma boa oportunidade para agregar valor ao produto, seja em termos de funcionalidade, praticidade, extensão da vida de prateleira ou em rentabilidade para a indústria alimentícia. A tecnologia de secagem é uma operação unitária muito importante, utilizada para reduzir o teor de umidade, com uma grande aplicação ao setor de processamento de alimentos. Tradicionalmente, o método de secagem mais utilizado é a secagem convectiva utilizando ar quente. Esse método de secagem, apresenta algumas desvantagens como: longo período de secagem e utilização de altas temperaturas. Conseqüentemente, alto gasto energético, elevando os custos de produção, deterioração de algumas vitaminas termossensíveis e alterações bruscas na aparência dos produtos. Buscando solucionar esses problemas, a introdução de tecnologias emergentes como pré-tratamentos para secagem convencionais estão se tornando cada



vez mais comuns. Entre essas tecnologias que podem otimizar o processo de secagem, duas são bastante promissoras, o ultrassom (HUANG *et al.*, 2020) e a utilização de etanol (ROJAS; AUGUSTO, 2018a).

Quando o ultrassom é aplicado, produz efeitos como a cavitação, que consiste nas sucessivas compressões e expansões (efeito esponja) do material tratado ou uma pequena agitação interna, que proporcionam uma transferência de massa mais eficiente (LLAVATA *et al.*, 2020) possibilitando a remoção de parte da água fortemente ligada. Em geral, o tratamento com ultrassom reduz a atividade hídrica, melhora a cor do produto e diminui a perda de nutrientes: teor de flavonoides, atividade antioxidante, vitamina C e teor fenólico total (HUANG *et al.*, 2020).

A utilização do etanol como pré-tratamento consiste na dissolução de constituintes da parede celular da matriz, aumentando a porosidade, removendo o ar dos espaços intercelulares e por consequência, elevando a permeabilidade. Com isso o etanol atua reduzindo o tempo de secagem, além disso há evidências que corroboram com a eficiência da utilização do etanol, como pré-tratamento para secagem, na retenção de compostos bioativos (WANG *et al.*, 2019).

Sendo assim, este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da utilização do etanol e ultrassom, combinados ou não, como pré-tratamento na secagem convectiva de yacon (*Smallanthus sonchifolius*).

Material e Métodos

Tubérculos yacon frescos foram obtidos em mercado local (Viçosa, MG). Cilindros foram extraídos da parte central dos tubérculos de yacon utilizando um tubo de aço inoxidável afiado (diâmetro de 2,0 cm). Em seguida, as fatias de yacon (2,0 cm de diâmetro × 0,5 cm de espessura) foram obtidas a partir do corte dos cilindros extraídos.

Os pré-tratamentos avaliados incluem as amostras controle (que são as fatias de yacon que não foram submetidas a nenhum pré-tratamento) e aquelas que foram pré-tratadas com etanol e/ou ultrassom da seguinte forma: Para o pré-tratamento com etanol, as fatias de yacon, foram previamente pesadas e depois imersas por 15 minutos em 125 mL de etanol com 90° GL (% m/m). Após esse período, o excesso de etanol foi removido e as fatias de yacon foram secas com toalhas de papel. Esse processo foi conduzido em triplicata. Para o pré-tratamento com ultrassom, as fatias de yacon foram imersas em 125 mL de água destilada e depois processadas por US por 15 minutos. O ultrassom foi aplicado utilizando banho ultrassônico (SSBu 6L, Solidsteel, Piracicaba, Brasil). A temperatura durante o processamento foi mantida em 25 ± 2 °C, utilizando um banho ultratermostático auxiliar (SSDu 10 L, Solidsteel, Piracicaba, Brasil). A frequência de ultrassom utilizada foi de 40 kHz. As



amostras foram posicionadas no ponto de maior densidade ultrassônica. O processo foi conduzido em triplicata. Para as amostras tratadas com etanol + ultrassom, foi realizado o mesmo procedimento do pré-tratamento com ultrassom, substituindo a água destilada pelo etanol com 90 °GL (% m/m).

A secagem convectiva ocorreu à temperatura de 50 °C, até a condição de peso constante. Essa temperatura foi escolhida com base em testes preliminares. Para o estudo da cinética de secagem, as amostras foram pesadas em uma balança analítica em intervalos de 15 em 15 minutos durante a primeira hora de secagem; de 20 em 20 minutos durante a segunda hora de secagem e de 30 em 30 minutos até que a condição de equilíbrio fosse atingida. Para o processo de secagem, foi utilizado um secador de leito fixo (secador de bandejas) de aço inoxidável (modelo SSD, 85 L, Solidsteel, Piracicaba, São Paulo) com circulação e renovação do ar de secagem.

É importante mencionar que durante o pré-tratamento com etanol as amostras perdem água e sólidos, e ganham etanol. Portanto, segundo Rojas e Augusto (2018b), o parâmetro "umidade" após o pré-tratamento com etanol (MP %) incluem os dois líquidos voláteis, sendo assim, inclui a água remanescente e o etanol absorvido.

A cinética de secagem foi avaliada utilizando-se o Modelo de Page (Equação 1), onde $MR(t)$ é a razão de umidade adimensional no tempo de secagem (t), k (h^{-n}) corresponde ao parâmetro de taxa de secagem e n é o parâmetro de forma adimensional. O parâmetro k pode ser interpretado como um “coeficiente de difusão”, correlacionado com a geometria da amostra; já o parâmetro n sinaliza o “tipo de difusão” durante o processo de secagem. Quando $n > 1$, refere-se a uma super difusão, por outro lado, $n < 1$ está relacionado com uma subdifusão (SIMPSON *et al.*, 2017). Quando $n \neq 1$, evidencia-se a importância de mecanismos que não se referem a difusão, como por exemplo, a capilaridade (ROJAS; AUGUSTO, 2018a).

$$MR = \text{Exp}(-k * t^n) \quad (\text{Eq.1})$$

Os procedimentos analíticos foram realizados em triplicata. Os resultados foram submetidos à estatística descritiva (média e desvio-padrão). Para a comparação das médias, foi utilizada a análise de variância (ANOVA), seguido do teste de Tukey, adotando-se o nível de significância de 5 % de probabilidade ($p < 0,05$).

A cor superficial das fatias de yacon foi avaliada antes e após a secagem utilizando o equipamento colorímetro de triestímulo COLOR QUEST II e o software Universe da Hunterlab, Reston, VA. A determinação de cor foi realizada pela leitura direta de reflectância das coordenadas L^* , a^* , b^* empregando a escala CIELAB L^* , por ser adotada como padrão pela Comissão Internacional de Iluminação. Esse é um sistema de coordenadas retangulares que define a cor em termos de L^* , que numa escala de 0 a 100 representa a luminosidade, variando desde o preto (0) ao branco (100); a^* , que representa a variação entre o verde (valores negativos) e o vermelho (valores

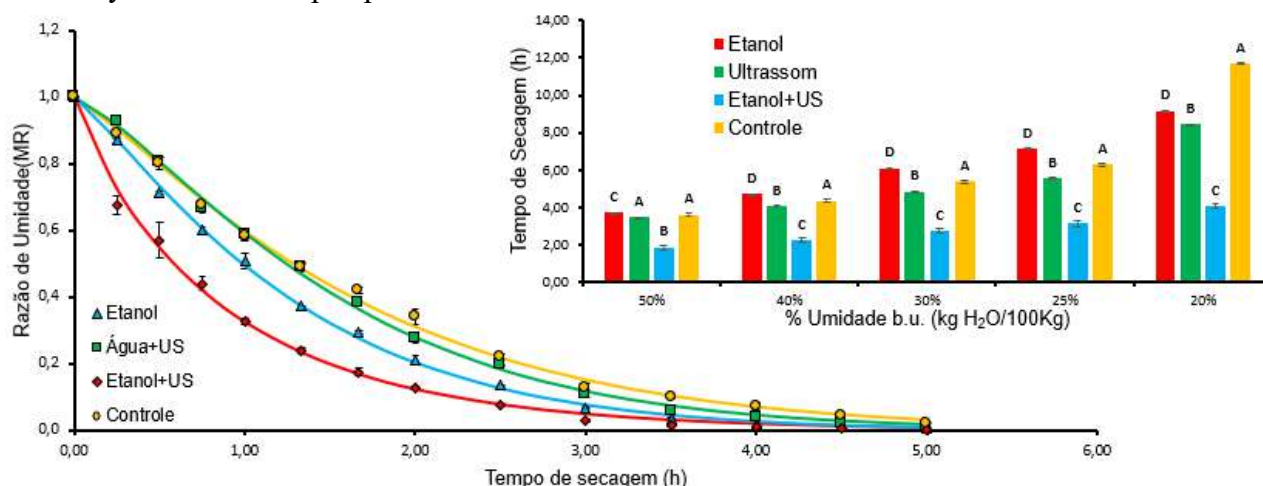
positivos); e por fim, o eixo b*, que representa a variação de azul (valores negativos) ao amarelo (valores positivos). Através destes parâmetros, foi calculada a diferença média de cor (ΔE) entre as amostras submetidas aos diferentes pré-tratamentos e a amostra controle, utilizando a equação 2. Para cada amostra foram realizadas três leituras em diferentes pontos do produto a fim de se obter o resultado médio.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

Resultados e Discussão

Os resultados da cinética de secagem são apresentados na Figura 1, cujo os dados foram ajustados utilizando o Modelo de Page (Equação 1). O gráfico inserido na Fig. 1 mostra o “tempo de secagem”, que é o tempo necessário para se atingir diferentes teores de umidade (50 a 20 % b.u.), com isso foi possível avaliar o comportamento das fatias de yacon, durante as diferentes fases do processo de desidratação.

Figura 1 - Comportamento da razão de umidade (MR) durante o tempo (h) de secagem convectiva de fatias de yacon a 50 °C após processamento com ultrassom e etanol



Fonte: Dos autores, 2021.

De forma geral, todos os tratamentos reduziram o tempo de secagem em relação à amostra controle. As maiores reduções foram observadas nas amostras tratadas com Etanol e Etanol+US. Um comportamento similar foi observado para a curva de secagem da amostra tratada com US em relação à amostra controle.

Não houve diferença estatística entre o tempo de secagem da amostra US e a amostra controle para a umidade de 50 % ($p > 0,05$). Para as demais umidades avaliadas (40 a 20 %), todas os pré-

tratamentos aceleraram o processo de secagem, quando comparados com a amostra controle. A umidade final do produto foi estabelecida em 20 % b.u. (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005). O tempo necessário para atingir essa umidade foi 54,6 % menor para a amostra Etanol+US, a maior redução observada. Contudo, as amostras Etanol e US também reduziram o tempo de secagem; observou-se uma redução de 47,6 % e 27,6 %, respectivamente. Esses resultados são semelhantes aos obtidos com cilindros de cenoura (SANTOS *et al.*, 2020).

De fato, a menor contribuição para reduzir o tempo de secagem é atribuída ao ultrassom, assim como relatado por Rojas e Augusto (2018b), que observaram o mesmo comportamento ao avaliarem a secagem de fatias de yacon. Contudo, foi possível observar que a associação entre o ultrassom e etanol favoreceu a redução no tempo de secagem, ainda que o maior efeito seja devido a utilização do etanol.

O ajuste dos dados ao Modelo de Page (Equação 1), permitiu obter os parâmetros k e n (Tabela 1). Os valores de k para os pré-tratamentos US e a amostra controle, não diferiram estatisticamente entre si. Por outro lado, o maior valor de k foi obtido pelo pré-tratamento Etanol+US.

Tabela 1 - Parâmetros k e n do Modelo de Page (Equação 1) da secagem convectiva de fatias de yacon yacon a 50 ° C pré-tratadas por ultrassom e etanol

Pré-tratamento	Parâmetros do modelo de Page		
	k (h ⁻¹)	n	R ²
Controle	0,516 ± 0,010 ^c	1,182 ± 0,036 ^b	0,9970
Etanol	0,704 ± 0,013 ^b	1,176 ± 0,004 ^b	0,9988
Etanol+US	1,123 ± 0,041 ^a	0,897 ± 0,066 ^c	0,9885
US	0,527 ± 0,019 ^c	1,286 ± 0,034 ^a	0,9982

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: US: Ultrassom.

Notas: Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tratamentos pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

O parâmetro k está associado à taxa de secagem ao longo do processo desidratação. O aumento no valor de k está diretamente relacionado à uma secagem mais eficiente (ROJAS; AUGUSTO, 2018b). Todos os pré-tratamentos com etanol aumentaram a taxa de secagem, reforçando a efetividade dos pré-tratamentos e evidenciando a maior influência do etanol em relação ao ultrassom para reduzir o tempo de secagem.

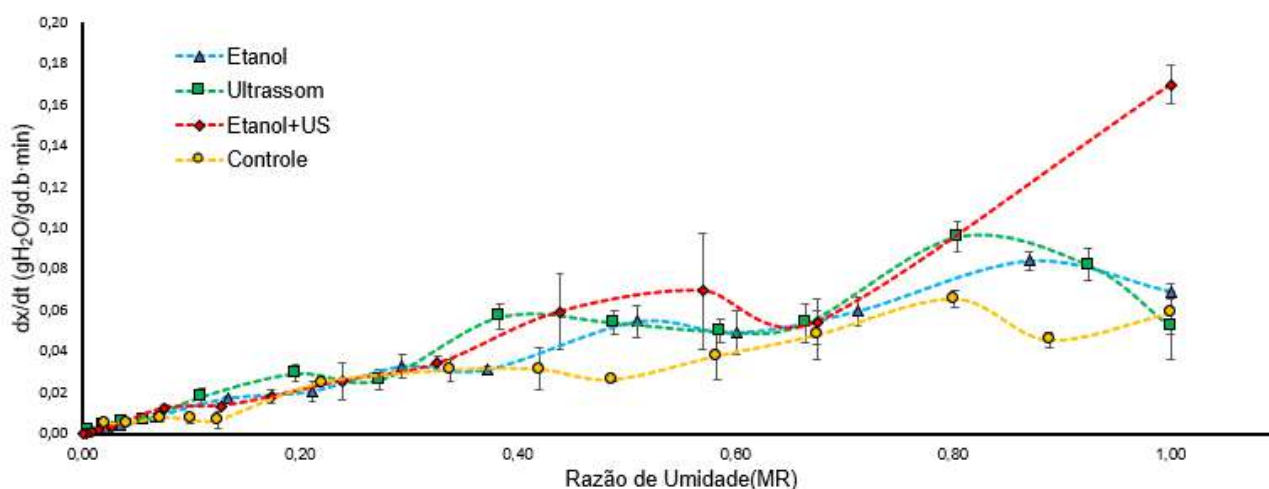
O valor de n está relacionado com o processo de difusão ocorrido durante a secagem. Quando $n > 1$ o processo é super difuso, e em $n < 1$, o processo se torna sub difuso (SIMPSON *et al.*, 2017).

Durante o processo de ultrassom, há a formação de micro canais, causados pela cavitação. Ao que se percebe, essas cavidades são formadas de maneira aleatória, podendo ou não se conectarem entre si ou com a superfície externa, fazendo com que a transferência de massa seja de ligeiramente a extremamente influenciada. Um aumento significativo na difusão e/ou na taxa de secagem só será observado, caso haja a formação de um elevado número de canais e ainda estejam conectados com a superfície externa da amostra.

Foi observado uma redução ou manutenção do valor de n para os pré-tratamento com utilização de etanol. Provavelmente, a diminuição observada no valor de n também pode ser correlacionada com a estrutura da parede celular, mas também com modificações de composição na superfície da amostra produzida pelo etanol e potencializada pelo tempo de processamento do ultrassom.

Para avaliar a real influência tanto do etanol quanto do ultrassom como pré-tratamentos, a taxa de secagem também foi calculada e é apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Comportamento da taxa de secagem de fatias de yacon a 50 °C após processamento com ultrassom e etanol



Fonte: Dos autores, 2021.

Como esperado, os pré-tratamentos aceleraram a taxa de secagem, provocando redução no tempo necessário para desidratação. A influência dos pré-tratamentos sobre a taxa de secagem está relacionada com a composição da matriz alimentar avaliada, o tempo e intensidade das ondas sonoras, para o caso dos tratamentos com ultrassom, e o tempo e concentração do solvente, para o caso dos tratamentos com etanol.

Em relação à amostra controle, as amostras tratadas com US melhoraram a taxa de secagem. Isso pode estar relacionado com a formação de micro canais durante o processo de cavitação. Esses

micro canais facilitam o fluxo da água, que permeia do interior da amostra para o meio externo, favorecendo o processo de secagem.

O aumento da taxa de secagem em amostras pré-tratadas com etanol pode ser explicado pela interação do etanol com a água, resultando em uma mistura com maior pressão de vapor. Além disso, a interação do etanol com a matriz alimentar pode alterar a estrutura das células rígidas e com paredes celulares bem organizadas, o que facilita a difusão da água.

Santos *et al.*, (2020) também observaram maior taxa de secagem para amostras tratadas com Etanol associado ao ultrassom, além disso, todos tratamentos, tanto ultrassom quanto etanol, separadamente, também aumentaram a taxa de secagem, em relação à amostra controle. Os autores salientaram ainda que, apesar da taxa de secagem das amostras tratadas com ultrassom se aproximar da taxa de secagem da amostra controle, isso não exclui definitivamente a participação do ultrassom. A inclinação da curva de secagem de do pré-tratamento com US denota menor tempo de secagem para este tratamento em comparação com o controle. Outro fato que não exclui a influência do ultrassom está relacionado ao ganho de água durante o pré-tratamento, o que impede grandes reduções no tempo de secagem.

As alterações na cor do produto, antes e depois da secagem, também foi avaliada para verificar a influência dos tratamentos com etanol e ultrassom. Antes da secagem, a amostra controle apresentou valor de L^* $59,92 \pm 0,03$ e o tratamento com ultrassom aumentou o valor de L^* para $61,84 \pm 0,03$. O mesmo efeito aconteceu após a secagem, quando o valor de L^* das amostras aumentou de $51,96 \pm 0,10$ (controle) para $53,72 \pm 0,10$ (US). Esse efeito pode ter ocorrido devido à limitação de oxigênio na superfície das amostras imersas em água durante o tratamento com ultrassom. Um comportamento semelhante também foi observado por Nowacka *et al.* (2017), que avaliaram a influência do ultrassom em amostras de kiwi. Por outro lado, os tratamentos com etanol provocaram redução nos valores de L^* , tanto antes quanto após a secagem. Antes da secagem os tratamentos Etanol e Etanol+US resultam e vares de L^* de $54,72 \pm 0,04$ e $51,54 \pm 0,04$; já após a secagem esses resultados foram de $44,51 \pm 0,09$ e $41,09 \pm 0,01$. O mesmo efeito foi observado e cebolinhas tratadas com etanol, antes e após a secagem(WANG *et al.*, 2019). Essas reduções nos valores de L^* podem estar relacionados com a lixiviação de compostos antioxidantes do yacon pelo etanol (CRUZ *et al.*, 2019).

Os valores de mudança de cor da superfície (ΔE) das fatias de yacon são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Diferença total de cor ΔE de fatias de yacon pré-tratadas (antes da secagem) e desidratada (após a secagem)

Pré-tratamento	ΔE	
	Antes da secagem	Depois da secagem
Controle	Referência	9,32 ± 0,09C
Etanol+US	8,38 ± 0,04Ab	20,21 ± 0,02Aa
US	2,49 ± 0,02Cb	7,12 ± 0,08Da
Etanol	5,20 ± 0,04Bb	16,16 ± 0,08Ba

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: US: Ultrassom.

Nota: Letras maiúsculas diferentes na coluna e minúscula na linha indicam diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tratamentos pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

De acordo com a interpretação dada por Choi, Kim e Lee (2002), o valor de ΔE maior que 2 confirma a diferença visível. O ΔE das amostras tratadas apenas com ultrassom foi o que mais se aproximou da amostra controle, apresentando ainda um valor de ΔE menor que a amostra controle após a secagem. O tratamento que provocou maiores alterações na cor do produto, tanto antes quanto após a secagem, foi o Etanol+US, mostrando que o ultrassom pode ter potencializado o efeito de remoção de compostos antioxidantes provocado pelo etanol.

Conclusão

A utilização do etanol e ultrassom foi estudada como pré-tratamentos para melhorar a secagem convectiva de yacon. O etanol se mostrou mais eficiente para redução do tempo de secagem em relação ao ultrassom. Contudo, a combinação do etanol com o ultrassom promoveu a maior redução no tempo de secagem. O tratamento etanol+US apresentou a melhor taxa de secagem. A água absorvida pelas amostras durante o pré-tratamento com ultrassom pode ter afetado o processo de secagem das amostras que passaram por esse tratamento. O tratamento US preservou a característica de cor das amostras, por outro lado, o tratamento etanol+US foi o que mais exerceu influência na coloração do produto. Outros estudos são necessários para avaliar o efeito tanto do etanol quanto do ultrassom na alteração de constituintes importantes, como FOS e inulina, além de verificar o efeito na microestrutura do produto. Este estudo tem resultados positivos acerca do potencial utilização do ultrassom e do etanol como pré-tratamentos para melhorar a secagem convectiva de yacon.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro a este estudo.

Referências

CHOI, M. ; KIM, G. ; LEE, H. Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. **Food Research International**, v. 35, n. 8, p. 753-759, jan. 2002.

CRUZ, P. N. *et al.* Antioxidant activity and fatty acid profile of yacon leaves extracts obtained by supercritical CO₂ + ethanol solvent. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 146, p. 55-64, abr. 2019.

GUIGOZ, Y. *et al.* Effects of oligosaccharide on the faecal flora and non-specific immune system in elderly people. **Nutrition Research**, v. 22, n. 1-2, p. 13-25, 2002.

HABIB, N. C. *et al.* Hypolipidemic effect of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots on diabetic rats: Biochemical approach. **Chemico-Biological Interactions**, v. 194, n. 1, p. 31-39, 2011.

HALL, J. N. *et al.* Global Variability in Fruit and Vegetable Consumption. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 36, n. 5, p. 402-409.e5, maio 2009.

HUANG, D. *et al.* Application of ultrasound technology in the drying of food products. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 63, n. November 2019, p. 104950, 2020.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. Protection of Foods by Drying. In: **Modern Food Microbiology**. Boston, MA: Springer US, 2005. p. 443-456.

LLAVATA, B. *et al.* Innovative pre-treatments to enhance food drying: a current review. **Current Opinion in Food Science**, v. 35, p. 20-26, 2020.

NOWACKA, M. *et al.* Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on the main quality parameters of kiwifruit. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 41, p. 71-78, 2017.

OLIVEIRA, R. B. *et al.* Topical anti-inflammatory activity of yacon leaf extracts. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 23, n. 3, p. 497-505, 2013.

PAREDES, L. L. R. *et al.* International Journal of Biological Macromolecules Yacon fructans (*Smallanthus sonchifolius*) extraction , characterization and activation of macrophages to phagocyte yeast cells. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 108, p. 1074-1081, 2018.

ROJAS, M. L.; AUGUSTO, P. E. D. Ethanol pre-treatment improves vegetable drying and rehydration: Kinetics, mechanisms and impact on viscoelastic properties. **Journal of Food Engineering**, v. 233, p. 17-27, 2018a.



ROJAS, M. L.; AUGUSTO, P. E. D. Ethanol and ultrasound pre-treatments to improve infrared drying of potato slices. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 49, n. April, p. 65-75, 2018b.

SANTOS, K. C. *et al.* Enhancing carrot convective drying by combining ethanol and ultrasound as pre-treatments: Effect on product structure, quality, energy consumption, drying and rehydration kinetics. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 70, n. July 2020, p. 105304, 2020.

SIMPSON, R. *et al.* Understanding the success of Page's model and related empirical equations in fitting experimental data of diffusion phenomena in food matrices. **Trends in Food Science & Technology**, v. 62, p. 194-201, abr. 2017.

WANG, X. *et al.* Effect of vacuum and ethanol pretreatment on infrared-hot air drying of scallion (*Allium fistulosum*). **Food Chemistry**, v. 295, p. 432-440, out. 2019.

WHO, W. H. O. **Increasing fruit and vegetable consumption to reduce the risk of noncommunicable diseases Biological , behavioural and contextual rationale**. Disponível em: <www.who.int/elena/bbc/fruit_vegetables_ncds/en/>. Acesso em: 10 maio 2021.

04 Capítulo

Influência do
processamento
térmico nos compostos
bioativos e atividade
antioxidante da polpa
de buriti



Capítulo 4

Influência do processamento térmico nos compostos bioativos e atividade antioxidante da polpa de buriti

Aline Botelho de Almeida¹; Bruna Vieira Nunes^{*2}; Vanessa Rios de Souza³

Resumo

Conhecido como um dos biomas com maior biodiversidade do mundo, o Cerrado brasileiro apresenta frutos com alta qualidade nutricional e características sensoriais intrínsecas, que os tornam atraentes para serem explorados e comercializados. O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é uma espécie de palmeira de origem amazônica e seu fruto além de saboroso, é capaz de promover benefícios a saúde. O consumo deste fruto é limitado pelo fato de ser um fruto sazonal com propriedades que o tornam altamente perecível sendo, portanto, necessário o processamento térmico para comercialização deste fruto na forma de polpas, sucos e néctares. Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do processamento térmico nos compostos bioativos e na atividade antioxidante da polpa de buriti submetida à temperatura (70, 80 e 90 °C) e tempo de processamento (2, 4, 6, 8 e 10 minutos). Objetivou-se também estudar a cinética de degradação do suco de buriti e avaliar as características físico-químicas e nutricionais do suco durante 50 dias de armazenamento. A degradação dos compostos bioativos ao longo do armazenamento foi avaliada somente após seleção da condição ótima no tratamento térmico. Constatou-se que para a polpa de buriti, o conteúdo de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e carotenoides reduziu em 13,4%, 207,6% e 837,9%, respectivamente, com o aumento da temperatura e do tempo de processamento térmico. Com relação ao tempo de armazenamento, foi possível verificar que as características físico-químicas e nutricionais do suco de buriti se alteram, de modo que o suco apresentou coloração mais alaranjada e pH ácido, fator importante para minimizar a ação de microrganismos. Ao longo do tempo, elevados teores de açúcares e baixos teores de ácidos foram observados, podendo resultar em frutos com sabor suave. Entretanto, embora a capacidade antioxidante tenha aumentado 15,9%, houve uma redução significativa do teor de compostos fenólicos (230%) e de carotenoides (453,4%) em relação ao primeiro dia de armazenamento.

Palavras-chave: Bioma. Deterioração. Miriti. Tratamento térmico.

¹Mestranda em Engenharia de Alimentos, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

²Graduada em Engenharia de Alimentos, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

³Professora Adjunta, Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

*E-mail para correspondência: brunavieiranunes@gmail.com

Introdução

As frutas nativas do Cerrado têm despertado interesse crescente nos últimos anos, devido às suas propriedades nutricionais e funcionais. O Cerrado possui uma grande diversidade vegetal, onde os frutos apresentam características peculiares e a exploração destes constitui uma atividade econômica promissora (DAMIANI, 2009). O consumo regular destes frutos está associado à redução dos efeitos causados pelo estresse oxidativo e, conseqüentemente, ao risco de surgimento de várias enfermidades, como as doenças crônicas não transmissíveis e alguns tipos de câncer (JOSHIPURA *et al.*, 2009). No entanto, poucas pessoas têm acesso a estas frutas, uma vez que são encontradas em algumas regiões do país e durante alguns meses. Dessa maneira, uma forma de aumentar a disponibilidade ao consumidor, além de agregar ainda mais valor ao produto final, é através do processamento nas formas de doces, geleias, sucos, passas, vinagre e polpas (GONZÁLEZ *et al.*, 2015), oferecendo aos consumidores, de forma fácil e conveniente, nutrientes importantes.

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é uma espécie de palmeira de origem amazônica e seu fruto além de saboroso, é capaz de promover benefícios a saúde. Esta palmeira pertence à subfamília Calamoideae, mede de 15-20 m de altura, é típica da costa lamacenta do rio e das ilhas e bem distribuída na região norte do Brasil. Seu fruto apresenta cerca de 75 gramas, com casca vermelha e composta de muitas camadas duras (DAMIANI, 2009). O método de conservação deste fruto ainda é caseiro e não está definido claramente. Em alguns casos, o fruto é despolpado em raspas que são desidratadas no ambiente, em outros é comum o congelamento da polpa fresca ou do fruto inteiro por um tempo indeterminado (FUJITA, 2007).

Na elaboração de néctares, polpas e sucos é geralmente aplicado um tratamento térmico visando a conservação do produto por mais tempo. O tratamento térmico pode ter um impacto positivo (destruição de patógenos e inativação de enzimas indesejáveis) ou negativo (perdas de nutrientes e alterações sensoriais) (CORREIA *et al.*, 2008).

Para determinar um tratamento térmico adequado é ideal avaliar o efeito do binômio de tempo e temperatura sob os nutrientes do produto. Assim como também para estimar a vida útil de um alimento e entender as reações que ocorrem ao longo do tempo de armazenamento faz-se necessários estudos cinéticos. Portanto, o presente estudo objetiva avaliar a influência do processamento térmico nos compostos bioativos e a atividade antioxidante em polpa de buriti. Após seleção da condição otimizada no tratamento térmico, os compostos serão monitorados ao longo do armazenamento. E será estudada a cinética de degradação do suco de buriti em relação à cor, vitamina C, fenólicos totais, carotenoides (β -caroteno e licopeno) e atividade antioxidante, no decorrer de 50 dias de armazenamento.



Material e Métodos

Preparo dos sucos

As polpas de fruta de buriti, sem passar por qualquer tratamento térmico, foram adquiridas diretamente de uma empresa que comercializa polpa de frutas (Sítio do Bello, Paraibuna, SP, Brasil) e acondicionadas em sacos plásticos selados e armazenadas a temperatura de congelamento de -18°C , até o momento das análises.

Tratamento térmico

Após descongelamento, as polpas foram submetidas a diversos tratamentos térmicos. Os tratamentos térmicos foram realizados em banho maria nas temperaturas de 70°C , 80°C e 90°C . Para cada temperatura, as amostras foram submetidas a diversos tempos como 2, 4, 6, 8 e 10 minutos. Dessa forma, de acordo com o delineamento fatorial completo, as polpas foram submetidas a 15 diferentes tratamentos térmicos, totalizando 16 tratamentos considerando o controle (amostra sem tratamento). Após realizados todos os tratamentos térmicos, as amostras foram congeladas para análises posteriores.

Para cada tratamento, 20 mL da polpa foi adicionado em um tubo de ensaio de vidro o qual foi colocado em banho maria ajustado na temperatura desejada. A temperatura da polpa foi controlada por meio de um termômetro digital imerso no líquido. Ao registrar a temperatura desejada o tempo foi contabilizado e em seguida o tubo foi resfriado em banho de gelo. Os tratamentos térmicos foram realizados em triplicata.

Cinética de degradação

Para estudar a cinética de degradação da polpa de buriti ao longo de 50 dias de armazenamento, foi necessário descongelar a polpa que estava a -18°C . Após descongelamento, foi adicionado 30% (m/v) de água a polpa e posteriormente o suco foi submetido ao tratamento térmico de 90°C por 120 segundos. O envase foi realizado à quente em dezoito garrafas de vidro âmbar, sendo 3 para cada tempo de armazenamento, esterilizadas com 100 mL de suco em cada. Em seguida, as amostras foram armazenadas em estufa, tipo BOD, a 5°C durante 50 dias. A cada 10 dias uma amostra foi retirada e então congelada, mas somente após os 50 dias foram realizadas as análises

físico-químicas (cor, acidez titulável, sólidos solúveis totais e pH) e nutricionais (vitamina C, fenólicos totais, carotenoides (β -caroteno e licopeno) e atividade antioxidante) do suco.

Atividade Antioxidante total

Primeiramente, foi necessária obtenção o extrato para analisar a atividade antioxidante por dois métodos: ABTS (RE *et al.*, 1999) e DPPH (BRAND-WILLIANS; CUVELIER; BERSET, 1995). Em suma, 5 mL de cada suco foram homogeneizados com 10 mL de metanol/água 50% (v/v) e ficaram sob agitação mecânica por 1 hora à temperatura ambiente. Posteriormente, as amostras foram filtradas em papel filtro e, em outro recipiente, o resíduo da filtração foi homogeneizado com 10 mL de acetona/água 70% (v/v) e permaneceu sob agitação mecânica por 1 hora à temperatura ambiente. Em seguida, foi filtrado novamente nas mesmas condições anteriormente mencionadas. Os filtrados da primeira e segunda filtração foram transferidos para recipiente de cor âmbar e congelados até a realização da análise.

Inicialmente, a solução de DPPH foi preparada dissolvendo 2,4 mg de DPPH em álcool metílico e o volume completado para 100 mL com o mesmo. Em tubos de ensaio, 0,1 mL do extrato da polpa juntamente com 3,9 mL do radical DPPH foram homogeneizados em agitador de tubos e deixados reagir em ambiente escuro por 30 minutos. Após este tempo, as leituras a 515 nm foram monitoradas a cada minuto até que a absorbância da amostra estabilizasse. Para a calibração do espectrofotômetro (VIS 325-1,000 nm, Biospectro SP-22 modelo, São Paulo, Brasil) foi utilizado álcool metílico, conforme metodologia proposta por Brand-Willians, Cuvelier e Berset (1995). Os resultados foram expressos em EC_{50} (g de polpa integral/g DPPH).

A determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS foi realizada segundo a metodologia descrita por Re *et al.* (1999). O radical ABTS foi preparado a partir da reação de 5 mL da solução estoque de ABTS com 88 μ L de persulfato de potássio. A mistura permaneceu ao abrigo da luz por 16 horas, e posteriormente, foi diluída com 1 mL de etanol para se obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$ nm a 734 nm. O extrato da polpa (30 μ L) preparado reagiu em um tubo de ensaio com 3,0 mL do radical ABTS por 6 minutos, em seguida, a leitura da absorbância foi realizada a 734 nm. Para a calibração do espectrofotômetro foi utilizado álcool etílico como branco. Os resultados foram expressos em micromoles de equivalente Trolox por grama de amostra integral (μ mol de TEs/g).

Análise de Fenólicos Totais

Para determinar o teor de fenólico total, 0,5 mL do extrato da polpa foi adicionado a 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (10%) e 2,0 mL de solução de carbonato de sódio (4%), de acordo com método adaptado de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2002). Ao abrigo da luz, a mistura foi homogeneizada e mantida por um período de 2 horas à temperatura ambiente. As leituras de absorvância foram medidas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 750 nm e para a calibração foi utilizada solução aquosa de ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100 g de amostra integral (mg GAEs/100 g).

Carotenoides

O processo de extração e quantificação dos carotenoides (β -caroteno e licopeno) foi realizado segundo método proposto por Rodrigues-Amaya (2001). Para a extração, cada amostra da polpa foi adicionada de acetona e homogeneizada por um período de 1 hora a 200 rpm em agitador MultiShaker MMS. Cada amostra foi lavada três vezes com acetona por filtração a vácuo e, em seguida, uma alíquota de 45 mL de éter foi vertido através de um funil de separação. A solução de pigmento foi transferida para um balão volumétrico e temperado com éter de petróleo para o volume final de 100 mL. Em espectrofotômetro, as amostras foram analisadas em comprimentos de onda de 450 e 470 nm para o β -caroteno e licopeno, nesta ordem, e para a calibração foi utilizado éter de petróleo. Os coeficientes de extinção para o β -caroteno e licopeno no éter de petróleo são 3450 e 2592, respectivamente, e os resultados foram expressos em mg de β -caroteno ou licopeno por 100 g de amostra.

Análises físico-químicas

Todas essas análises foram realizadas no decorrer de 50 dias de armazenamento. As análises de acidez titulável por volumetria com indicador, sólidos solúveis e pH foram determinados em triplicata de acordo com Instituto Adolfo Lutz (2008). Os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* foram determinados pelo colorímetro Minolta CR 400 (Konica Minolta, SP, Brasil) com D_{65} (luz do dia) e os padrões de CIELab, onde L^* varia de 0 (preto) a 100 (branco), a^* varia de verde (-) para vermelho (+) e b^* varia de azul (-) para amarelo (+).



Análise estatística

A análise estatística foi realizada no software Sensomaker versão 1.9 (PINHEIRO; NUNES; VIETORIS, 2013). O efeito da temperatura e do tempo em relação à atividade antioxidante e dos compostos bioativos da polpa de buriti foi avaliado através da análise de variância (ANOVA) e teste de média de Tukey ao nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Para a análise das características físico-químicas, de fenólicos totais, atividade antioxidante, carotenoides e ácido ascórbico dos diferentes tempos de armazenamento do suco de buriti foi realizada análise de variância, teste de Tukey a 5% de probabilidade, regressão e ajustamento do R^2 para os parâmetros com diferença significativa.

Resultados e Discussão

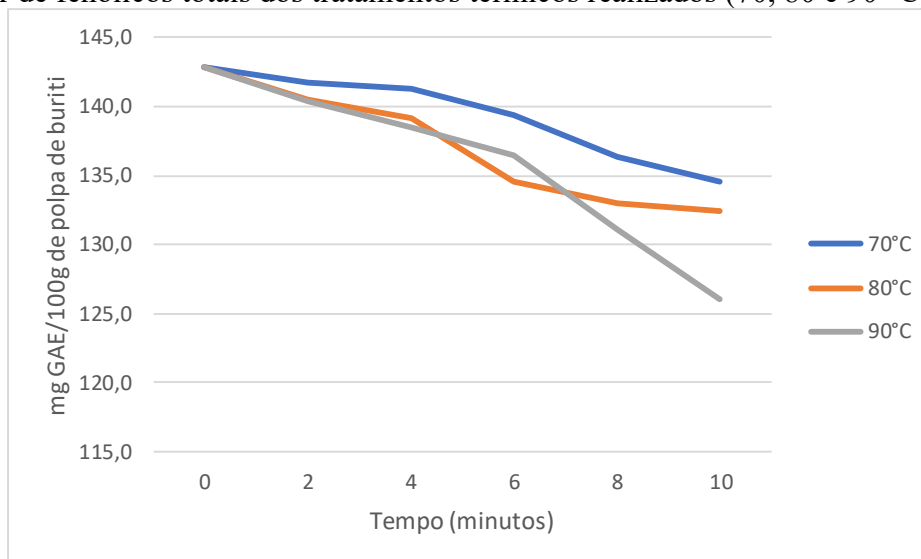
Conforme esperado, foi verificado que o aumento da temperatura e tempo de processamento afeta significativamente o teor dos compostos bioativos e atividade antioxidante. O teor de fenólicos totais nas diferentes formulações reduziu 13,4%, de 142,9 mg GAEs/100 g (70 °C-2 minutos) a 126,0 mg GAEs/100 g (90 °C-10 minutos). Para a análise de fenólicos, pode-se observar na Figura 1 que à medida que foi aumentando o tempo e a temperatura de processamento térmico, o teor de fenólicos foi diminuindo na amostra. Isso acontece em razão da degradação causado pelo calor que foi aplicado na amostra. Essa degradação depende de condições específicas durante o processamento, tais como temperatura, presença de oxigênio, luz, pH, umidade, e duração do tratamento térmico (SUCUPIRA *et al.* 2012). Turkmen *et al.* (2004) avaliaram o efeito do cozimento em vegetais sobre os fenólicos totais e antioxidantes, e observaram que existe uma diminuição do teor de destes compostos à medida que se aumenta a temperatura e o tempo de cozimento. De maneira geral para os vegetais avaliados, o cozimento gerou uma degradação dos compostos citados, ocasionando perdas nutritivas.

Os valores da atividade antioxidante pelo método ABTS variaram entre 35,92 mg/L (70 °C-2 minutos) e 26,47 mg/L (90 °C-10 minutos), numa redução de 35,7%. Os valores da atividade antioxidante pelo método DPPH aumentaram 63,2%, de 1049,40 mg/100 g (70 °C-2 minutos) a 2853,80 mg/100 g (90 °C-10 minutos). A análise de variância com nível de confiança de 95% mostrou que os fatores tempo e temperatura também apresentaram efeitos significativos na capacidade antioxidante ($p > 0,05$). Pode-se observar na Tabela 1 que à medida que aumentava a temperatura, os valores de atividade antioxidante pelo método DPPH também aumentavam. Foi observado essa mesma tendência em relação ao aumento do tempo de tratamentos térmico. Os valores de DPPH encontrados neste estudo diferem do que foi relatado por Sanchez *et al.* (2020) na pasteurização da



polpa de maracujá silvestre, em que o aumento do tempo levou à redução da atividade antioxidante, pois quando submetida ao binômio 82 °C/20 s apresentou 715,71 $\mu\text{mol TE/g}$ e quando a sua aumentou para 40 s a atividade antioxidante reduziu para 591,39 $\mu\text{mol TE/g}$. Abreu *et al.* (2012), também observaram essa mesma tendência em seu trabalho com polpa de tomate, onde verificaram um aumento na atividade antioxidante com o tempo de tratamento térmico pelo método DPPH. Isso acontece, porque no método do DPPH a atividade antioxidante está fortemente associada ao teor de licopeno. Esse aumento do teor de licopeno observado em produtos derivados do tomate, como extratos e molhos, deve-se à ação da temperatura que favorece a ruptura das paredes celulares, aumentando a disponibilidade do licopeno livre. Já Kim *et al.* (2006) em seu trabalho com geleia, observaram que com o processamento térmico da fruta, houve uma diminuição dos compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante na geleia.

Figura 1 – Teor de fenólicos totais dos tratamentos térmicos realizados (70, 80 e 90 °C)



Fonte: Dos autores, 2021.

Os valores de carotenoides variaram de 1,54 (70 °C-2 minutos) a 0,40 mg β -caroteno/100g (90 °C-10 minutos) e de 1,11 (70 °C-2 minutos) a 0,17 mg licopeno/100g (90 °C-10 minutos). Em relação ao tratamento térmico aplicado neste trabalho, foi observado uma diminuição no teor de carotenoides em 285,0% para β -caroteno e 552,9% para licopeno (Tabela 1). A análise de variância com nível de confiança de 95% mostrou que houve diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$). A redução do teor de carotenoides pela ação do calor também foi encontrada por Hoffmann *et al.* (2017) na polpa de butiá submetida a 100 °C durante 15 min, apresentando uma redução de 10% em relação à amostra não tratada termicamente. Caicedo *et al.* (2006) em seu trabalho sobre os efeitos do processamento térmico na estabilidade de β -caroteno, observaram a mesma tendência do presente

trabalho. Com o aumento da temperatura e tempo de processamento, o teor de β -caroteno em néctar de manga foi diminuindo, devido à alta temperatura em que a fruta foi submetida, causando degradação de tal composto.

Tabela 1 – Atividade antioxidante (método ABTS e DPPH) e teor de carotenoides (licopeno e β -caroteno) da polpa de buriti em diferentes condições de tratamento térmico

Temperatura/Tempo (°C/min)	DPPH (EC ₅₀)	ABTS (μ mol TEs/g)	Carotenoide/ Licopeno (mg/100 g)	Carotenoide/ β -caroteno (mg/100 g)
0	1049,4 ^c ± 19,1	35,9 ^a ± 0,6	1,1 ^a ± 0,02	1,5 ^a ± 0,07
70/2	1504,5 ^b ± 8,9	32,9 ^b ± 0,7	0,6 ^b ± 0,06	1,4 ^a ± 0,05
70/4	2992,3 ^a ± 14,2	33,4 ^b ± 0,0	0,6 ^{ab} ± 0,03	1,2 ^b ± 0,07
70/6	1509,7 ^b ± 26,1	32,4 ^{bc} ± 0,6	0,5 ^{ab} ± 0,03	1,5 ^a ± 0,14
70/8	1491,0 ^b ± 9,5	31,2 ^c ± 0,2	0,5 ^c ± 0,04	1,1 ^b ± 0,02
70/10	1512,0 ^b ± 21,8	29,5 ^d ± 0,5	0,5 ^c ± 0,06	1,1 ^b ± 0,01
80/2	1507,0 ^b ± 21,5	30,3 ^b ± 0,5	0,5 ^b ± 0,01	1,4 ^{ab} ± 0,04
80/4	1500,0 ^b ± 41,8	29,8 ^b ± 0,5	0,5 ^b ± 0,01	1,4 ^b ± 0,04
80/6	2919,0 ^a ± 25,1	27,7 ^c ± 0,0	0,4 ^c ± 0,05	1,0 ^c ± 0,03
80/8	1499,8 ^b ± 41,4	27,7 ^c ± 0,0	0,3 ^{cd} ± 0,05	0,6 ^d ± 0,03
80/10	1493,7 ^b ± 13,0	27,8 ^c ± 0,0	0,3 ^d ± 0,03	0,6 ^d ± 0,08
90/2	1488,5 ^b ± 38,5	32,9 ^b ± 0,6	0,6 ^b ± 0,02	1,4 ^a ± 0,07
90/4	1477,1 ^b ± 27,6	31,7 ^b ± 0,5	0,6 ^b ± 0,04	1,3 ^b ± 0,02
90/6	1439,3 ^b ± 13,1	28,6 ^c ± 0,9	0,4 ^c ± 0,03	0,9 ^c ± 0,02
90/8	1448,7 ^b ± 38,6	27,9 ^c ± 0,2	0,2 ^d ± 0,04	0,7 ^d ± 0,04
90/10	2853,8 ^a ± 36,3	26,5 ^c ± 1,4	0,2 ^d ± 0,03	0,4 ^e ± 0,06

Fonte: Dos autores, 2021.

Nota: Os resultados são expressos como valor médio ± desvio padrão (n=3). Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey. ABTS - μ mol de TEs / g = micromoles de Trolox equivalente por grama de peso fresco; EC₅₀= g amostra / g DPPH;

De maneira geral, foi observado uma diminuição dos compostos bioativos e atividade antioxidante com a aplicação do tratamento térmico. Segundo Sucupira *et al.* (2012), essa tendência é esperada pois tais compostos podem ser degradados quimicamente durante o processamento e sua degradação está relacionada a vários fatores, sendo uma delas a temperatura.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 1, pode-se observar que a condição ótima se deu na temperatura de 90 °C/120 s, pois houve menor perda de carotenoides e manutenção da

atividade antioxidante. Portanto, as análises físico químicas e dos compostos bioativos ao longo do armazenamento foram efetuadas nesta condição.

A tabela 2 apresenta as análises físico químicas que foram realizadas ao longo de 50 dias de armazenamento na polpa de buriti. Pode-se observar que o pH apresentou diferença significativa entre os resultados. O valor de pH variou de 3,90 a 4,27, sendo considerado um produto ácido. Resultados diferentes foram encontrados por Filho (2017), para o preparado de buriti, em estudos realizados por Souza *et al.* (2012), foram encontrados valores aproximados, 3,86. Um pH ácido é um fator importante, pois além de conferir sabor agradável, interferem na conservação do produto, pois minimiza a ação de microrganismos (CIABOTTI; DUARTE; CAVALCANTI-MATA, 2000).

Já dentre os parâmetros de cor, somente b não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. L* e b* diminuíram ao longo do tempo e o parâmetro a* teve um leve aumento, significando que com o tempo de armazenamento o suco apresenta maior intensidade de cor vermelha e menor intensidade de cor amarela.

Tabela 2 – Análises físico-químicas ao longo de 50 dias de armazenamento

Tempo (dias)	SS (° Brix)	pH	Acidez (g/ 100 g)	L*	a*	b*
0	5,33 ^a	4,03 ^{bc}	0,42 ^{ab}	38,44 ^b	14,01 ^{bc}	37,01 ^a
10	3,30 ^a	3,90 ^c	0,42 ^{ab}	40,06 ^{ab}	15,18 ^{ab}	35,70 ^a
20	5,70 ^a	4,20 ^{bc}	0,25 ^b	40,69 ^a	13,03 ^c	35,20 ^a
30	5,00 ^a	4,20 ^{bc}	0,31 ^{ab}	39,58 ^{ab}	15,25 ^{ab}	35,63 ^a
40	6,70 ^a	4,27 ^a	0,33 ^{ab}	38,60 ^b	14,14 ^b	35,58 ^a
50	8,30 ^a	4,10 ^{bc}	0,48 ^a	39,10 ^{ab}	15,62 ^a	34,69 ^a

Fonte: Dos autores, 2021.

Nota: Os resultados são expressos como valor médio (n=3). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A acidez titulável é um parâmetro muito relevante nas características sensoriais do produto, em conjunto com o teor de sólidos solúveis (MOREIRA *et al.*, 2014). A acidez do suco de buriti variou de 0,25 g/100 g no vigésimo dia de estocagem a 0,48 g/100 g no final do armazenamento (50 dias), sendo que quanto maior o tempo de armazenamento, maior a acidez do produto. Durante o tempo de armazenamento, houve um aumento no teor de sólidos solúveis, os valores variaram de 5,00 a 8,30 °Brix no final do tempo de armazenamento. Os teores de sólidos solúveis totais são usados como indicador de maturidade para alguns frutos, e sugerem a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidos no suco, sendo constituído na sua maioria por açúcares (CHAVES *et al.*,

2004). O aumento no teor de sólidos solúveis pode estar associado a alterações físicas e químicas durante a estocagem. Elevados teores de açúcares e baixos teores de ácidos resultam em frutos com sabor suave, enquanto elevado teor de ácidos e baixo teor de açúcares proporcionam gosto ácido (CALIMAN *et al.*, 2003).

A Tabela 3 apresenta os dados da análise dos compostos bioativos da polpa de buriti no decorrer de 50 dias de armazenamento. Com relação à atividade antioxidante total, pode-se observar que embora os valores sejam próximos, houve diferença significativa entre todos os tratamentos no método ABTS. Já pelo método DPPH, somente nos dias 20 e 30 de armazenamento não houve diferença significativa entre as amostras. Ao longo de 50 dias de armazenamento, pode-se observar um aumento de 15,9% de captura do radical DPPH pelos antioxidantes presentes na amostra. O estudo da atividade antioxidante dos frutos é de suma importância, em virtude da grande eficácia que possuem na prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo (BARBOSA *et al.*, 2015).

Tabela 3 – Atividade antioxidante (método ABTS e DPPH) e teor de carotenoides (licopeno e β -caroteno) da polpa de buriti em diferentes tempos de armazenamento

Tempo (dias)	ABTS - (μmol TEs/g)	DPPH - (EC_{50})	Total fenólicos (mg GAEs/100 g)	Ácido ascórbico - (mg/100 g)	Carotenoides/ β -caroteno - (mg /100g)	Carotenoides/ Licopeno- (mg /100g)
0	0,2876 ^a	3477,60 ^e	79.40 ^a	40.90 ^{ab}	2.00 ^a	1.33 ^a
10	0,2847 ^b	3746,27 ^d	65.41 ^b	47.37 ^{ab}	1.81 ^b	1.29 ^{ab}
20	0,2813 ^c	3849,36 ^c	37.07 ^c	40.19 ^{ab}	1.71 ^b	1.23 ^b
30	0,2777 ^d	3918,69 ^c	29.11 ^d	58.72 ^a	1.01 ^c	0.80 ^c
40	0,2752 ^e	3918,98 ^b	28.02 ^d	32.72 ^b	0.85 ^c	0.69 ^d
50	0,2713 ^f	4133,54 ^a	23.83 ^d	51.26 ^{ab}	0.54 ^d	0.47 ^c

Fonte: Dos autores, 2021.

Nota: Os resultados são expressos como valor médio (n=3). Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey. ABTS - μmol de TEs / g = micromoles de Trolox equivalente por grama de peso fresco; EC_{50} = g amostra / g DPPH; GAEs (equivalente em ácido gálico).

O teor de compostos fenólicos pode ser influenciado por fatores, como espécie, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de maturação, condições de colheita e armazenagem (SOUSA *et al.*, 2012; VIEIRA *et al.*, 2011), bem como a extração desses compostos para serem analisados. No início da estocagem o valor encontrado foi de 79,40 (mg GAEs/100 g) enquanto no final do tempo de armazenamento chegou a 23,83 (mg GAEs/100 g), ocasionando numa redução de mais de 230%. Esta redução também foi observada por outros autores, Dutra *et al.* (2012) estudaram o efeito do

tratamento térmico (90 °C/20 s até 100 °C/30 s) na concentração de carotenoides, compostos fenólicos, ácido ascórbico e capacidade antioxidante do suco de tangerina e verificaram a redução dos compostos fenólicos ao longo do tempo de armazenamento.

O ácido ascórbico tem a capacidade de ceder e receber elétrons, o que lhe confere um papel essencial como antioxidante (PEREIRA, 2008). O ácido ascórbico, como antioxidante em alimentos, funciona de diversas maneiras; na remoção do oxigênio, prevenindo, portanto, a oxidação de constituintes sensíveis do alimento e na regeneração de antioxidantes, além de atuar sinergicamente com os agentes complexantes e, ou, na redução de produtos indesejáveis da oxidação (RAMALHO, 2005). Embora os valores tenham variado, não foi observada uma tendência, pois ao longo do tempo de armazenamento não ocorreram diferenças significativas entre os valores encontrados.

A partir da tabela 3 também é possível notar que houve uma redução significativa no teor de carotenoides, 183% para licopeno e 270,4% para β -caroteno, ao longo do tempo de armazenamento. Meléndez-Martínez, Vicario e Heredia (2004) e Rodriguez-Amaya, Kimura e Amaya-Farfan (2008) afirmam que alguns fatores físicos e agentes químicos, tais como o calor, ácidos, luz, oxigênio e enzimas, provocam a alteração nos carotenoides, resultando em formação de isômeros cis, epóxidos, diminuição da cor, perda da atividade e quebra da cadeia. As diferenças encontradas também podem ser atribuídas às condições de produção, tais como região, clima, época do ano, grau de maturação, entre outras. Além disso, alterações nos carotenoides também podem estar relacionadas à metodologia utilizada, como a quantidade de reagentes, condições de reação e comprimento de onda de leitura. Outro fator importante na quantificação de carotenoides é o tempo e as condições de armazenamento, pois a perda de umidade do produto leva à concentração da polpa (AZEREDO; BRITO; FARIA, 2004).

Conclusão

Pode-se concluir que a aplicação do tratamento térmico afeta diretamente as características nutricionais, sendo que os teores de carotenoides, capacidade antioxidante e compostos fenólicos sofreram um decréscimo significativo em relação a polpa sem tratamento térmico, sendo tal perda maior quanto mais rigoroso o tratamento térmico (tempo x temperatura).

Também foi possível verificar que com o tempo de armazenamento as características físico-químicas e nutricionais do suco de buriti se alteram, de modo que o suco tende a ficar mais ácido, com mais teor de sólidos solúveis e com uma coloração mais alaranjada. Além disso, houve uma redução significativa do teor nutricional, sendo que houve redução da atividade antioxidante,



carotenoides e fenólicos totais. Em uma próxima etapa é importante avaliar o quanto tais variações podem refletir na aceitabilidade do produto.

Referências

ABREU, W. C. D.; BARCELOS, M. D. F. P. Atividade Antioxidante Total da Polpa de Tomate Submetida ao Processamento Térmico Doméstico em Diferentes Tempos. **Cient Ciênc Biol Saúde**, Minas Gerais, v. 14, n. 2, p. 71-76, mar. 2012.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S.; FARIA, J. A. F. **Fundamentos de cinética de degradação e estimativa de vida de prateleira**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2004. p. 77-96.

BARBOSA, M. A. *et al.* Avaliação da atividade antioxidante pela captura de radicais livres 1,1-difenil-2-picrilhidrazila pelo extrato etanólico em frações de folhas de Smilax sp. Blucher. **Biochemistry Proceedings**, v. 1, p. 57-58, 2015.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, London, v. 28, p. 25-30, 1995.

CAICEDO, A. L. *et al.* Effects of thermal processing and fruit matrix on β -carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into purée and nectar. **Food Chemistry**, Karlsruhe, Germany, v. 102, n. 4, p. 1172-1186, jul. 2006.

CALIMAN, F. R. B. *et al.* Acidez, Brix e sabor de diferentes genótipos de tomateiro produzidos em ambiente protegido e no campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HORTICULTURA, 2003, Recife. **Anais...** Recife: ABH, 2003. Disponível em <<http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/olfg4152c.pdf>>. Acesso em: 24 de mar. de 2021.

CIABOTTI, E. D.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Alterações das características físico-químicas da polpa de maracujá amarelo submetido a diferentes técnicas de congelamento inicial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, p. 51-60, 2000.

CHAVES, M. C. V. *et al.* Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, 2004. Disponível em <<http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/acerola-515653c8767a0.pdf>>, Acesso em: 24 de mar. de 2021.

CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; SANTANA., H. M. P. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alim. Nutr**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 83-95, dez./mar. 2008.

DAMIANI, C. **Caracterização e agregação de valor aos frutos do cerrado: araça (*Psidium guinnensis* Sw.) e marolo (*Annoma crassiflora* Mart.)**. 171 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras. 2009.



DUTRA, A. S. *et al.* Efeito do tratamento térmico na concentração de carotenoides, compostos fenólicos, ácido ascórbico e capacidade antioxidante do suco de tangerina murcote. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, p. 198-207, 2012.

FILHO, J. M. D. M. **Preparado de buriti (Mauritia flexuosa L): produção, caracterização e aplicação em leite fermentado.** São José do Rio Preto, 2017

FUJITA, E. **Qualidade e conservação frigorificada do fruto de buriti.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007

HOFFMANN, J. F. *et al.* Stability of bioactive compounds in butiá (*Butia odorata*) fruit pulp and nectar. **Food Chemistry**, v. 237, p. 638-644, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4º ed. (1º edição digital), 2008.1020 p.

JOSHIPURA, K. J. *et al.* Intakes of fruits, vegetables and carbohydrate and the risk of CVD. **Public Health Nutrition**, Wallingford, v. 12, n. 1, p.115-121, 2009.

KIM, O.I. P.; ZAKOUR, D.O. Jam Processing Effect on Phenolics and Antioxidant Capacity in Anthocyanin-rich Fruits: Cherry, Plum, and Raspberry. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 9, p. 395-400, mai. 2006.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides em los alimentos. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**, v. 54, p. 209-215, 2004.

MOREIRA, I. S. *et al.* Elaboração e avaliação das características físicas e físico-químicas de preparado misto de buriti e pupunha. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 29, p.77-80, 2014.

PEREIRA, V. R. **Ácido Ascórbico – características, mecanismos de atuação e aplicações na indústria.** 2008. 39f. Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Bacharelado em Química de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

PINHEIRO A. C. M.; NUNES C. A.; VIETORIS V. SensoMaker: a tool for sensorial characterization of food products. **Ciênc agrotec**, v. 37, p. 199-201, 2013.

RAMALHO, V. C; JORGE, N. Antioxidantes Utilizados em Óleos, Gorduras e alimentos Gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.4, jul. / ago. 2005.

RE, R. *et al.* Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radic Biol Med**, v. 26, p. 1231-1237, 1999.

RODRIGUES-AMAYA, B. B. **A guide to carotenoid analysis in foods.** Washington: ILSI Press, p. 64, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; FARFAN, J. A. **Fontes brasileiras de carotenoides: Tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008.



SANCHEZ, B. A. O. *et al.* Pasteurization of passion fruit *Passiflora setacea* pulp to optimize bioactive compounds retention. **Food Chemistry**, **X**, v. 6, p. 2590-1575, 2020.

SUCUPIRA, N. R.; XEREZA, A. C. P.; SOUSA, P. H. M. Perdas vitamínicas durante o tratamento térmico de alimentos. **Cient Ciênc. Bio.l Saúde**, Ceará, v. 14, n. 2, p. 121-128, fev. 2012.

SOUSA, P. B. *et al.* Fenólicos totais, carotenoides e capacidade antioxidante de raspas de buriti (*Mauritia flexuosa* L.). **Revista CIENTEC**, v. 4, p. 75-83, 2012.

TURKMEN, N.; SARI, F.; VELIOGLU, Y. S. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. **Food Chemistry**, Ankara, Turkey, v. 93, n. 4, p. 713-718, dez. 2004.

VIEIRA, L. M. *et al.* Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 888-897, 2011.

WATERHOUSE, A. L. **Polyphenolics**: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). *Current protocols in food analytical chemistry*. New York: J. Wiley and Sons, 2002.





05 Capítulo

Sachês ativos para
conservação pós-colheita
de umbu (*Spondias
tuberosa* Arruda)

Capítulo 5

Sachês ativos para conservação pós-colheita de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda)

Herlândia Cotrim Santos*¹; Luciano Bertollo Rusciolelli²; Lucas Britto Landim³; Edinilda de Souza Moreira⁴; Charles Cardoso Santana⁵; Jeislanny Alves Cotrim⁶

Resumo

O umbu (*Spondias tuberosa* Arruda) é um fruto de curta vida útil e devido a isso busca-se a preservação para que haja maior tempo de oferta e exploração do mesmo no que diz respeito ao desenvolvimento de outros produtos. Nesse contexto, sachês ativos contendo agentes voláteis com propriedades antimicrobianas e antioxidantes são alternativas que vêm sendo estudadas por transferir os compostos ativos gradativamente para o alimento envolvido nesse complexo. Os compostos ativos que vêm sendo empregados nos sachês são os óleos essenciais, estes são produtos naturais com alta capacidade antimicrobiana e antifúngica retardando possíveis alterações que possam vir a ocorrer devido a presença de microrganismos no alimento. Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos de sachês ativos com diferentes concentrações de óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*) nas propriedades físico-químicas pós-colheita de umbus. Para isso, foi instalado um experimento em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com frutos de umbu armazenados sob a presença de concentrações de óleo essencial e tempo como fatores de variação. Foram combinados os cinco níveis de concentração do óleo essencial (0, 20, 40, 60 e 80%) com os seis níveis do fator tempo (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias). Assim, durante o período de duração do experimento, realizou-se diariamente, análises de cor, perda de massa, sólidos solúveis, acidez total titulável e pH, segundo os métodos do Instituto Adolfo Lutz. Os dados obtidos foram submetidos a análise de regressão. De modo geral, os sachês não proporcionaram aumento da vida útil pós-colheita do umbu. No entanto, vale ressaltar que o emprego dos sachês contendo óleo essencial também não proporcionaram qualquer tipo de injúrias nos frutos. Assim, conclui-se, que o uso de sachês ativos de óleo essencial de capim limão não ameniza de forma prática as alterações físico-químicas pós-colheita de frutos de umbu armazenado em temperatura ambiente.

Palavras-chave: Embalagem ativa. Umbu. Parâmetros físico-químicos. Vida útil pós-colheita.

¹ Mestranda, Departamento de Ciências de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa.

² Professor, Núcleo de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Baiano.

³ Professor, Núcleo de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Baiano.

⁴ Mestranda, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás.

⁵ Doutorando, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

⁶ Graduanda, Núcleo de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Baiano.

* E-mail para correspondência:landiasantosbol@hotmail.com

Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas da Índia e da China. As exportações do ano 2019 superaram um milhão de toneladas, volume 14,7 % superior ao registrado em 2018, gerando divisas de US\$ 24,4 milhões e um avanço de 19,1 % (EMBRAPA, 2020). Embora contenha uma grande produção, de maneira geral, a comercialização é artesanal, levando a perdas e desenvolvimento de microrganismos que interferem na qualidade desses produtos (SILVA *et al.*, 2018).

No território nordestino encontram-se muitos setores de produção, onde o ambiente e os aspectos do solo são vantajosos, inclusive para o cultivo de frutas tropicais. A manufatura e o encadeamento de frutas nessa área são atividades que representam relevante importância econômica, não só devido ao consumo regional, mas também devido à crescente comercialização local e internacional. A atratividade do paladar e aroma relativos as características sensoriais das frutas geradas no Nordeste são os principais responsáveis por sua grande aceitação no comércio (TIBURSKI *et al.*, 2011).

Desse modo, uma das espécies que vem despertando aumento da aceitação é o umbu do gênero *Spondias*. Trata-se de um fruto, que além, de grande parte da sua composição ser aquosa, possui consideráveis propriedades nutricionais, e apresenta 54% de vitamina C e vários componentes voláteis, principalmente, quando maduro. Vale destacar também, a crescente demanda do gênero *Spondias*, por favorecer o potencial socioeconômico de exploração que atende às expectativas gerais de melhor qualidade de vida e renda no campo e nas agroindústrias de processamento (CASSIMIRO; MACÊDO; MENINO, 2009).

Mesmo com a aceitação no mercado, o consumo do umbu é limitado a épocas próprias do ano, pois a safra acontece somente entre os meses de dezembro a março. Além do mais, devido à sua perecibilidade, há muitas perdas do fruto no período da colheita e no transporte de uma região para outra, tornando-o inviável por se tratar de um fruto perecível (SANTOS *et al.*, 2016).

Com o propósito de aumentar o valor agregado dos produtos alimentícios, novas pesquisas estão sendo realizadas com a finalidade de diminuir a quantidade do uso de compostos químicos sintéticos e também minimizar os impactos ambientais (PERRICONE *et al.*, 2015). Dessa forma, o uso de compostos naturais como os óleos essenciais, que contém a presença de compostos bioativos, especialmente os terpenos, que possuem propriedades antimicrobiana, anti-inflamatória, atua contra patógenos e deteriorantes alimentares, vem sendo amplamente explorado, agindo na redução das perdas pós-colheita (VIKTOROVÁ *et al.*, 2020). Contudo, novas tecnologias estão sendo estudadas,

a fim de proporcionar conservação ampla dos alimentos, como as embalagens ativas, com o objetivo de aumentar a vida útil desses produtos (WIKSTRÖM *et al.*, 2019).

O emprego de sachês antimicrobianos com compostos ativos naturais de origem vegetal em sistemas de embalagens de alimentos vem sendo amplamente estudado (PASSARINHO *et al.*, 2013). Extratos naturais e óleos essenciais estão sendo empregados, ajudando na conservação dos produtos embalados por mais tempo. As embalagens antimicrobianas e antioxidantes fornecem segurança aos consumidores, agindo na diminuição, inibição ou retardamento ao crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes em alimentos embalados, favorecendo assim a vida útil e mantendo a qualidade dos mesmos (LICCIARDELLO *et al.*, 2015; RAMOS *et al.*, 2014).

O uso de embalagens contendo agentes antimicrobianos e antioxidantes têm como vantagem a transferência desses compostos para o interior do alimento de modo equilibrado. Todavia, estão presentes em menores quantidades nos produtos alimentícios. Dessa maneira, a pesquisa do controle da atividade antimicrobiana a partir das embalagens deve ser ampliada para garantir a segurança durante a distribuição dos alimentos (ALMENAR, 2020). Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de sachês ativos com diferentes concentrações de óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*) nas propriedades físico-químicas pós-colheita de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda).

Material e Métodos

Para a realização do experimento, amostras de umbu foram adquiridas no período de janeiro de 2019 na fazenda Lages, localizada no município de Matina - BA. Posteriormente, essas amostras foram transferidas para o Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Guanambi para a montagem do experimento. Primeiramente foi realizada a seleção dos frutos objetivando a padronização em relação a cor, firmeza e tamanho. Logo em seguida, realizou-se a higienização desses frutos por meio de imersão em uma solução de hipoclorito de sódio com concentração entre 2,0 % para cada 1 litro de água durante 15 min, e depois enxaguados em água corrente.

O experimento foi instalado sob um delineamento inteiramente casualizado, ordenados em um esquema fatorial com frutos de umbu armazenados sob a presença de concentrações de óleo essencial e tempo como fatores de variação. Foram combinados os cinco níveis de concentração do óleo essencial (0, 20, 40, 60 e 80%) com os seis níveis do fator tempo (0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias), em três repetições.

O esquema geral do experimento consistiu em um acondicionamento em embalagem de isopor Spuma Pac B1 Extra leve Bca, contendo o sachê ativo em uma extremidade da embalagem e a amostra de umbus (três umbus em cada bandeja) na outra extremidade, evitando o contato direto.

O óleo essencial de capim limão, adquirido da empresa Ferquima (Vargem Grande Paulista, SP, Brasil), foi incorporado a 1,0 g de resina polimérica de alta sucção (Accurel® XP200, HDPE, Accurel Systems International Corp. Sunnyvale, Califórnia, USA), nas concentrações de 0, 20, 40, 60 e 80 % (m/m) (SOARES; PIRES; CAMILLOTO, 2008). Este sistema foi conservado em tubos de ensaios hermeticamente fechado durante 24 h para absorção do óleo essencial pela resina. Depois de 24 h o mesmo foi adicionado aos sachês confeccionados de tecido-não-tecido (TNT) (6x6 cm²), conforme realizado por Passarinho *et al.* (2014) e Otoni *et al.* (2014) (Figura 1). Posteriormente os sachês foram selados com auxílio de um selador (Barbi, M-300 T).

Figura 1 - Resina polimérica de alta sucção e sachê ativo selado



Fonte: Dos autores, 2021.

Após a instalação do experimento, foram realizadas diariamente, as análises físico-químicas (acidez, pH, sólidos solúveis, cor instrumental e perda de massa) em triplicata, partindo do momento inicial (tempo zero) e ao longo de mais 5 dias, a temperatura ambiente (25 °C). Para as análises de acidez, pH e sólidos solúveis, amostras de 10 g de cada porção de umbu foram trituradas e homogeneizadas com 100 mL de água destilada, seguindo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005).

Para determinação do pH, foi empregado pHmetro digital (Marca: pHmeter, Modelo: JK-PHM-005). O teor de sólidos solúveis foi definido por meio de refratômetro portátil (Marca: Tecnal, Modelo: AR200), com faixa de interpretação de 0 a 32 sólidos solúveis. A acidez foi determinada por

meio de titulação com hidróxido de sódio 0,1 N e como indicador utilizou-se 3 gotas de fenolftaleína até pH 8,3, representada por % de ácido cítrico (ADOLFO LUTZ, 2008).

A determinação da cor ao longo do tempo foi analisada através de um colorímetro digital (Modelo: LT2001-PH, Marca: Alpax). Para cada amostra foram realizadas uma leitura utilizando-se os parâmetros do sistema CIELab (L* indica luminosidade, a* representa coordenada vermelho/verde e b* coordenada amarelo/azul). A perda de massa foi determinada por gravimetria em balança semi-analítica, sendo demonstrada a desigualdade, em porcentagem, entre a massa inicial e a massa ao longo do armazenamento, conforme realizados por Moretti e Pineli (2005). As pesagens foram feitas durante armazenamento no período inicial e ao longo dos cinco dias seguidos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, ajustando um modelo quadrático completo, ao nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

Os modelos de regressão obtidos a partir das análises dos dados da acidez, pH, sólidos solúveis, cor instrumental e perda de massa estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Equações e coeficientes de determinação provenientes das análises de regressão dos dados físico-químicos, cor e perda de massa

Parâmetro	Equação ^a	R ²	Eq.
Acidez	$Y=17,149-0,0277 \text{ OE}-2,217^* t+0,000012 \text{ OE}^2+0,479^* t^2+0,01372^* \text{ OE}^* t$	0,3828	1
pH	$Y=3,0335-0,00454^* \text{ OE}-0,2591^* t+0,000045^* \text{ OE}^2+0,0349^* t^2$	0,7738	2
Brix	$Y=06956-0,001444^* \text{ OE}$	0,0910	3
L	$Y=46,45-9,40^* t+1,316^* t^2$	0,6093	4
A	$Y= -4,99$	-	5
B	$Y=15,05+13,00^* t-2,607^* t^2$	0,2975	6
Perda de Massa	$Y=16,21$	-	7

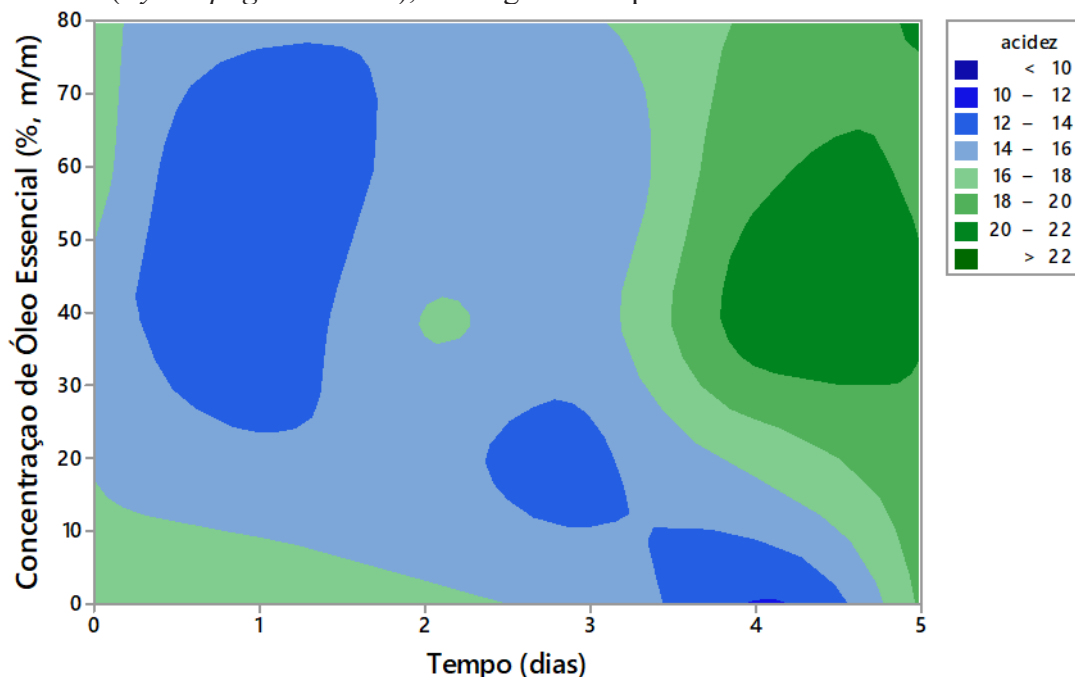
Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: ^a: Foi utilizado o modelo Quadrático Completo e os coeficientes não apresentados na equação foram não significativos pelo teste t de Student ($P>0,05$); R²: Coeficiente de determinação; Eq.: Equação; OE: Óleo essencial; t: tempo em dias; pH: Potencial hidrogeniônico; Brix: Sólidos solúveis; L: Luminosidade; A: Coordenada vermelho(+)/verde(-); B: Coordenada amarelo(+)/azul(-); * Significativo pelo teste t de Student ($P<0,05$).

A acidez total titulável das amostras de umbu foi afetada ($p<0,05$) pelas concentrações de óleo essencial, tempo e pela interação entre estas duas fontes de variação. A Equação 1 (Tabela 1) explica o efeito na acidez total titulável devido a ação dos fatores, dentro do intervalo estudado.

Conforme pode ser observado no Figura 2, os dados obtidos para acidez total titulável apresentaram menores valores nas concentrações de óleo essencial entre 25 a 75 %, entre os dias zero e dois. Por outro lado, os maiores valores de acidez foram entre as concentrações 30 a 60 %, entre os dias quatro e cinco.

Figura 2 - Acidez total titulável das amostras de umbu em função da concentração de óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*), ao longo do tempo



Fonte: Dos autores, 2021.

Senter *et al.* (1991), evidencia, que a geração de radicais (ácidos galacturônicos) através da hidrólise dos constituintes da parede celular, pode ser um dos responsáveis pelo aumento da acidez titulável de produtos (frutos) armazenados. De acordo com Medeiros *et al.* (2011), o aumento da acidez total titulável pode ser devido à liberação de ácidos presentes nos vacúolos, sendo liberados durante o amadurecimento, em decorrência da descompartimentação celular.

O fato do umbu apresentar metabolismo rápido devido seu padrão climatérico de respiração, se enquadra como um produto perecível. Além disso, a elevada umidade contribui com o rápido amadurecimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A elevada respiração intensifica a degradação de estruturas das células dando origem a ácidos livres e consequente aumento da acidez total titulável (MEDEIROS *et al.*, 2011). Porém, também foi possível observar na Figura 2 que, ao final do tempo de armazenamento, aqueles tratamentos com menores concentrações de óleo essencial (0 a 20 %) apresentaram menor acidez total titulável quando comparados com os tratamentos com maiores concentrações de óleo essencial. Dessa forma, assim como o fator tempo, maiores concentrações de

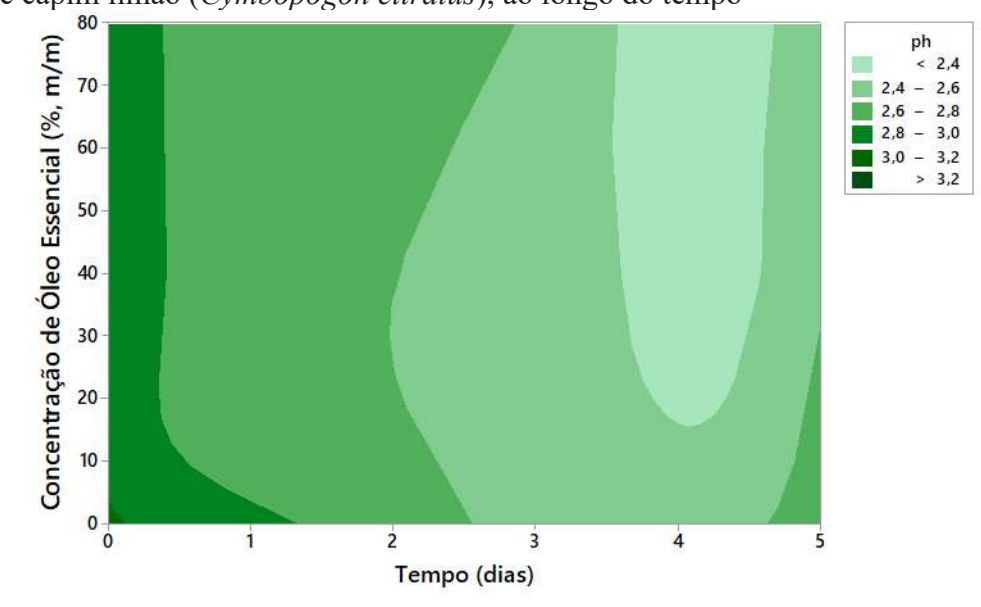
óleos essenciais podem ter intensificado a respiração dos umbus, diferentemente das menores concentrações.

No trabalho desenvolvido por Medeiros *et al.* (2011), os autores empregaram sachês ativos contendo os óleos essenciais de orégano (*Origanum vulgare*), e capim-limão (*Cymbopogon citratus*), na concentração de 20 % em relação à quantidade de resina para o controle pós-colheita de manga. De acordo com os autores, a acelerada senescência dos frutos é decorrente do seu metabolismo rápido devido seu padrão climatérico de respiração e além disso pela temperatura ambiente, em torno de 25 °C. No trabalho dos autores, eles verificaram que até o sexto dia de armazenamento, os tratamentos com sachês antimicrobianos incorporados com óleos essenciais de capim-limão e orégano, proporcionaram melhor qualidade físico-química dos frutos quando comparados com o tratamento controle, isto é, aquele sem o emprego de óleos essenciais.

O pH das amostras de umbu foi afetado ($p < 0,05$) tanto pelo tempo, quanto pela concentração de óleo essencial. A interação entre os fatores não foi significativa ($p > 0,5$). A Equação 2 (Tabela 1) explica o efeito no pH devido a ação dos fatores.

Conforme pode ser observado na Figura 3, os dados obtidos para o pH foram menores nos últimos dias de armazenamento (4 e 5), apresentando valores de pH $< 2,4$. Já os maiores valores de pH (acima de 3,2) foram observados entre os dias zero e um. Apesar das diferentes concentrações de óleo essencial ter afetado estatisticamente o pH das amostras, evidenciou-se a ausência de efeito prático nesta variável-resposta.

Figura 3 - Potencial hidrogeniônico (pH) das amostras de umbu em função da concentração de óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*), ao longo do tempo



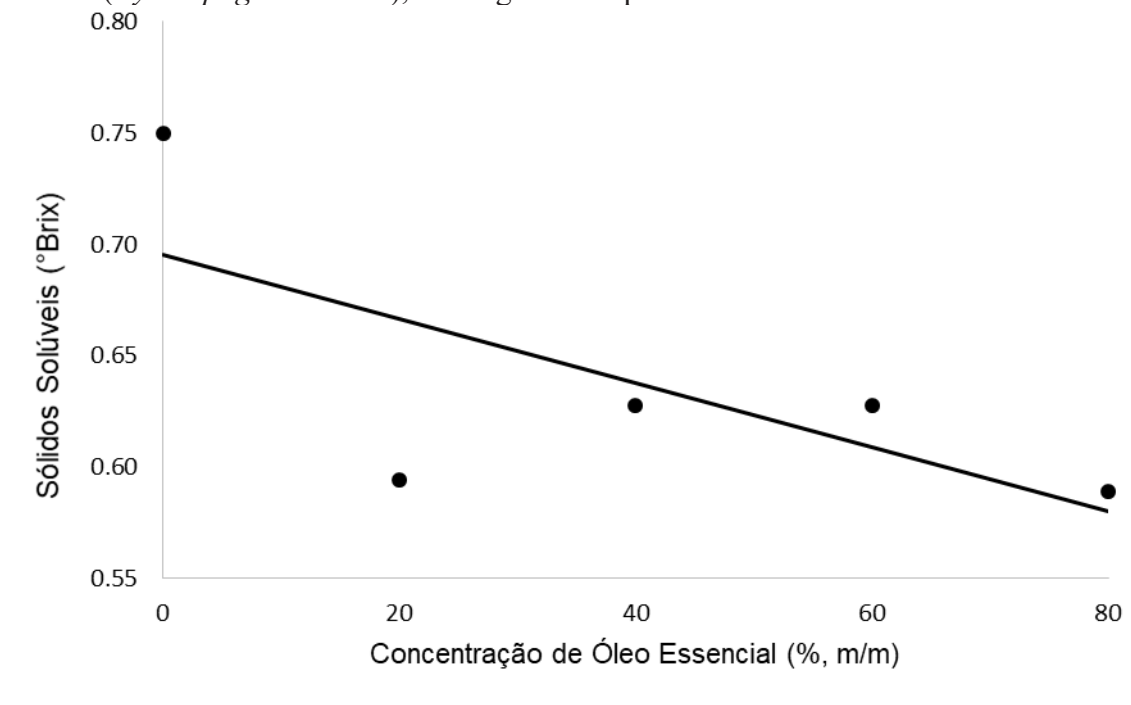
Fonte: Dos autores, 2021.

Segundo os padrões de identidade e qualidade de polpa de fruta, o umbu deve conter no mínimo 2,4 para pH (BRASIL, 2000). Inicialmente observou-se um aumento do pH, em decorrência do amadurecimento natural da fruta após a colheita, entretanto, nos últimos dias do experimento resultados contrários foram observados. Isso deve-se provavelmente ao efeito provocado dos sachês aos frutos e da sua ineficiência na manutenção do pH. Espitia *et al.* (2012), avaliaram o efeito de sachês com óleo essencial na preservação de mamão e constataram que a medição do pH também não diferiu da amostra controle, mas diferente deste estudo, os valores de pH aumentaram durante o armazenamento.

O parâmetro o sólido solúvel das amostras de umbu foi afetado ($p < 0,05$) somente pela concentração de óleo essencial. Resultado expresso na Equação 3 (Tabela 1) explica o efeito dos sólidos solúveis devido a ação desse fator.

Como pode ser observado na Figura 4, quanto maior a concentração de óleo essencial de capim-limão, menor foi os sólidos solúveis observado. Porém, apesar dos resultados significativos estatisticamente a variação observada foi pequena, sendo de 0,76 a 0,60 °Brix.

Figura 4 - Sólidos solúveis das amostras de umbu em função da concentração de óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus*), ao longo do tempo



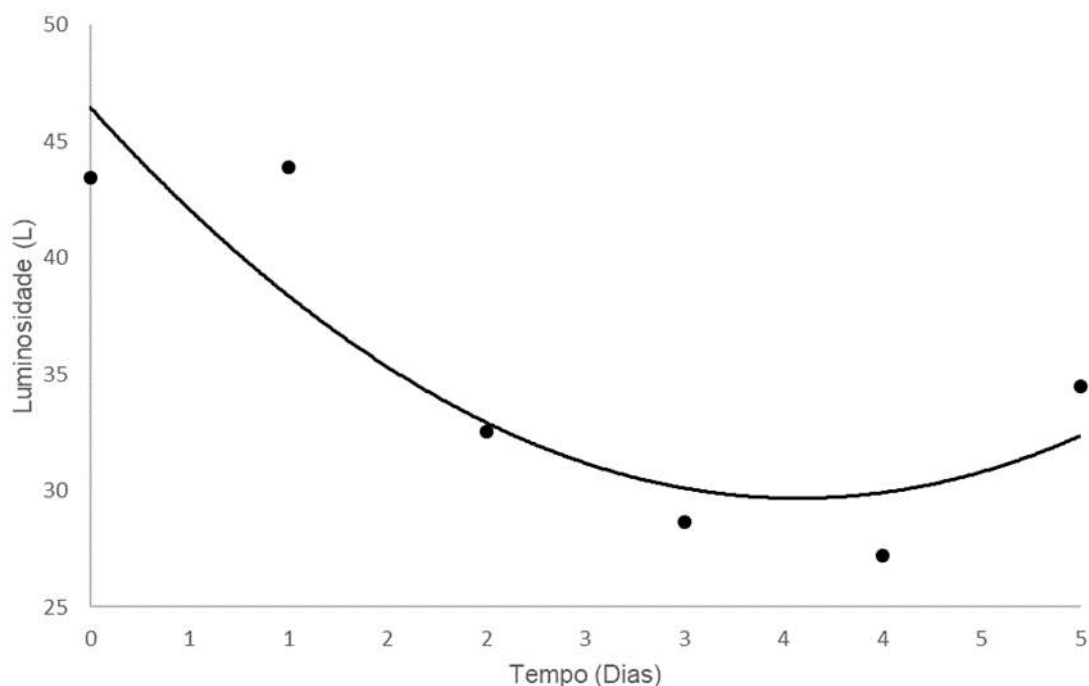
Fonte: Dos autores, 2021.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a ampliação dos sólidos solúveis e a tendência à diminuição da acidez em função do estágio de maturação e do período de tempo de armazenamento, podem acarretar uma ampliação na relação sólidos solúveis/acidez total titulável posterior o

armazenamento. Esta ligação é um dos indicadores mais empregados para estabelecer a maturação e a palatabilidade dos frutos.

O parâmetro L^* das amostras de umbu foi afetado ($p < 0,05$) somente pelo tempo. Resultado expresso na Equação 4 (Tabela 1) explica o efeito do L^* (indica luminosidade), devido a ação desse fator. Notou-se que ocorreu queda brusca entre os dias zero ao quarto, no entanto, após o quatro dia volta a ter um crescente aumento, conforme pode ser observado na Figura 5. Isso pode ter ocorrido devido o amadurecimento do fruto. Com relação aos dados do parâmetro a^* (coordenada vermelho/verde) e parâmetro b^* (coordenada amarelo/azul), foram obtidas médias de -4,99 e 23,66, pois tanto as diferentes concentrações como o tempo de armazenamento não proporcionaram efeito ($p > 0,05$).

Figura 5 - L^* (luminosidade), das amostras de umbu em função da concentração de óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*), ao longo do tempo



Fonte: Dos autores, 2021.

Através dos resultados da determinação de cor foi notório que a aplicação do óleo essencial de capim limão não interferiu na cor do umbu, ou seja, a mudança da coloração foi exclusivamente devido ao amadurecimento do fruto.

A perda da cor verde com o avanço da maturação é característica da maioria dos frutos, sendo um deles o umbu Silva *et al.* (2011), deste modo a cor verde é alterada por outros pigmentos de várias colorações. De acordo com os pigmentos prevalente e sua distribuição, os frutos demonstram cor de

fundo, que representa fundamentalmente as clorofilas e carotenoides, nas tonalidades verde, amarelo e alaranjado. Com o avanço da maturidade, o pigmento verde diminui e amplia a cor amarela. Isso ocorre devido a degradação das clorofilas pela ativação das clorofilases e desenvolvimento da coloração característica pela biossíntese de pigmentos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A cor é o parâmetro mais importante que influencia a preferência do consumidor e a percepção de um alimento. Em trabalho realizado por Chávez *et al.* (2021) observaram por meio da aplicação de embalagem ativa (alta ou baixa concentração) não afetou o parâmetro cor em manga, a luminosidade e cromaticidade foram iguais entre todos os tratamentos. Segundo os mesmos, os compostos voláteis do pacote ativo não afetaram nenhuma relação mecanicista fisiológica com a maturidade e o desenvolvimento da cor da manga.

Em estudo realizado por Medeiros *et al.* (2011) a cor da epiderme da manga expressou comportamento quadrático para todos os tratamentos. Os frutos do tratamento controle obtiveram coloração amarela mais rápido que os tratamentos Orégano e Capim-limão, sendo que o Capim-limão foi mais competente em manter menor o valor da coordenada b^* .

Os dados analisados para perda de massa foram não significativos ($P > 0,05$), ou seja, não apresentaram diferença significativa entre as amostras pela aplicação da análise de regressão, apresentando, portanto, perda de massa média de 16,21 %.

A firmeza da fruta é um dos atributos mais apreciados pelos consumidores e é um indicador importante da vida útil, preservação e valor de mercado das culturas hortícolas. Segundo Chávez *et al.* (2021) o uso de sachê ativo incorporado com óleo essencial não afetou a firmeza dos frutos durante os primeiros 9 dias de armazenamento. No entanto, nenhuma diferença significativa ($P > 0,05$) foi encontrada pelo efeito de qualquer tratamento.

Descrito por Moura (2003) o uso da atmosfera modificada com o emprego do filme de PVC (14 μm de espessura) teve a limitação notável da perda de massa de umbu, nos três estádios de maturação no período de seis dias de armazenamento a 23 ± 1 °C.

De acordo Espitia *et al.* (2012), sachês incorporados com óleos essenciais de orégano, canela e capim-limão controlaram doenças pós-colheita em mamão. Já a análise físico-química mostrou que, assim como observado neste trabalho, os parâmetros perda de peso, cor, firmeza, sólidos solúveis totais, acidez titulável e pH não foram significativamente afetados pelos sachês, indicando que o processo de amadurecimento natural não foi modificado.

Conclusão

Os sachês incorporados com óleo essencial de capim-limão não proporcionaram aumento da vida útil pós-colheita dos frutos de umbus armazenado a temperatura ambiente. Os parâmetros físico-químicas sofreram pouca influência, indicando que óleo essencial de capim-limão não amenizou de forma prática as alterações ocasionadas devido ao amadurecimento dos umbus.

Das concentrações de óleo essencial utilizadas no experimento, a que proporcionou melhor resultado foi em baixas concentração (20 %). Com a proposta de continuidade, sugere-se a investigação de outros óleos essenciais, em outras concentrações, analisando também o efeito contra microrganismos. Também sugere se o emprego de óleos essenciais combinado com outras tecnologias como revestimentos e filmes.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), por apoiar e fomentar a produção, o desenvolvimento e a difusão dos conhecimentos científicos e tecnológicos.

Referências

ALMENAR, E. Innovations in packaging technologies for produce. *In: Controlled and modified atmospheres for fresh and fresh-cut produce*. Academic Press, 2020. p. 211-264.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01/00, de 07/01/00. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2000, Seção I, p.54-58.

CASSIMIRO, C. M.; MACÊDO, L. de S.; MENINO, I. B. Avaliação de acessos de cajazeira (*Spondias mombin*) do Banco Ativo de Germoplasma da Emepa, PB. **Tecnologia e Ciência, Agropecuária**, v.3, n.3, p.01-06, 2009.

CHÁVEZ, F. E. *et al.* Control of mango decay using antifungal sachets containing of thyme oil/modified starch/agave fructans microcapsules. **Future Foods**, v.3, p.100008, 2021.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. p.543.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa difunde pesquisas para fruticultura brasileira em simpósio on-line**. EMBRAPA, 16 de out. de 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/56567029/embrapa-difunde-pesquisas-para-fruticultura-brasileira-em-simpósio-online>>. Acesso em: 11 maio 2021.

ESPITIA, P. J. P. *et al.* Avaliação da eficiência de óleos essenciais na preservação pós-colheita de mamão em um sistema de embalagem antimicrobiana. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, v. 15, n. 4, p. 333-342, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. IV edição 1^a: São Paulo, Edição Digital, 2008.

LICCIARDELLO, F. *et al.* Rapid assessment of the effectiveness of antioxidant active packaging—Study with grape pomace and olive leaf extracts. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 6, p. 16, 2015

MEDEIROS, E. A. A. *et al.* Sachês antimicrobianos em pós-colheita da manga. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. spe1, p. 363-370, 2011.

MORETTI C. L.; PINELI, L. L. O. Qualidade química e física de berinjelas submetidas a diferentes tratamentos pós colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2005.

MOURA, F. T. *et al.* Evolução do crescimento e da maturação de frutos de cajazeira (*Spondias mombin L.*). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 47, n.1, p. 231-233, 2003.

OTONI, C. B. *et al.* Use of allyl isothiocyanate-containing sachets to reduce aspergillus flavus sporulation in peanuts. **Packaging Technology and Science**, v. 27, n. 7, p. 549-558, 2014.

PASSARINHO, A.T. P. *et al.* Sliced bread preservation through orégano essential oil-containing sachet. **Journal of Food Process Engineering**. v.37, n. 1, p.53-62, 2014.

PERRICONE, M. *et al.* Bioactivity of essential oils: a review on their interaction with food components. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 76, 2015.

RAMOS, M. *et al.* Development of novel nanobiocomposite antioxidant films based on poly (lactic acid) and thymol for active packaging. **Food Chemistry**, v. 162, p. 149-155, 2014.

SILVA, L. R *et al.* Estimates and causes of fresh fruit post-harvest losses in the Chapadinha Microregion, Maranhão, Brazil. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 12, n. 4, p.288-299, 2018.

SANTOS, D. C. *et al.* Características de frutas do gênero spondias. *In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE NO SEMIÁRIDO*, 2016, Campina Grande. **Anais [...]**, Campina Grande: Realize Editora, 2016. p. 1-10.

SENER, S.D. *et al.* Sugar and non-volatile acid composition of persimmons during maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, n. 56, p. 989-991, 1991.

SILVA, S. M. *et al.* Quality During Maturation of Orange-Umbu (*Spondias tuberosa Arr. Cam.*) (Arr.) (cam.) from Paraíba State Semi-Arid, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 894, p. 231-237, 2011.

SOARES, N. F. F., PIRES, A. C. S. CAMILLOTO, G. P. 2008. Sachê antimicrobiano para uso em alimentos. **Brazilian Patent**, No. PI 0603881-6 A. (in Portuguese).

TIBURSKI, J. H. *et al.* Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin L.*) pulp. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2326-2331, 2011.


VIKTOROVÁ, J. *et al.* Lemon grass essential oil does not modulate cancer cells multidrug resistance by citral—its dominant and strongly antimicrobial compound. **Foods**, v. 9, n. 5, p. 585, 2020.

WIKSTRÖM, F. *et al.* Estratégias de embalagens que economizam alimentos: uma agenda de pesquisa para 2030. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 3, p. 532-540, 2019.



06 Capítulo

Substituição da gordura animal em linguiça por géis contendo óleos vegetais de canola, milho e girassol



Capítulo 6

Substituição da gordura animal em linguiça por géis contendo óleos vegetais de canola, milho e girassol

Natália Leite Oliveira*¹; Ana Paula Lima Ribeiro²; Sérgio Henrique Silva³; Alcinéia de Lemos Ramos⁴; Eduardo Mendes Ramos⁵

Resumo

A gordura animal possui importância tecnológica em produtos cárneos, mas também é alvo de preocupação dos consumidores devido à relação entre consumo de gorduras saturadas e problemas de saúde. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi substituir a gordura animal (toucinho) de linguiças de frango por oleogéis de gelatina produzidos com diferentes óleos vegetais (canola, milho e girassol). As amostras reformuladas com os óleos-géis não diferiram ($p < 0,05$) entre si ou do controle para os valores de pH (média 5,77) e para os índices de cor L*, luminosidade, (média 56,01) e b*, escala de cor do azul ao amarelo, (média 12,12). A umidade das amostras cruas reformuladas foi maior do que o controle, ficando ligeiramente acima do máximo (70%) permitido pela legislação Brasileira. As linguiças contendo oleogéis apresentaram maior maciez no teste de textura que o controle, destacando-se a linguiça com óleo-gel de milho. Sensorialmente, os panelistas apontaram diferentes atributos para as diferentes amostras no teste *check-all-that-apply* (CATA), com o controle obtendo uma coloração mais rosada, o que pode estar relacionado aos menores valores de a*, que correspondem à escala de verde a vermelho, obtido no teste de cor instrumental. Entretanto, os tratamentos não diferiram ($p > 0,01$) para o teste de aceitação. Assim, conclui-se que a substituição de gordura animal pelos oleogéis contendo óleos vegetais em linguiças pode ser realizada sem diferenças sensoriais significativas e com uma tentativa na melhora do valor nutricional deste produto.

Palavras-chave: *Check-all-that-apply* (CATA). Perfil de textura. Saudabilidade. Toucinho.

¹ Bolsista de doutorado, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

² Bolsista de doutorado, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

³ Doutor em Ciência dos Alimentos.

⁴ Professor, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

⁵ Professor, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

*E-mail para correspondência: natleite@terra.com.br

Introdução

A gordura é um componente indispensável em muitos alimentos, pois contribui para melhorar as características sensoriais como sabor, aparência, textura e palatabilidade (LIM *et al.*, 2017). Além disso, a gordura afeta a reologia de muitos produtos, dando características singulares aos alimentos. Apesar da importância da gordura em produtos cárneos, esta tem sido motivo de grande preocupação para a saúde humana devido ao alto teor de ácidos graxos saturados. E, o elevado consumo de ácidos graxos saturados tem sido relacionado ao aumento do colesterol sérico, que pode levar a doenças cardiovasculares (MAFRA *et al.*, 2018).

Dessa forma, estudos têm sido conduzidos no desenvolvimento de ingredientes que consigam substituir as gorduras saturadas, fornecendo um produto mais saudável ao consumidor. Considerando o perfil lipídico, os óleos vegetais têm sido utilizados como uma alternativa à gordura animal, gerando um produto com características sensoriais aceitáveis pelo consumidor e com benefícios à saúde humana (MONTEIRO *et al.*, 2017). Por exemplo, dieta a base de óleo de canola tem sido efetiva para reduzir os níveis de colesterol plasmático em comparação com dietas contendo níveis mais elevados de ácidos graxos saturados. Ademais, resultados positivos também foram percebidos no aumento dos níveis de tocoferol e melhoria a sensibilidade à insulina (LIN *et al.*, 2013). O óleo de milho é rico em ácido linoleico (50-60%), um ácido graxo essencial que auxilia o corpo na absorção de nutrientes, sendo extremamente necessário para o organismo (ÖZTÜRK; USTUN; AKSOY, 2010). Já o óleo de girassol é bem conhecido devido à sua diversidade no perfil de ácidos graxos, podendo ser aplicado em saladas e margarinas, além de possuir compostos bioativos como tocoferóis, fitoesteróis, polifenóis e fosfolipídios (GOTOR; RHAZI, 2016).

No entanto, apenas a substituição de gorduras saturadas por insaturadas não tem sido a melhor alternativa, pois a estrutura final do produto não se assemelha ao produto original, gerando rejeição pelos consumidores (DOAN *et al.*, 2018). Dessa forma, tem sido utilizadas emulsões gelificadas ou óleo-géis, uma vez que podem imitar as propriedades de textura da gordura de porco usada na maioria dos produtos cárneos amplamente consumidos no mercado.

Os oleogéis comestíveis são sistemas semissólidos compostos por uma fase líquida hidrofóbica, óleo vegetal, aprisionada em uma rede tridimensional de sólidos lipofílicos, composta por um agente geleificante. A capacidade do agente geleificante de induzir a gelificação em um meio líquido é atribuída ao equilíbrio entre a solubilidade e a insolubilidade no solvente. Esse equilíbrio dinâmico permite que o agente interaja tanto com a fase contínua quanto consigo mesmo, dando origem a uma formação em rede (KOUZOUNIS; LAZARIDOU; KATSANIDIS, 2017; WANG *et al.*, 2018). De acordo com as características físicas desejadas e o tipo de aplicação do alimento, podem

ser produzidos oleogéis com distintas propriedades, sendo necessário o estudo (MARTINS et al., 2018).

Diante da importância da gordura em produtos cárneos, bem como a preocupação com o consumo de gorduras saturadas, o objetivo desse trabalho foi substituir a gordura suína (toucinho), que é um ingrediente essencial em linguiça, por géis a base de gelatina contendo diferentes óleos vegetais, verificando as características físico-químicas e a aceitação dos produtos elaborados com óleo gel.

Material e Métodos

Elaboração dos óleo-géis

Elaborou-se os oleogéis a partir de uma solução aquosa dissolvendo-se 10% (p/v) de gelatina em água e, após repouso por 30 min, para a hidratação, adicionou-se 0,5% de carragena (em relação ao peso da gelatina). Em seguida, esta solução e o óleo vegetal foram aquecidos até 70 °C, misturados (60/40; solução aquosa/óleo), ainda quentes, e homogeneizados por 120 s em dispersor (Ultra-Turrax T25 T25, IKA, Alemanha), e resfriados.

Elaboração das linguiças

Para elaboração das linguiças foi utilizada a composição descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulação da linguiça frescal para cada tratamento sendo T_{CONTROLE}: linguiça com toucinho; T_{CANOLA}: linguiça com gel contendo óleo canola; T_{GIRASSOL} linguiça com gel contendo óleo girassol; e T_{MILHO} linguiça com gel contendo óleo milho

Massa cárnea (%)	T _{CONTROLE}	T _{CANOLA}	T _{GIRASSOL}	T _{MILHO}
Carne de frango	80	80	80	80
Toucinho	20	-	-	-
Gel (óleo de canola)	-	20	-	-
Gel (óleo de girassol)	-	-	20	-
Gel (óleo de milho)	-	-	-	20
Ingredientes (% em relação à massa cárnea)				
Água fria (4 °C)	15	15	15	15

Continua...

Tabela 1 - Formulação da linguiça frescal para cada tratamento sendo T_{CONTROLE}: linguiça com toucinho; T_{CANOLA}: linguiça com gel contendo óleo canola; T_{GIRASSOL}: linguiça com gel contendo óleo girassol; e T_{MILHO}: linguiça com gel contendo óleo milho (*Continuação*)

Massa cárnea (%)	T _{CONTROLE}	T _{CANOLA}	T _{GIRASSOL}	T _{MILHO}
Sal refinado	2,0	2,0	2,0	2,0
Tripolifosfato de sódio	0,6	0,6	0,6	0,6
Glutamato monossódico	0,3	0,3	0,3	0,3
Nitrito/nitrato	0,3	0,3	0,3	0,3
Ascorbato/Eritorbato	1,0	1,0	1,0	1,0
Creme de cebola	0,3	0,3	0,3	0,3
Alho em pó	0,3	0,3	0,3	0,3
Pimenta branca	0,05	0,05	0,05	0,05
Noz moscada	0,05	0,05	0,05	0,05

Fonte: Dos autores, 2021.

As linguiças foram elaboradas sem (T_{CONTROLE}) e com substituição total do toucinho por oleogéis elaborados com óleo de canola (T_{CANOLA}), de girassol (T_{GIRASSOL}) ou de milho (T_{MILHO}).

Realizaram-se duas etapas de moagem da carne de frango, a primeira em disco de 12-14 mm e a segunda em disco de 8-10 mm. O mesmo procedimento foi realizado para o toucinho. Os géis ou o toucinho moído foram incorporados à carne de frango moída e os demais ingredientes gradativamente distribuídos e misturados. A massa foi embutida em tripa natural, embaladas em sacos plásticos e mantidas à 4 °C por 12 h para a realização do processo de cura. Por fim, as linguiças foram embaladas à vácuo e congeladas por 14 dias até a realização das análises.

Análises físico-químicas das linguiças

As linguiças cruas foram analisadas quanto ao valor de pH em três pontos distintos, por meio da inserção de eletrodo combinado, tipo penetração, acoplado a um potenciômetro (DM20-Digimed). A cor interna das linguiças também foi medida no colorímetro *Chroma Meters CR-300 (Konica Minolta Sensing Inc.)*. Os índices de cor L*, a*, b* e ângulo de tonalidade (h) foram obtidos, para cada repetição, considerando o valor médio de cinco leituras realizadas em diferentes pontos. O valor de L* indica a luminosidade, a* corresponde à escala do verde ao vermelho (a* negativo, verde; a* positivo, vermelho) e os valores de b* correspondem à escala do azul ao amarelo (b* negativo, azul;

b* positivo, amarelo). O ângulo de tonalidade h inicia-se no eixo +a* e é dado em graus; 0° seria +a* (vermelho), 90° seria +b* (amarelo), 180° seria -a* (verde) e 270° seria -b* (azul).

Composição centesimal

As análises da composição centesimal das linguiças foram realizadas segundo metodologias do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Em que, a umidade foi avaliada gravimetricamente em estufa à temperatura de 105 °C. O teor de lipídeos foi realizado por extração direta em Soxhlet. O teor de proteínas foi determinado pelo método microKjeldahl, utilizando o 6,25 como fator de conversão. O teor cinzas foi obtido após incineração a 550 °C em mufla. E o extrato não nitrogenado foi calculado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de água, proteína, lipídeos totais e cinzas.

O teor de umidade e lipídeos das amostras foram determinados tanto nos produtos crus quanto após a cocção. Enquanto que, o teor de proteínas, cinzas e extrato não nitrogenado foi obtido das amostras cruas. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Perdas por cocção

A porcentagem de perda de umidade e lipídios foi determinada pela diferença no teor de umidade e gordura dos produtos antes e após a cocção.

Para determinação da perda de massa por cozimento (*PMC*), as amostras foram cortadas em quadrados de 2 cm de aresta e cozidas em uma grelha, pré-aquecida a 150 °C. A temperatura interna da linguiça foi acompanhada até atingir 72 °C, com o auxílio de um termômetro digital. A *PMC* foi calculada em porcentagem, considerando a diferença do peso da linguiça crua e cozida, segundo a Equação 1.

$$PMC (\%) = 100 - \left(\frac{MF}{MI} \times 100 \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que, MF é a massa (g) após o cozimento e MI a massa (g) inicial.

Força de cisalhamento (FC)

O teste de força de cisalhamento (*FC*) foi conduzido utilizando um texturômetro universal (Stable Micro Systems, modelo TA.Xplus). Cada amostra de linguiça frescal foi cortada em cilindros perpendiculares ao comprimento da linguiça, tendo 0,025 m de diâmetro e 0,025 m de altura, e submetida ao cisalhamento completo por uma lâmina plana a uma velocidade de 0,0033 m/s



(RAMOS; GOMIDE, 2017). A força máxima (N) foi obtida em cada amostra com base na média de três replicatas.

Check-all-that-apply (CATA) e teste de aceitação sensorial

O teste sensorial CATA foi realizado para medir todos os atributos observados nas amostras, de acordo com os provadores. 50 provadores, sendo a maioria do sexo feminino, foram convidados a participar do teste. Foram servidas cinco amostras de linguiça, sendo um o tratamento controle. As amostras foram codificadas em números de três dígitos e servidas de forma monódica. Os provadores receberam uma ficha por amostra e foram instruídos a provar cada amostra e marcar na ficha, que continha atributos pré-estabelecidos (Quadro 1), todas as palavras que eles consideravam apropriadas para descrever cada amostra. Além disso, os provadores fizeram a análise de aceitação do produto, pontuando cada amostra de acordo com nota de aparência, sabor, textura e impressão global, utilizando de uma escala ancorada em +1 (desgostei extremamente) para +9 (gostei extremamente). O teste de Tukey com nível de confiança a 1% foi realizado para determinar a aceitação dos consumidores para as amostras de linguiça, e o teste CATA foi analisado por uma análise de correspondência através da frequência dos atributos.

Quadro 1 - Termos utilizados nas questões do CATA para cada atributo sensorial (aparência, sabor e textura)

Aparência	Sabor	Textura
Rosada	Gosto salgado	Dura
Amarronzada	Gosto umami	Macia
Uniforme	Sabor de linguiça	Suculenta
	Sabor residual	Borrachenta
	Sabor de carne	

Fonte: Dos autores, 2021.

Análise estatística

Os resultados foram analisados pelo software Sisvar®. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Em seguida, realizou-se o teste de média de Tukey e a significância estatística foi estabelecida em 0,05. O perfil sensorial das linguiças foi obtido pelo CATA e os dados foram analisados por Análise de Componentes



Principais (PCA) e a análise de agrupamento hierárquico foi realizada a partir das frequências do CATA, no programa Chemoface (NUNES *et al.*, 2012).

Resultados e Discussão

Análise físico-química

A Tabela 2 apresenta os parâmetros físico-químicos de cor e pH das linguiças nos diferentes tratamentos. O pH das linguiças foi ligeiramente ácido, não diferindo entre os tratamentos ($p > 0,05$), com média de 5,77. O potencial hidrogeniônico exerce influência sobre conservação, coloração e sabor das linguiças, pois valores de pH suficientemente ácidos facilitam a produção de óxido de nitrogênio a partir do nitrito que combinado com a mioglobina produzirá a coloração rósea típica deste produto (MILANI *et al.*, 2003).

No trabalho de Liu *et al.* (2009) os valores de pH de linguiças de frango variaram de 6,4-6,6 durante os primeiros 10 dias de armazenamento refrigerado e diminuiu para 5,90 no 14º dia de armazenamento. Provavelmente isto ocorreu pelo fato de que o pouco de oxigênio existente dentro da embalagem pode desencadear a oxidação da gordura, resultando na diminuição dos valores de pH. Sharma *et al.* (2017) também relatou que as linguiças de frango possuíam inicialmente valor de pH de 6,18 e que este diminuiu com o tempo de estocagem. No presente estudo, a análise de pH foi realizada 14 dias após a produção das linguiças. Possivelmente ocorreu o mesmo relatado por Liu *et al.* (2009), sendo que o tipo de lipídeo (gordura animal ou óleos vegetais) adicionados ao produto não afetaram o valor de pH entre os tratamentos.

Tabela 2 - Médias (\pm desvio padrão) dos parâmetros físico-químicos (pH e cor) das linguiças cruas

	L*	a*	b*	pH
T _{CONTROLE}	56,29 \pm 2,46	6,37 \pm 0,39 ^a	12,56 \pm 0,21	5,84 \pm 0,01
T _{CANOLA}	55,40 \pm 1,20	3,60 \pm 0,20 ^b	11,96 \pm 0,29	5,90 \pm 0,23
T _{GIRASSOL}	57,43 \pm 1,84	3,47 \pm 0,27 ^b	11,68 \pm 0,18	5,68 \pm 0,13
T _{MILHO}	54,95 \pm 0,73	3,74 \pm 0,49 ^b	12,30 \pm 1,19	5,66 \pm 0,05

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: T_{CONTROLE}: linguiça com toucinho; T_{CANOLA}: linguiça com gel contendo óleo canola; T_{GIRASSOL}: linguiça com gel contendo óleo girassol; e T_{MILHO}: linguiça com gel contendo óleo milho.

Nota: os valores correspondem à média e ao desvio padrão. Duas letras consecutivas do mesmo tipo indicam que os valores não são estatisticamente significativos ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os resultados de cor (L^* , a^* , b^*) encontram-se na Tabela 2. A substituição da gordura animal nas linguiças resultou em alterações estatísticas apenas no parâmetro a^* , $p < 0,05$, que possui a escala de cor do verde ao vermelho. Observou-se uma coloração menos avermelhada das linguiças com oleogéis (T_{CANOLA} , $T_{GIRASSOL}$ e T_{MILHO}) em comparação ao controle ($T_{CONTROLE}$). Já para os parâmetros de cor L^* e b^* não houveram diferença estatística entre os tratamentos, $p > 0,05$.

A diferença de cor no parâmetro a^* pode ser atribuída à distribuição da fase oleosa na matriz proteica, uma vez que óleos vegetais estão uniformemente dispersos e melhor distribuídos que o tecido adiposo animal, o que aumenta as partículas de gordura (WANG *et al.*, 2018). Resultados semelhantes foram relatados por Domínguez *et al.* (2016); Morales-Irigoyen *et al.* (2011) e Wang *et al.* (2018). Nestes estudos, os valores de b^* aumentaram enquanto que os resultados de a^* diminuíram, quando comparado ao controle, concluindo que a substituição de gordura pode resultar em mudanças de cor nos produtos de carnes.

Análise centesimal

Os resultados para a análise centesimal das linguiças de frango substituídas por géis podem ser visualizados na Tabela 3. Apenas o teor de umidade das linguiças contendo oleogéis (T_{CANOLA} , $T_{GIRASSOL}$ e T_{MILHO}) não está de acordo com o Padrão de Identidade e Qualidade do Produto para linguiças frescas (MAPA, 1988), que estabelece o valor máximo de 70%. Para os demais atributos, todas as linguiças estão de acordo com a legislação, que estabelece máximo de 30% para o teor de gordura e mínimo de 12% para proteína. A legislação para as linguiças frescas não define um padrão para o teor de cinzas, porém no presente trabalho este variou de 3,69 ($T_{CONTROLE}$) a 4,14 (T_{MILHO}).

No tratamento controle, o teor de lipídeos foi maior que os demais (7,81%), isto ocorreu, pois, os géis possuem outros ingredientes como a carragena e a gelatina que não possuem teor significativo de gordura. Dessa forma, ao adicionar 20% dos géis em substituição da gordura adiciona-se menor quantidade de lipídeos. O contrário ocorreu para os carboidratos, os tratamentos contendo os géis apresentaram teores de carboidratos maiores em comparação ao controle, devido à adição de carragena.

Para o teor de proteínas, apesar de não obter diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos, a linguiça contendo toucinho ($T_{CONTROLE}$) apresentou maior teor deste atributo que os demais tratamentos, uma vez que no toucinho também possui quantidade significativa de proteína em sua composição. Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, TACO, (UNICAMP, 2011) o toucinho cru apresenta 11,50% de proteínas e 60,30% de lipídeos.

Tabela 3 - Composição centesimal das Linguiça *in natura*

	Umidade (%)	Lipídeos (%)	Proteínas (%)	Cinzas (%)	Carboidratos (%)
T _{CONTROLE}	69,52 ± 0,89 ^a	7,81 ± 0,51 ^a	19,07 ± 0,87	3,69 ± 0,54	0,00 ± 0,04
T _{CANOLA}	71,57 ± 0,93 ^b	6,02 ± 0,55 ^b	16,28 ± 2,22	4,10 ± 0,04	2,02 ± 1,79
T _{GIRASSOL}	71,74 ± 0,02 ^b	6,39 ± 0,32 ^b	17,10 ± 0,55	3,72 ± 0,30	1,04 ± 0,60
T _{MILHO}	70,25 ± 0,39 ^{ab}	7,12 ± 0,05 ^{ab}	16,49 ± 0,06	4,14 ± 0,02	2,00 ± 0,36

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: T_{CONTROLE}: linguiça com toucinho; T_{CANOLA}: linguiça com gel contendo óleo canola; T_{GIRASSOL} linguiça com gel contendo óleo girassol; e T_{MILHO} linguiça com gel contendo óleo milho.

Nota: os valores correspondem à média e ao desvio padrão. Duas letras consecutivas do mesmo tipo indicam que os valores não são estatisticamente significativos ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A Tabela 4 apresenta os resultados de umidade e gordura após a cocção das linguiças, e também o teor de perda de lipídeos (% lipídeos no produto cru menos % de lipídeos no produto pronto para o consumo). O teor de umidade após a cocção diminuiu, uma vez que nessa etapa tem-se perda de água por evaporação. Para a perda de lipídeos notou-se que houve perda apenas para o T_{MILHO} (3,24%), enquanto que para o controle (T_{CONTROLE}) não houve redução desse parâmetro.

Perda de massa por cocção (PMC)

A PMC das amostras de linguiça variou de 34,07 a 42,46%, Tabela 4.

Tabela 4 - Teor de umidade (%), teor de lipídeos (%), % de perdas de gordura (PG,%), perda de massa por cocção (PMC,%), força de cisalhamento (N, FC) das linguiças prontas para consumo

	Umidade (%)	Lipídeos (%)	% PG	PMC (%)	FC (N)
T _{CONTROLE}	61,87 ± 1,43 ^a	9,82 ± 0,70 ^a	0,00 ± -0,10 ^a	39,52 ± 0,72 ^{ab}	30,68 ± 1,43 ^a
T _{CANOLA}	62,80 ± 2,51 ^a	8,39 ± 2,24 ^a	-0,33 ± -0,03 ^{ab}	34,07 ± 0,18 ^b	21,68 ± 1,00 ^b
T _{GIRASSOL}	60,58 ± 0,62 ^a	9,46 ± 0,37 ^a	-1,42 ± 0,56 ^a	35,61 ± 0,17 ^{ab}	12,51 ± 1,60 ^c
T _{MILHO}	57,57 ± 0,04 ^b	8,77 ± 0,18 ^a	3,24 ± 0,89 ^b	42,46 ± 0,29 ^a	11,86 ± 2,93 ^c

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: T_{CONTROLE}: linguiça com toucinho; T_{CANOLA}: linguiça com gel contendo óleo canola; T_{GIRASSOL} linguiça com gel contendo óleo girassol; e T_{MILHO} linguiça com gel contendo óleo milho.

Nota: os valores correspondem à média e ao desvio padrão. Duas letras consecutivas do mesmo tipo indicam que os valores não são estatisticamente significativos ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Perdas excessivas de água ou lipídio durante o cozimento resultam em diminuição do tamanho do produto, podendo despertar insatisfação do consumidor. As amostras contendo óleo de milho, T_{MILHO}, apresentaram as maiores perdas de peso por cocção. Enquanto que, as linguiças produzidas

com óleo de canola, T_{CANOLA} e girassol, T_{GIRASSOL}, apontaram melhor rendimento após o processo térmico, indicando que o uso destes óleos pode ser mais indicado que a gordura animal devido as menores perdas no cozimento.

A substituição de até 10% de gordura animal em linguiça Toscana por óleo de canola no estudo de Monteiro *et al.* (2017) não diferiu estatisticamente do controle para a PMC. O mesmo autor afirma que a literatura ainda é escassa em relação a trabalhos sobre perda de peso em linguiça.

Força de cisalhamento (FC)

A força de cisalhamento é o método mais utilizado para medir instrumentalmente a maciez da carne. Pela Tabela 4 observou-se que a substituição de gordura animal por oleogéis de diferentes óleos vegetais proporcionou propriedades texturais diferentes, $p < 0,05$, sendo que as linguiças do tratamento controle (gordura animal) apresentaram maior força de cisalhamento, e possivelmente maior dureza. Já a linguiça contendo oleogel de milho apresentou textura mais macia dentre os tratamentos estudados.

Resultado similar foi encontrado por Wang *et al.* (2018) em que a substituição de 40% de gordura de porco por oleogel em salsicha resultou em valores de mastigabilidade significativamente menores que o grupo controle. Segundo os autores, a gordura animal é saturada, dura e possui textura sólida, além disso desempenham um papel importante nas características texturais dos produtos cárneos, como por exemplo, dureza, viscosidade, suculência e mastigabilidade. Enquanto que, os oleogéis são emulsões contendo principalmente óleo (gordura insaturada) e água, possuindo assim maior teor de umidade e, conseqüentemente textura mais macia, sendo estas as principais razões pela menor força de cisalhamento das linguiças contendo os géis.

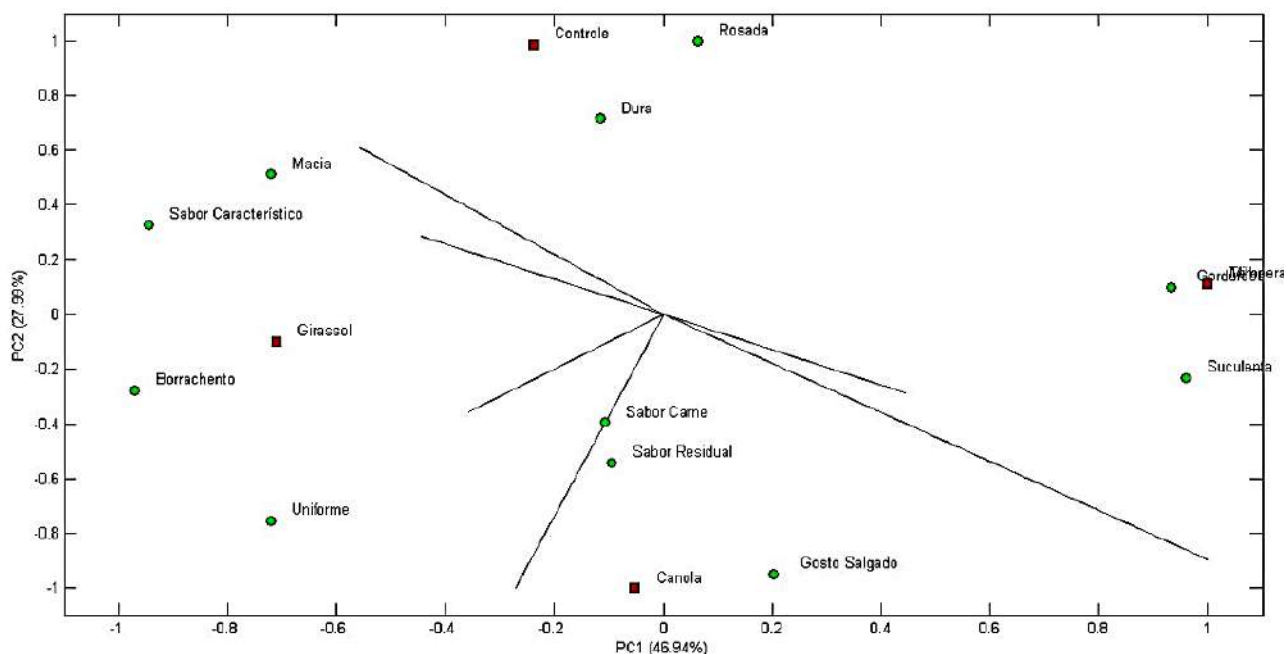
Análise sensorial

Na Figura 1 é apresentada a análise de correspondência, onde notou-se que o tratamento T_{CANOLA} apresentou as características de sabor de carne, residual e salgado e aparência uniforme.

Para a linguiça com óleo de girassol, T_{GIRASSOL}, sobressaiu textura macia e borrachenta, aparência uniforme e sabor característico. Na linguiça com substituição da gordura por óleo-gel de milho, T_{MILHO}, os atributos marcados foram aparência gordurosa, textura suculenta e sabor temperado. Já a amostra controle, T_{CONTROLE}, apresentou as características de aparência rosada, textura dura e sabor característico de linguiça. Apesar dos provadores apresentarem diferentes

percepções sensoriais em relação às amostras, estas não obtiveram diferenças significativas ($p < 0,05$) no teste de aceitação para os atributos aparência, sabor, textura e impressão global.

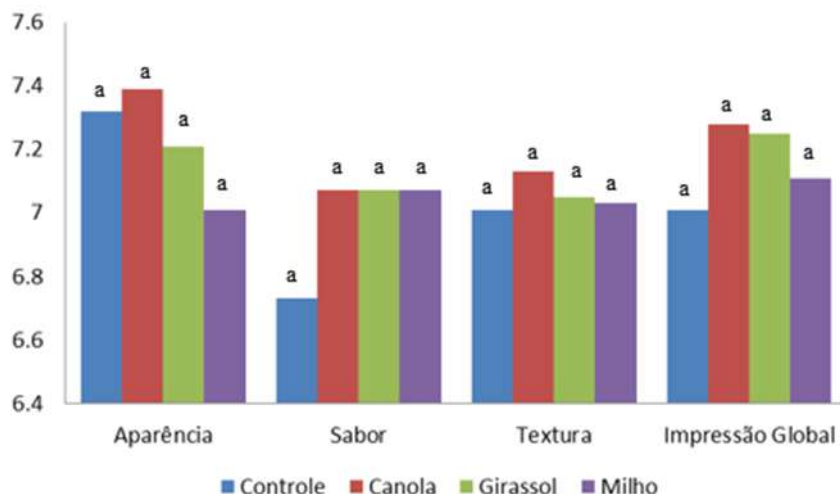
Figura 1 - Análise de correspondência para o teste sensorial CATA para diferentes amostras de linguiça contendo ou não substitutos de gordura animal



Fonte: Dos autores, 2021.

Fernández-Diez *et al.* (2016) afirmam que, em geral, os estudos mostram que a tentativa de reduzir o teor de gordura em produtos como linguiça tem resultado em baixa aceitação sensorial, devido à diminuição da suculência, do sabor e também por alterar a cor do produto. No entanto, o presente estudo observou uma boa aceitação sensorial das amostras de linguiça com diferentes substitutos de gordura animal, sendo que os provadores gostaram moderadamente do produto e este resultado não obteve diferença significativa do controle (Figura 2).

Figura 2 - Notas do teste de aceitação para as diferentes amostras de linguiça contendo ou não substitutos de gordura animal



Fonte: Dos autores, 2021.

Kouzounis, Lazaridou e Katsanidis (2017) avaliaram substituição de gordura animal em salsicha Frankfurter por óleo de girassol, e para todos os atributos sensoriais avaliados (aparência, cor, sabor, textura, suculência e aceitação global) as amostras obtiveram notas variando de 5 a 7.

Moghtadaei, Soltanizadeh e Goli (2018) avaliaram a substituição parcial de gordura animal por óleo de gergelim em hambúrguer. Os autores obtiveram as maiores notas sensoriais para os hambúrgueres com substituição parcial da gordura em 50%. No entanto, este estudo não avaliou quantidades maiores que 50% de óleo como substituto de gordura. Apesar dos trabalhos encontrados, ainda há poucos estudos sensoriais avaliando a percepção do consumidor com linguiças utilizando géis com óleos vegetais para a substituição de gordura animal, demonstrando assim a importância desta pesquisa.

Conclusão

As linguiças produzidas com substituição de gordura animal por oleogéis apresentaram-se menos avermelhadas que as amostras controle, o que também foi observado pelos provadores através do teste CATA. No entanto, o teste de aceitação global não apresentou diferença significativa entre os tratamentos para nenhum dos atributos analisados. Dentre os oleogéis produzidos destacaram-se os produzidos com óleo de canola e com óleo de milho, por apresentar menor perda de peso por cocção e por possuir maior maciez no teste de textura, respectivamente. Assim, conclui-se que a substituição de gordura animal por oleogel em linguiças pode ser realizada sem diferenças sensoriais significativas e com uma tentativa na melhora do valor nutricional deste produto.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado financeiramente pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Agradeço ao Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes) da Universidade Federal de Lavras, Brasil, pela oportunidade, espaço e equipamento cedidos para realização das análises.

Referências

- DOAN, C. D. *et al.* Internal and external factors affecting the crystallization, gelation and applicability of wax-based oleogels in food industry. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 45, n. 17, p. 42-52, 2018.
- DOMÍNGUEZ, R. *et al.* Effect of fat replacement by olive oil on the physico-chemical properties, fatty acids, cholesterol and tocopherol content of pâté. **Grasas Aceites**, v. 67, n. 2, p. 9, 2016.
- FERNÁNDEZ-DIEZ, A. *et al.* Partial Fat Replacement by Boiled Quinoa on the Quality Characteristics of a Dry-Cured Sausage. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 8, p. C1891-C1898, 2016.
- GOTOR, A. A.; RHAZI, L. Effects of refining process on sunflower oil minor components: a review. **Oilseeds & fats Crops and Lipids**, v. 23, n. 2, 2016.
- IAL, Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008.
- KOUZOUNIS, D.; LAZARIDOU, A.; KATSANIDIS, E. Partial replacement of animal fat by oleogels structured with monoglycerides and phytosterols in frankfurter sausages. **Meat Science**, v. 130, p. 38-46, 2017.
- KOUZOUNIS, D.; LAZARIDOU, A.; KATSANIDIS, E. Partial replacement of animal fat by oleogels structured with monoglycerides and phytosterols in frankfurter sausages. **Meat Science**, v. 130, p. 38-46, 2017.
- LIM, J. *et al.* Effect of shortening replacement with oleogels on the rheological and tomographic characteristics of aerated baked goods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 11, 2017.
- LIN, L. *et al.* Evidence of health benefits of canola oil. **Nutrition Reviews**, v. 71, n. 6, p. 370-385, 2013.
- LIU, D. *et al.* Effect of various levels of rosemary or Chinese mahogany on the quality of fresh chicken sausage during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 117, p. 106-113, 2009.



MAFRA, D. *et al.* Red meat intake in chronic kidney disease patients: Two sides of the coin. **Nutrition**, v. 46, p. 26-32, 2018.

MAPA. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Lingüiça. In: MAPA (Ed.). **Portaria Nº 5, de 8 de novembro de 1988**. MAPA, 1988.

MARTINS, A. J. *et al.* Edible oleogels: An opportunity for fat replacement in foods. **Food and Function**, v. 9, n. 2, p. 758-773, 2018.

MILANI, L. I. G. *et al.* Bioproteção de lingüiça de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 161-166, 2003.

MOGHTADAEI, M.; SOLTANIZADEH, N.; GOLI, S. A. H. Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. **Food Research International**, v. 108, n. September 2017, p. 368-377, 2018.

MONTEIRO, G. M. *et al.* Partial substitution of pork fat with canola oil in Toscana sausage. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 44, p. 2-8, 2017.

MORALES-IRIGOYEN, E. *et al.* Textural, physicochemical and sensory properties compensation of fat replacing in pork liver pate incorporating emulsified canola oil. **Food science and technology international**, v. 18, p. 413-421, 2011.

NUNES, C. A. *et al.* Chemoface: a novel free user-friendly interface for chemometrics. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 23, n.11, p. 2003-2010, 2012.

ÖZTÜRK, T.; USTUN, G.; AKSOY, H. A. Production of medium-chain triacylglycerols from corn oil: Optimization by response surface methodology. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 19, p. 7456-7461, 2010.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. DE M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. UFV 2 ed. Viçosa, 2017.

SHARMA, H. *et al.* Use of various essential oils as bio preservatives and their effect on the quality of vacuum packaged fresh chicken sausages under frozen conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 81, p. 118-127, 2017.

UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO**. 4. ed. Campinas: NEPA - UNICAMP, 2011.

WANG, X. *et al.* Effects of partial replacement of pork back fat by a camellia oil gel on certain quality characteristics of a cooked style Harbin sausage. **Meat Science**, v. 146, n. July, p. 154-159, 2018.

07 Capítulo

Estudo do aproveitamento do resíduo obtido da extração de sólidos hidrossolúveis de quinoa na elaboração de biscoitos: caracterização física, físico-química e sensorial



Capítulo 7

Estudo do aproveitamento do resíduo obtido da extração de sólidos hidrossolúveis de quinoa na elaboração de biscoitos: caracterização física, físico-química e sensorial

Iarima Lorena de Oliveira¹; Antonio Manoel Maradini Filho*²

Resumo

A quinoa é um pseudocereal pertencente à família Amaranthaceae, subfamília Chenopodiaceae, originária dos Andes, conhecida por sua alta resistência às condições adversas de clima e de solo e pelo seu alto valor nutricional. Supera a maioria dos cereais na quantidade de proteínas, lipídeos, fibras, vitaminas e minerais, apresentando maior equilíbrio na distribuição de aminoácidos essenciais. Além disso, apresenta ausência de colesterol e de glúten. Apesar de todos esses atributos a quinoa ainda é pouco utilizada no Brasil devido ao alto preço do grão importado e ao pouco conhecimento de seus benefícios pela maioria da população, razão pela qual sua comercialização é ainda muito limitada. O objetivo deste trabalho foi elaborar biscoitos utilizando o resíduo da extração de sólidos hidrossolúveis de quinoa e caracterizar suas propriedades físicas, físico-químicas e sensoriais. As análises realizadas foram: teor de água, proteínas, lipídeos e cinzas do resíduo e dos biscoitos, e cor, fator de espalhamento e aceitação sensorial dos biscoitos. Tanto a farinha quanto os biscoitos apresentaram altos teores de lipídeos, proteínas e fibras, gerando produtos de alto valor nutricional. Em relação à análise sensorial é possível afirmar que os biscoitos elaborados com substituição de até 40% da farinha de trigo por farinha do resíduo de quinoa obtiveram boa aceitabilidade em relação aos atributos sensoriais avaliados. Assim, de acordo os resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir ser possível a substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo da extração de sólidos solúveis de quinoa, agregando valor nos quesitos nutricionais sem comprometer a aceitação sensorial de biscoitos e de outros produtos de panificação.

Palavras-chave: Aceitação sensorial. BRS Piabiru. *Chenopodium quinoa*. Valor nutricional.

¹ Discente, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Espírito Santo.

² Docente, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Espírito Santo.

* E-mail para correspondência: antoniomaradinifilho@yahoo.com

Introdução

A quinoa é uma espécie granífera domesticada pelos povos habitantes da Cordilheira dos Andes há milhares de anos (SPEHAR; SANTOS, 2002). Após a conquista espanhola das Américas seu cultivo entrou em declínio, provavelmente pela introdução da cevada e como forma de reduzir a importância que o cultivo da quinoa e de outros grãos nativos apresentava perante a sociedade e a religião locais (RISI CARBONE, 1986).

No Brasil o plantio da quinoa é recente, como parte de um esforço para diversificar o sistema de produção de alimentos no Cerrado. As primeiras tentativas de adaptá-la ao cultivo se deram por seleção em populações híbridas provenientes de Cambridge, Inglaterra (SPEHAR; SOUZA, 1993). Sua introdução ocorreu nos anos de 1990, com o desenvolvimento do cultivar BRS Piabiru isento de saponina e adaptado às condições dos Cerrados, com excelentes rendimentos agrônômicos (SPEHAR, 2006; SPEHAR, 2007).

A quinoa tem atraído a atenção como um novo recurso alimentar, por causa da qualidade e valor nutricional de suas proteínas. É rica, principalmente em lisina, tornando sua proteína mais completa do que muitos vegetais tendo, em particular, a composição de aminoácidos próxima do equilíbrio de proteína ideal recomendado pela Food and Agriculture Organization (FAO) assemelhando-se ao valor biológico das proteínas do leite. Possui quantidade relativamente elevada de fibras, vitaminas B₁, B₂, B₆, C e E e minerais, principalmente cálcio, fósforo e ferro, e os seus lipídeos apresentam elevada qualidade como óleo vegetal comestível, além da ausência de gliadinas (formadora do glúten) que possibilita o desenvolvimento de novos produtos ideais para consumidores portadores da doença celíaca (ABUGOCH JAMES, 2009; ANDO *et al.*, 2002; COMAI *et al.*, 2007; MARADINI FILHO *et al.*, 2017; OGUNGBENLE, 2003; SPEHAR, 2007; VEGA-GÁLVEZ *et al.*, 2010).

Apesar de todos esses atributos, a quinoa ainda é pouco utilizada no Brasil devido ao alto preço do grão importado e ao pouco conhecimento de seus benefícios pela maioria da população, razão por que sua comercialização é ainda muito limitada.

Percebe-se, então, a maior necessidade de estudos para aprofundar os conhecimentos sobre a variedade BRS Piabiru, caracterizar seus principais componentes nutricionais e antinutricionais e desenvolver novos processos para sua utilização em produtos alimentícios, visto que apresenta ausência de gliadinas e possui elevada qualidade nutricional (MARADINI FILHO, 2014).

Como consequência da extração dos sólidos hidrossolúveis da quinoa para a elaboração de bebidas obtém-se um coproduto, que pode ser denominado de um resíduo de quinoa, que ainda possui



teores importantes de proteínas, lipídeos, fibras alimentares e atividade antioxidante que poderia ser estudado com a finalidade de sua utilização na elaboração de diversos produtos como pães, bolos, biscoitos, massas alimentícias, barras de cereais, entre outros, visando à obtenção de produtos de alto valor nutricional e viável para o consumo de portadores da doença celíaca.

Biscoitos são definidos como “produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) e/ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos” (BRASIL, 2005).

Os testes sensoriais podem ser considerados como parte da garantia de qualidade por ser uma medida mundial integrada possuindo importantes vantagens como: serem capazes de identificar a presença ou ausência de diferenças perceptíveis, definirem características sensoriais importantes de um produto de forma rápida e capazes de detectar particularidades que não podem ser detectadas por outros procedimentos analíticos (MUÑOZ; CIVILLE; CARR, 1992).

O objetivo deste trabalho foi estudar a viabilidade de elaborar biscoitos com a substituição parcial da farinha de trigo por uma farinha obtida a partir do resíduo da extração de sólidos hidrossolúveis da quinoa e caracterizar suas propriedades físicas, físico-químicas e sensoriais, a fim de verificar a aceitação e intenção de compra desses biscoitos, visto que a quinoa possui alto valor nutricional e não contém proteínas formadoras de glúten.

Material e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE/UFES) nos laboratórios de Tecnologia de Alimentos (LTA), Química de Alimentos, Operações Unitárias e de Análise Sensorial, do Departamento de Engenharia de Alimentos. Foram utilizados grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) da variedade BRS Piabiru safra 2013, lote BSB-004/13, fornecidos pela Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. Esses grãos estavam armazenados à temperatura de -18 °C.

Obtenção da farinha do resíduo da extração dos sólidos hidrossolúveis da quinoa

O resíduo sólido da elaboração de uma bebida não alcoólica de quinoa foi obtido após a extração dos sólidos hidrossolúveis das sementes de quinoa submetidas à maceração em banho-maria, a 45 °C, por 210 minutos. Em seguida os grãos de quinoa foram triturados em liquidificador doméstico e coados em peneira de 40 mesh, obtendo-se duas frações: os sólidos hidrossolúveis da

quinoa (utilizados para a elaboração de bebidas aromatizadas) e a fração insolúvel (resíduo sólido) utilizado neste trabalho.

A farinha foi obtida pela secagem do resíduo sólido distribuído em camadas uniformes em bandejas e colocadas em secador estacionário com aquecimento por resistência elétrica e com controle de temperatura. A secagem foi realizada a 60 °C até apresentar umidade final abaixo de 12%. Após a secagem, o resíduo seco foi triturado em moinho de facas até a obtenção de uma farinha bem fina que foi armazenada em embalagens metalizadas sob refrigeração até sua utilização.

Análise da composição físico-química da farinha do resíduo sólido da quinoa

A caracterização físico-química da farinha do resíduo de quinoa foi realizada quanto ao teor de água, cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta e carboidratos totais. O teor de água foi determinado por gravimetria após secagem da amostra em estufa a 105 °C (IAL, 2005). As cinzas foram quantificadas por gravimetria após incineração completa da amostra em mufla a 550 °C (IAL, 2005). O teor de lipídeos foi determinado em extrator intermitente de Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente (IAL, 2005). O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl modificado, utilizando um sistema digestor e destilador de nitrogênio e o fator 6,25 foi usado para conversão do nitrogênio quantificado em proteína (IAL, 2005). A fibra bruta foi quantificada segundo o método 044/IV (IAL, 2005), baseado na digestão ácida da amostra. Os carboidratos totais foram determinados pelo método de diferença (SOUCI; FACHMAN; KRAUT, 2000).

Elaboração dos biscoitos

Os biscoitos foram elaborados a partir da mistura de farinha de trigo e farinha do resíduo sólido da quinoa em diferentes proporções, além de ovos, margarina, açúcar, fermento químico, sal e extrato hidrossolúvel da quinoa. A formulação detalhada pode ser visualizada na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulação dos biscoitos com a substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo da extração dos sólidos hidrossolúveis da quinoa (*Continua...*)

Ingredientes	F0	F10	F25	F40	F50
Farinha de trigo	100%	90%	75%	60%	50%
Farinha do resíduo	0%	10%	25%	40%	50%
Açúcar refinado	44%	44%	44%	44%	44%
Gordura vegetal	30%	30%	30%	30%	30%

Tabela 1 - Formulação dos biscoitos com a substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo da extração dos sólidos hidrossolúveis da quinoa (*Continuação*)

Ingredientes	F0	F10	F25	F40	F50
Fermento químico	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%
Sal refinado	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%
Extrato hidrossolúvel	*qsp	qsp	qsp	qsp	qsp

Fonte: Dos autores, 2018.

Notas: Percentuais em base das farinhas; *Quantidade suficiente para obter o ponto ideal da consistência da massa, para a laminação dos biscoitos.

Determinação da composição físico-química dos biscoitos

As determinações do teor de água (método 012/IV), proteínas (método 037/IV), lipídeos (método 032/IV) e cinzas (método 018/IV) foram realizadas nos biscoitos prontos para consumo, conforme metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005). Os carboidratos totais foram determinados pelo método de diferença (SOUCI; FACHMAN; KRAUT, 2000).

Análise instrumental de cor dos biscoitos

A cor dos biscoitos foi mensurada pelo sistema $CIEL^*a^*b^*$, em colorímetro (Konica – Minolta CM-5). As coordenadas analisadas foram: L^* ou luminosidade (preto-0/branco-100), a^* (verde -/vermelho +) e b^* (azul -/amarelo +) (HUNTERLAB, 2013). Foi calculada a diferença global de cor entre os biscoitos pelo parâmetro ΔE .

Análise física de espalhamento dos biscoitos

O teste de espalhamento foi realizado segundo a metodologia AACC 10-50-05, “*Cookie Spread Test*” modificado, no qual seis biscoitos selecionados aleatoriamente foram empilhados e alinhados para a retirada das médias da espessura (E) e diâmetro (D), e em seguida foi calculado o fator de espalhamento pela razão D/E (AACC, 1995).

Avaliação sensorial dos biscoitos

A análise sensorial dos biscoitos foi realizada por meio do teste de aceitação, de acordo com Reis e Minim (2013). Cada amostra foi testada por um grupo de 83 provadores não treinados, os quais marcaram em uma ficha a impressão que o produto, como um todo, lhes causou. Para este teste foi

utilizada uma escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = indiferente, 1 = desgostei extremamente). As amostras de biscoitos codificadas com números de três dígitos foram servidas de forma aleatória e monódica em cabines individuais no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos e acompanhadas de água mineral à temperatura ambiente, para limpeza do palato entre as avaliações.

Este projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética da Universidade Federal do Espírito Santo quanto aos cuidados éticos para o consumo por seres humanos e obteve parecer de aprovação de número 2.310.701. A adesão dos consumidores ao trabalho ocorreu mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Planejamento experimental e análise estatística dos dados

As análises de aceitação sensorial foram realizadas utilizando-se o delineamento em blocos casualizados com 83 provadores e os dados obtidos foram analisados por meio de Análise de Variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) (REIS; MINIM, 2013).

Para a determinação das características físico-químicas da farinha do resíduo do extrato solúvel de quinoa os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva, obtendo-se a média e o desvio padrão para cada análise, realizadas em triplicata.

Para comparar o efeito dos diferentes níveis de resíduo de quinoa em relação às características físicas e físico-químicas dos biscoitos, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco níveis de concentração de resíduo de quinoa (0%, 10%, 25%, 40% e 50%) e três repetições, totalizando 15 unidades experimentais. As médias dos resultados das análises foram analisadas por meio de Análise de Variância (ANOVA) e de regressão.

O Programa SigmaPlot versão 11.0 foi utilizado para a análise estatística dos dados experimentais.

Resultados e Discussão

Composição físico-química da farinha do resíduo sólido da quinoa

Os resultados da composição centesimal da farinha obtida a partir do resíduo da extração dos sólidos hidrossolúveis da quinoa, expressos em base seca (bs), estão apresentados na Tabela 2.



Tabela 2 - Composição centesimal da farinha do resíduo de quinoa (média ± desvio padrão)

*Cinzas (g 100 g ⁻¹)	Teor de água (g 100 g ⁻¹)	*Lipídeos (g 100 g ⁻¹)	*Proteínas (g 100 g ⁻¹)	*Fibra bruta (g 100 g ⁻¹)	*Carboidratos totais (g 100 g ⁻¹)
3,08 ± 0,88	4,4 ± 0,32	15,6 ± 0,44	22,14 ± 1,06	18,05 ± 7,27	42,23 ± 0,52

Fonte: Dos autores, 2018.

Nota: *Dados expressos em% de matéria seca (bs).

Pelos resultados mostrados acima verifica-se que o resíduo seco obtido após a extração dos sólidos hidrossolúveis dos grãos de quinoa apresenta-se como um produto de elevada qualidade nutricional quando comparado, principalmente, com os teores de proteínas, lipídeos, fibras e cinzas normalmente presentes na farinha integral de quinoa, podendo ser utilizado no enriquecimento de diversos produtos alimentícios. Segundo Maradini Filho *et al.* (2017) a composição média aproximada dos grãos de quinoa descrita pelo USDA é: 16,30% de proteínas, 7,00% de lipídeos, 2,70% de cinzas, 74,00% de carboidratos e 7,00% de fibras.

A farinha do resíduo da extração dos sólidos hidrossolúveis de quinoa apresentou um teor de água de 4,4%. De acordo com a normativa RDC nº 263, de setembro de 2005 da ANVISA, o teor de água dos materiais farináceos não deve ultrapassar o valor de 15 g/100 g (BRASIL, 2005).

O valor encontrado para cinzas foi de 3,08% bs estando abaixo do valor máximo de 4% permitido pela legislação brasileira para farinhas vegetais, de acordo com Santos (2009).

De acordo com a RDC nº 54 da ANVISA (BRASIL, 2012) para um produto ser considerado baixo em gorduras totais ele deve conter no máximo 3 g de gorduras totais por porção de 50 g de produto, portanto, observa-se que a farinha do resíduo de quinoa pode ser considerada com alto teor de lipídeos. Ainda, de acordo com a RDC nº 54 é considerado um produto fonte de proteínas aquele que possui no mínimo 6 g de proteína por porção de 50 g. A farinha do resíduo de quinoa fornece cerca de 11,07 g de proteínas para uma porção de 50 g, sugerindo ser um produto de boa fonte deste nutriente. Quanto ao teor de fibras a RDC nº 54 prevê que é considerado fonte da mesma, produtos que fornecem 5 g por porção. A farinha analisada fornece aproximadamente 9 g por porção de 50 g, podendo ser considerada também boa fonte deste nutriente.

Composição físico-química dos biscoitos

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios da composição centesimal dos biscoitos elaborados com a mistura das farinhas.

Tabela 3 - Médias dos teores de água, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos totais dos biscoitos elaborados com adição de farinha do resíduo de quinoa em diferentes porcentagens (média \pm desvio padrão)

Tratamentos	Cinzas (g 100 g ⁻¹)	Teor de água (g 100 g ⁻¹)	Lipídeos (g 100 g ⁻¹)	Proteínas (g 100 g ⁻¹)	Carboidratos totais (g 100 g ⁻¹)
F0	0,60 \pm 0,03	4,03 \pm 0,08	24,99 \pm 0,93	8,68 \pm 0,38	61,70 \pm 0,88
F10	0,75 \pm 0,04	4,52 \pm 0,04	26,34 \pm 2,01	10,25 \pm 0,29	58,15 \pm 2,24
F25	1,23 \pm 0,04	5,03 \pm 0,09	31,66 \pm 2,39	10,68 \pm 0,42	51,40 \pm 1,96
F40	1,39 \pm 0,03	4,98 \pm 1,04	34,15 \pm 1,77	10,90 \pm 1,47	48,58 \pm 1,74
F50	1,54 \pm 0,05	6,06 \pm 0,05	36,84 \pm 2,68	12,31 \pm 0,85	43,24 \pm 2,07

Fonte: Dos autores, 2018.

Os parâmetros físico-químicos dos biscoitos apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste F, sendo, posteriormente, submetidos à regressão. Os modelos foram ajustados para descrever o comportamento desses parâmetros em função da incorporação da farinha do resíduo da extração dos sólidos hidrossolúveis da quinoa, com R^2 superiores a 0,92 (Tabela 4).

Tabela 4 - Modelos estatísticos ajustados e coeficientes de determinação (R^2) dos parâmetros físico-químicos dos biscoitos elaborados com adição de farinha do resíduo de quinoa em diferentes porcentagens

Variável resposta	Modelos ajustados	R^2
Teor de cinzas (%)	$y = 0,594 + 0,01682x$	0,952
Teor de lipídeos (%)	$y = 24,489 + 0,21015x$	0,973
Teor de proteínas (%)	$y = 8,98 + 0,05282x$	0,918
Teor de carboidratos totais (%)	$y = 61,914 - 0,30991x$	0,988

Fonte: Dos autores, 2018.

Nota: y e x são os valores relativos dos parâmetros físico-químicos dos biscoitos e a concentração de farinha do resíduo de quinoa, respectivamente.

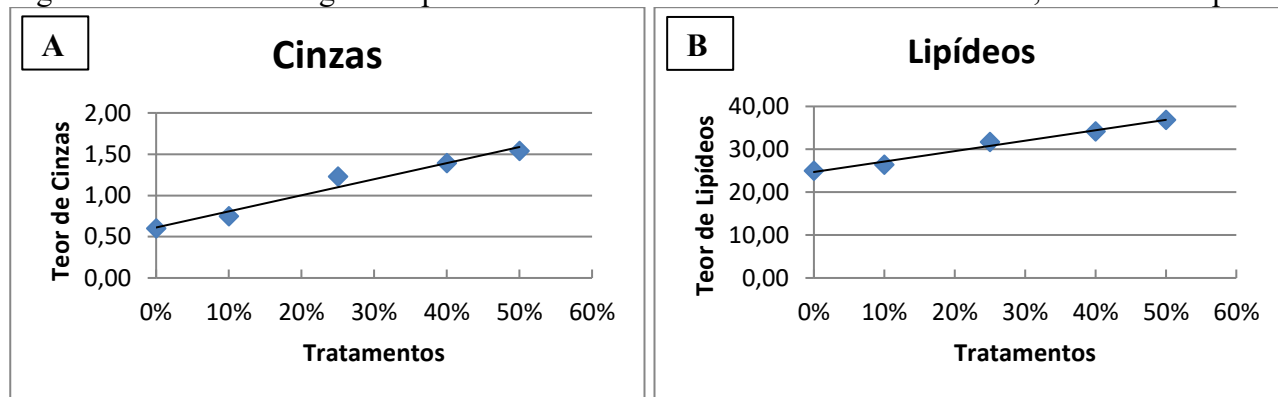
O teor de água dos biscoitos variou entre 4,03% (F0) e 6,06% (F50), valores bem baixos mostrando que os biscoitos podem ser considerados estáveis quimicamente e microbiologicamente (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Pelos valores mostrados na Tabela 3 é possível notar que, à medida que a concentração da farinha do resíduo de quinoa aumentou os teores de cinzas, umidade, lipídeos, proteínas também aumentaram, exceto para carboidratos totais que diminuiu.

O teor de cinzas variou entre 0,60% na formulação controle F(0) e 1,54% para o tratamento F(50). Verificou-se efeito significativo da adição de farinha do resíduo de quinoa no teor de cinzas dos biscoitos. O aumento no percentual da farinha de resíduo de quinoa ocasionou um aumento proporcional no teor de cinzas nos biscoitos. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,952 mostrando que o modelo ajustado explica 95,2% dos dados. A Figura 1A mostra o gráfico da regressão para melhor visualização desse efeito.

Verificou-se efeito significativo da adição de farinha do resíduo de quinoa no teor de lipídeos dos biscoitos. O aumento da concentração da farinha de resíduo de quinoa ocasionou um aumento proporcional no teor de lipídeos nos biscoitos. O modelo ajustado para explicar este efeito encontra-se na Tabela 4. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,973 mostrando que o modelo ajustado explica 97,3% dos dados. A Figura 1B mostra o gráfico para melhor visualização desse efeito.

Os teores de lipídeos variaram entre 24,99% (F0) e 36,84% (F50) e esses altos teores podem ser justificados pelo percentual de gordura vegetal utilizada no preparo dos biscoitos e também ao uso da farinha do resíduo de quinoa em substituição à farinha de trigo, uma vez que esse resíduo apresenta um alto teor de lipídeos (15,6% bs), bem superior ao da farinha de trigo.

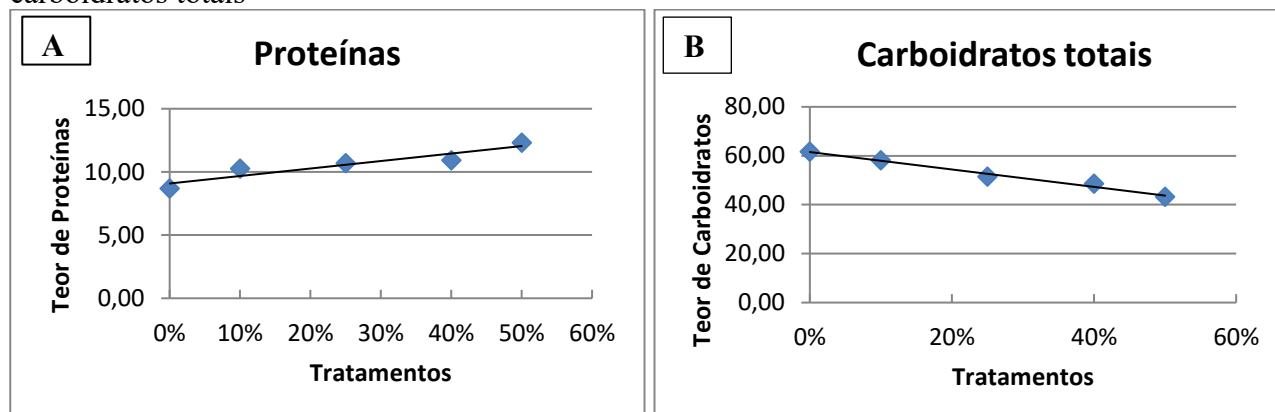
Figura 1 - Gráficos de regressão para as amostras de biscoitos: A = teor de cinzas; B = teor de lipídeos



Fonte: Dos autores, 2018.

Observou-se que os valores dos teores de proteínas aumentaram significativamente com o aumento da concentração da farinha do resíduo de quinoa. O modelo ajustado (Tabela 4) foi significativo ($p \leq 0,05$) pela análise de variância da regressão e apresentou um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,918 indicando um ajuste satisfatório. A Figura 2A mostra a linha de tendência para a curva de regressão possibilitando uma melhor visualização do comportamento da variação do teor de proteínas com o aumento da concentração de farinha do resíduo de quinoa.

Figura 2 - Gráficos de regressão para as amostras de biscoitos: A = teor de proteínas; B = teor de carboidratos totais



Fonte: Dos autores, 2018.

O teor de proteínas ficou entre 8,68% (F0) e 12,31% (F50). Tal efeito justifica-se pela adição da farinha do resíduo de quinoa em cada tratamento. Sendo assim, os resultados permitem considerar os biscoitos elaborados com a farinha do resíduo de quinoa como produtos fontes de proteínas uma vez que, segundo a legislação, para um alimento ser considerado fonte de proteínas deve apresentar um mínimo de 6 g 100 g⁻¹ de proteínas (BRASIL, 2012).

Para carboidratos totais observou-se que houve uma tendência de redução com a adição da farinha do resíduo de quinoa, com valores variando de 61,70% (F0) a 43,24% (F50) apresentando diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, visto que, o aumento dos teores de água, proteínas, lipídeos e cinzas levam, conseqüentemente, à diminuição dos teores de carboidratos totais dos biscoitos. Pelo modelo ajustado (Tabela 4) e na Figura 2B é possível observar a variação no teor de carboidratos totais nos biscoitos com o aumento da adição da farinha do resíduo de quinoa. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,988, mostrando que o modelo ajustado explica 98,8% dos dados.

Coordenadas de cor e fator de espalhamento dos biscoitos

Na Tabela 5 estão os resultados obtidos das coordenadas de cor e do fator de espalhamento dos biscoitos elaborados com a farinha do resíduo hidrossolúvel de quinoa.

Observando os resultados das coordenadas de cor, conclui-se que os biscoitos com maior teor de farinha do resíduo de quinoa apresentaram menor valor de luminosidade (L^*) e menor intensidade de cor vermelha (a^*), podendo ser explicado pelo fato da farinha do resíduo de quinoa ser mais escura que a farinha de trigo. A diferença global de cor (ΔE) determina em relação à impressão global de

cor quanto uma amostra difere da amostra padrão, ou seja, o quanto essa diferença é percebida aos olhos humanos (RAMOS; GOMIDE, 2007). Verificou-se um aumento nos valores de ΔE com o aumento da concentração da farinha do resíduo de quinoa indicando que, quanto maior os percentuais da farinha do resíduo de quinoa, mais os biscoitos diferiram da cor do biscoito padrão.

Tabela 5 - Resultado das coordenadas de cor L^* a^* e b^* e fator de espalhamento dos biscoitos elaborados com a farinha do resíduo da extração dos sólidos hidrossolúveis da quinoa

Tratamentos	L^*	b^*	a^*	ΔE	Fator de espalhamento (D/E)
F0	75,89 ± 1,17	6,60 ± 0,67	25,21 ± 0,91	----	4,94 ± 0,19 ^{ab}
F10	67,69 ± 1,53	7,53 ± 1,39	22,52 ± 0,48	8,68 ± 0,35 ^c	4,66 ± 0,09 ^{bc}
F25	65,22 ± 0,94	8,05 ± 0,96	22,99 ± 0,64	10,99 ± 0,64 ^b	4,43 ± 0,12 ^c
F40	64,47 ± 1,03	7,41 ± 1,06	22,98 ± 0,55	11,66 ± 0,28 ^b	5,20 ± 0,07 ^a
F50	61,03 ± 0,81	7,12 ± 0,95	21,39 ± 0,46	15,35 ± 0,46 ^a	5,29 ± 0,18 ^a

Fonte: Dos autores, 2018.

Nota: Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% ($p > 0,05$).

Os biscoitos com 40% e 50% de farinha do resíduo de quinoa apresentaram maior diâmetro e, conseqüentemente, maior fator de espalhamento após assamento, indicando que a adição de quantidades maiores de farinha do resíduo de quinoa pode ter interferido na formação da rede de glúten do biscoito, diminuindo a sua elasticidade, fazendo com que a massa sofresse maior espalhamento durante a cocção e aumentando o diâmetro dos biscoitos.

Os biscoitos geralmente apresentam aumento no diâmetro depois do forneamento, que é atribuído ao baixo conteúdo de glúten e menor força da farinha, formando um filme frágil ao invés de rede viscoelástica (MORAES *et al.*, 2010; ZOULIAS; OREOPOULOU; KOUNALAKI, 2002).

O diâmetro, a espessura e o fator de espalhamento de biscoitos têm sido utilizados para prever a qualidade dos produtos. Biscoitos com fator de expansão muito alto ou muito baixo causam problemas na indústria resultando em produtos com tamanho pequeno ou peso muito elevado (FERREIRA *et al.*, 2009). Essa variabilidade pode dificultar as operações de empacotamento, além da diminuição da qualidade do produto.

Aceitação sensorial dos biscoitos

A Tabela 6 apresenta os escores médios da avaliação sensorial dos biscoitos quanto aos atributos cor, aroma, sabor, textura e impressão global. Observou-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias das amostras, para todos os atributos sensoriais avaliados.

Tabela 6 - Notas médias de aceitação sensorial dos biscoitos elaborados com a farinha do resíduo de quinoa pelo grupo de provadores

Tratamentos	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Impressão Global
F0	7,8 ^a	7,5 ^a	8,2 ^a	7,7 ^a	8,0 ^a
F10	7,7 ^{ab}	7,3 ^{ab}	7,8 ^a	7,6 ^{ab}	7,7 ^{ab}
F25	7,4 ^{ab}	7,1 ^{ab}	7,3 ^b	7,2 ^{bc}	7,4 ^{bc}
F40	7,1 ^b	7,0 ^b	6,9 ^b	6,7 ^c	6,9 ^c
F50	6,0 ^c	6,1 ^c	5,5 ^c	5,5 ^d	5,6 ^d

Fonte: Dos autores, 2018.

Nota: Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% ($p > 0,05$).

As notas hedônicas médias obtidas na análise sensorial demonstraram que, quanto aos atributos cor e aroma as formulações diferiram pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) situando-se entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei muito”, sendo os tratamentos F0, F10 e F25 os mais aceitos e o tratamento F50 o tratamento menos aceito.

Quanto ao atributo sabor também houve diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) situando-se entre os termos hedônicos “indiferente” e “gostei extremamente”, sendo os tratamentos F0 e F10 os mais aceitos e o tratamento F50 o menos aceito pelos provadores.

Com relação aos atributos textura e impressão global as formulações diferiram pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) situando-se entre os termos hedônicos “indiferente” e “gostei muito”, sendo os tratamentos F0, F10 e F25 os mais aceitos e o tratamento F50 o menos aceito.

Com isso, é possível dizer que os biscoitos elaborados com substituição de até 40% da farinha de trigo pela farinha do resíduo de quino obtiveram uma boa aceitabilidade em relação aos atributos sensoriais avaliados.

De acordo com SANTUCCI *et al.* (2003) a mistura de farinhas de produtos não convencionais com a farinha de trigo melhora a qualidade nutricional de biscoitos e pode até melhorar sua palatabilidade tornando-os mais aceitos pelos consumidores.

Outros trabalhos realizados com diferentes tipos de biscoitos e misturas têm demonstrado forte tendência das pesquisas em promover o enriquecimento dos mesmos, pois, por ser um produto de baixo custo e de boa aceitação sensorial, podem facilmente ser consumidos por todas as classes sociais (GIOVANELLA; SCHLABITZ; SOUZA, 2013; MARIANI *et al.*, 2015; PIOVESANA; BUENO; KLAJN, 2013; VIEIRA *et al.*, 2015).

Conclusão

Os resultados observados em relação à composição centesimal da farinha do resíduo dos sólidos hidrossolúveis da quinoa mostraram que a mesma possui teores altos de fibras, lipídeos, proteínas e cinzas (minerais), justificando o seu aproveitamento no desenvolvimento de novos produtos com maior valor nutricional.

Quanto à caracterização química dos biscoitos, observou-se que à medida que a concentração de farinha do resíduo de quinoa aumentou, seus componentes nutricionais também aumentaram, fazendo com que o mesmo se torne um produto de grande valor nutricional.

De acordo com a análise de cor observou-se que os biscoitos com maior teor de farinha do resíduo de quinoa apresentaram mais escuros e com menor intensidade de cor vermelha.

O teste de espalhamento mostrou que os biscoitos com maior quantidade de farinha do resíduo de quinoa apresentaram maior diâmetro e, conseqüentemente, maior fator de espalhamento após assamento.

Com relação à análise sensorial é possível afirmar que os biscoitos elaborados com substituição de até 40% da farinha de trigo por farinha do resíduo de quinoa obtiveram uma boa aceitabilidade em relação aos atributos sensoriais avaliados.

Sendo assim, de acordo os resultados, verificou-se ser possível a substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do resíduo de quinoa, agregando valor nos quesitos nutricionais, sem comprometer a aceitação sensorial do biscoito.

Referências

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods of AACC**. 8. ed. St. Paul, Minnesota, 1995.



ABUGOCH JAMES, L. E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 58, 2009. p. 1-31.

ANDO, H. *et al.* Food components in fractions of quinoa seed. **Food Science and Technology Research**, v. 8, n. 1, p. 80-84, 2002.

BRASIL. RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 nov. 2012. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/index.htm>. Acesso em: 16 jun. 2018.

BRASIL. RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005. Aprova o 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: <http://www.anvisa.gov.br/legis/index.htm>. Acesso em: 14 jun. 2018.

COMAI, S. *et al.* The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1350-1355, 2007.

DAMODARAN, S.; PAKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Editora Artmed. 2010. 900p.

FERREIRA, A. M. R. *et al.* Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latino-americanos de Nutricion**, Organo Oficial de la Sociedad Latino-americana de Nutrición, Paraná, v. 59, n. 4, p. 433-440, 2009.

GIOVANELLA, C.; SCHLABITZ, C.; SOUZA, C. F. V. de. Caracterização e aceitabilidade de biscoitos preparados com farinha sem glúten. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 1, p. 965-976, 2013.

HUNTERLAB. Hunter Associates Laboratory. **Color measurement of cereal and cereal products**. 2013. Disponível em: <http://www.hunterlab.com/node/653>. Acesso em: 19 maio 2017.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília, 2005. 1018p.

MARADINI FILHO, A. M. **Caracterização físico-química, nutricional e fatores antinutricionais de quinoa da variedade brasileira BRS Piabiru**. 2014. 202f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

MARADINI FILHO, A. M. *et al.* Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 8, p. 1618–1630, 2017.

MARIANI, M. *et al.* Elaboração e avaliação de biscoitos sem glúten a partir de farelo de arroz e farinhas de arroz e de soja. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 70-78, 2015.

MORAES, K. S. *et al.* Avaliação tecnológica de biscoitos tipo *cookie* com variações nos teores de lipídios e de açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, Supl. 1, p. 233-242, 2010.

MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation in quality control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240p.

OGUNGBENLE, N. H. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 54, n. 2, p. 153-158, 2003.

PIOVESANA, A.; BUENO, M. M.; KLAJN, V. M. Elaboração e aceitabilidade de biscoitos enriquecidos com aveia e farinha do bagaço de uva. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 1, p. 68-72, 2013.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 599p.

REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Testes de aceitação. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). **Análise sensorial – estudos com consumidores**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. p. 65-81.

RISI CARBONE, J. J. M. **Adaptation of the Andean grain crop quinoa for cultivation in Britain**. 1986. 338f. Ph.D. Thesis. Cambridge: University of Cambridge, 1986.

SANTOS, C. T. **Farinha da semente de jaca: caracterização físico-química e propriedades funcionais**. 2009. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, 2009.

SANTUCCI, M. C. C. *et al.* Efeito do enriquecimento de biscoitos tipo água e sal com extrato de levedura (*Saccharomyces* sp.), **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 441-446, 2003.

SOUCI, S. W.; FACHMAN, W.; KRAUT, H. **Food composition and nutrition tables**. 6. ed. Stuttgart: Medpharm, 2000.

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 23, n. 1, p. 41-62, jan./abr. 2006.

SPEHAR, C. R. **Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. Ed. Técnico. 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 103p.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa ‘BRS Piabiru’: Alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 889–893, 2002.

SPEHAR, C. R.; SOUZA, P. I. M. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ao cultivo nos cerrados do Planalto Central: resultados preliminares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 5, p. 635-639, 1993.

VEGA-GÁLVEZ, A. V. *et al.* Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 2541-2547, 2010.

VIEIRA, T. dos S. *et al.* Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, p. 285-292, 2015.

ZOULIAS, E. I.; OREOPOULOU, V.; KOUNALAKI, E. Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n. 14, p. 1637-1644, 2002.



08 Capítulo

Elaboração e
caracterização de
creme de ricota
saborizado com
geleia de goiaba

Capítulo 8

Elaboração e caracterização de creme de ricota saborizado com geleia de goiaba

Augusto César Fonseca Sobreira*¹; Beatriz Souza e Silva¹; Maria Quitéria Dantas Silva²; Patrícia Érica Fernandes³; João Paulo Natalino de Sá³

Resumo

O soro de leite é o coproduto proveniente da precipitação de proteínas durante a fabricação de queijo, e se descartado de maneira inadequada, pode trazer riscos para o meio ambiente. Dessa forma o presente trabalho teve como objetivo estudar uma forma racional de utilização deste soro para o desenvolvimento de uma sobremesa láctea. Foram elaboradas três formulações (F1, F2 e F3) de creme de ricota com diferentes concentrações de geleia de goiaba (15%, 20% e 25%). Para a caracterização do creme de ricota saborizado foram realizadas análises físico-químicas (pH, gordura, proteína e umidade) e microbiológicas (*Salmonella* sp, *Listeria monocytogenes*, Coliformes Totais e termotolerantes, *Staphylococcus aureus* e mesófilos aeróbios). Para os tratamentos, foi aplicado o Delineamento Inteiramente Casualizado, seguido de Análise de Variância e teste de Tukey a nível de 5% de significância. De acordo com os resultados obtidos foi possível observar que os parâmetros físico-químicos avaliados não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações. Os resultados das análises microbiológicas evidenciaram que o produto está dentro dos padrões da legislação vigente, estando, portanto, apto ao consumo humano. Neste contexto, o desenvolvimento e caracterização físico-química e microbiológica do creme de ricota saborizado com geleia de goiaba demonstra ser uma alternativa para o uso do soro de leite, agregando valor ao produto e auxiliando a implementação de Padrão de Identidade e Qualidade específico para creme de ricota, o que favorece uma maior segurança de comercialização desse alimento.

Palavras-chave: Novos produtos. Reaproveitamento. Resíduos.

¹ Bacharel em Engenharia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa.

² Bacharel em Agroindústria, Departamento de Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, campus Sertão, SE, Brasil.

³ Docente, Departamento Acadêmico, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Campus Batalha, Batalha, AL, Brasil.

* E-mail para correspondência: augusto.sobreira@ufv.br

Introdução

A busca do consumidor por produtos mais saudáveis é cada vez maior, com isso o mercado está buscando constantemente adequar-se a estas mudanças, o que tem colaborado para o desenvolvimento de novos produtos (PAULA; OLIVEIRA; SOUZA, 2021). O soro de leite é o coproduto da fabricação de queijos sendo de volume considerável no ciclo produtivo dos laticínios e contém, aproximadamente, 55% dos nutrientes do leite, dentre eles, proteínas solúveis, lactose, vitaminas, minerais e uma quantidade mínima de gordura (ALVES *et al.*, 2014).

A composição do soro varia com a qualidade do leite utilizado e o tipo de queijo do qual foi originado. O volume gerado na produção depende do tipo do laticínio, sendo que em média cada quilo de queijo gera oito litros de soro. Este soro é um produto ainda pouco explorado para a maioria das agroindústrias de pequeno e médio porte, sendo utilizado principalmente para a alimentação animal (REGHELIM, 2018).

Entretanto, esse produto, quando descartado e não tratado de forma eficiente, pode representar um grande impacto ambiental, por possuir, dentre outros fatores, uma alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), acarretando diferentes problemas ambientais, como a poluição das águas, geração de odor desagradável e o comprometimento da estrutura físico-química do solo (GARCIA, 2017). Dessa forma, a fabricação da ricota é uma das formas de reaproveitamento do soro de queijo, este que é considerado resíduo e de baixo valor econômico, sendo também de caráter poluente quando lançado ao meio ambiente sem tratamento adequado (DETONI; GONÇALVES, 2011).

Segundo Gusso (2013), a ricota é um produto geralmente voltado às pessoas que fazem uso de dietas especiais, embora por ser um alimento de baixo teor de gordura e de sal, muitas vezes não atende as expectativas do consumidor. Já o creme de ricota é um produto fabricado a partir da ricota, podendo ser saborizado ou não. O produto possui consistência cremosa, sabor levemente ácido e textura semelhante a um requeijão cremoso, podendo ser consumido em substituição a alguns produtos de base láctea, como exemplo, a manteiga e /ou requeijão, porém com preço mais acessível para o consumidor (NOGUEIRA *et al.*, 2014).

Embora alguns estudos estejam disponíveis na literatura, e o creme de ricota seja comercializado no mercado nacional, não há até o presente momento, uma legislação específica para este produto, sendo de extrema importância, a sua caracterização físico-química e microbiológica a fim de contribuir para uma futura implementação de um Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ's) específico para este produto pelos órgãos competentes.

Visando o uso racional e sustentável do soro de leite, foi desenvolvido o creme de ricota saborizado com geleia de goiaba. Este novo produto além de favorecer o uso mais adequado do soro



proveniente da fabricação de queijos poderá agregar valor ao produto, atender aos anseios e necessidades dos consumidores por alimentos nutritivos, saborosos e ambientalmente corretos. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e caracterizar do ponto de vista físico-químico e microbiológico o creme de ricota saborizado com diferentes concentrações de geleia de goiaba artesanal.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado na Universidade Federal de Sergipe, Campus Sertão. Desenvolveu-se a ricota na cozinha funcional do Campus, e elaborou-se o creme de ricota saborizado com geleia de goiaba em diferentes concentrações com posterior caracterização físico-química e microbiológica no Laboratório Multidisciplinar.

Elaboração da geleia de goiaba

A goiaba foi escolhida para a fabricação da geleia, devido ao seu valor nutritivo e consumo *in natura*, principalmente em regiões subtropicais e tropicais onde tem grande aplicação industrial e se desenvolvem em condições adversas do meio ambiente. Para a fabricação de geleia deve-se selecionar a goiaba vermelha madura por apresentar, dentre outras características, melhor sabor, cor e aroma (REZENDE *et al.*, 2013).

Dessa forma, goiabas vermelhas maduras foram adquiridas na feira livre em Nossa Senhora da Glória – SE e transportadas em caixas íntegras de papelão ao Laboratório Multidisciplinar, onde foram selecionadas quanto a aparência geral visando a retirada daquelas com injúrias mecânicas e/ou com a presença de áreas de deterioração, fungos ou podridões. Em seguida, as frutas foram lavadas em água corrente e sanificadas com hipoclorito de sódio a 150 mg.L^{-1} , por 15 minutos e secas à temperatura ambiente. Posteriormente, as goiabas foram descascadas, cortadas, as sementes retiradas e colocadas no liquidificador industrial (kymesen LI-1,5) para a obtenção da polpa.

Para a elaboração de 1 kg de geleia de goiaba artesanal, utilizou-se 0,6 kg de polpa, 0,37 kg de açúcar cristal e 0,3 kg de pectina. Inicialmente foi realizado o aquecimento da polpa com a adição de 60% do volume de açúcar até atingir, aproximadamente, a temperatura de 65-70 °C, em seguida foi adicionado lentamente, a pectina de baixo teor de metoxilação (BTM) (Dinâmica, Brasil) para posterior adição do volume restante de açúcar e de agente estabilizante goma guar (Allimentari, Brasil). Essa base foi mantida sob cozimento para concentração de sólidos solúveis, até alcançar o



teor de 70 °Brix. Por fim, o produto foi resfriado e armazenado a 11 °C por 24 h até a sua utilização nas formulações do creme de ricota saborizado.

Fabricação da ricota

O desenvolvimento da ricota foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Albuquerque (2003), com algumas modificações. A Figura 1 representa as etapas desse processo.

Figura 1 - Fluxograma do desenvolvimento da ricota



Fonte: Dos autores, 2018.

O soro foi obtido durante o processamento do queijo muçarela, após a primeira mexedura, sendo armazenado em potes de vidros previamente esterilizados e colocado em caixas isotérmicas com gelo reciclado a fim de ser transportado para o Laboratório Multidisciplinar. O processamento da ricota deu-se no intervalo máximo de 2 h após a obtenção do soro de leite. Primeiramente a acidez do soro foi neutralizada entre 6º a 8º Dornic utilizando bicarbonato de sódio (União química, Brasil) de grau alimentício. Em seguida, o soro foi aquecido até atingir 85 °C e adicionado de 100 mL de ácido láctico a 85% (Rica nata, Brasil) diluído em 1000 mL de água. Após a floculação, a massa foi

removida com o auxílio de espátulas previamente higienizadas, enformada em formas de polietileno e mantidas sobre refrigeração (7 – 9 °C) por 24 h.

Elaboração do creme de ricota saborizado

Foram elaboradas três formulações do creme de ricota saborizado com geleia de goiaba como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulações do creme de ricota saborizado com geleia de goiaba

Ingrediente	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)
Ricota	48,8	43,8	38,8
Geleia de goiaba	15	20	25
Cloreto de sódio	0,2	0,2	0,2
Goma guar (Allimentari, Brasil)	1	1	1
Creme de leite UHT (17% de gordura)	10	10	10
Leite UHT	25	25	25
Total	100	100	100

Fonte: Dos autores, 2018.

Legenda: F1: Formulação 1; F2: Formulação 2; F3: Formulação 3.

Após 24 h de repouso do queijo ricota desenvolveu-se o creme de ricota. Para cada formulação, realizou-se a pesagem dos ingredientes de acordo com a Tabela 1. Em seguida, os ingredientes, que estavam a 8 °C, foram homogeneizados por 2 min utilizando-se *mixer* com velocidade de rotação de 10.000 rpm. Após esta etapa, o creme de ricota saborizado com diferentes concentrações de geleia de goiaba artesanal, foi armazenado a 8 °C em potes de vidro previamente esterilizados até o momento da realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

Análises físico-químicas

Visando caracterizar o creme de ricota saborizado quanto a parâmetros físico-químico, foram realizadas análises de pH, gordura, proteína e umidade para cada formulação e em triplicata após 86.400 segundos da produção do creme. A metodologia de cada análise está descrita a seguir.



pH

O pH foi medido de forma direta em cada formulação do creme de ricota saborizado, com auxílio de phmetro automático (MS Tecnopon), modelo AF 401.

Gordura

Empregou-se um método de Gerber, utilizando butirômetro para queijo. Pesou-se 5 g de cada amostra diluindo-a a dez vezes em aquecimento para a dissolução do material. No butirômetro, adicionou-se 10 ml de ácido sulfúrico, 11 ml da amostra e 1,0 ml de álcool isoamílico. As amotras foram centrifugadas por 5 minutos a 5000 rpm. A leitura foi feita na escala do butirômetro, multiplicando o valor lido pelo fator da diluição (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Proteína

A quantificação de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldahl de acordo com a Instrução normativa nº 68/2003 do MAPA (BRASIL, 2006). Pesou-se 0,5 g da amostra em papel de seda e transferiu-se para o balão de Kjeldahl. Adicionou-se 10 mL de ácido sulfúrico e 2,5 g da mistura catalítica. Em seguida foi realizado o aquecimento gradual da amostra em bloco digestor, a 50 °C, com posterior aquecimento para 400 °C, até o líquido se tornar límpido e transparente, de tonalidade azul-esverdeada. Retirou-se do aquecimento, deixando esfriar. Adicionou-se 10 mL de água e realizou-se a destilação com solução de ácido bórico a 4% com 4 ou 5 gotas de solução de indicador misto. Adaptou-se o tubo de Kjeldahl ao destilador e adicionou-se a solução de hidróxido de sódio a 50% até que a mesma se tornou de coloração preta. Procedeu-se a destilação coletando cerca de 100 mL do destilado. A solução receptora foi mantida fria durante a destilação. Após, titulou-se com solução de ácido sulfúrico 0,1 N até viragem do indicador (BRASIL, 2006).

Umidade

O teor de umidade para cada formulação foi determinado por meio da secagem de de 5 g de amostra em estufa a 105 °C durante três horas. A amostra retirada da estufa foi resfriada em dessecador e pesada em balança analítica (Bel M214AIH). Esse procedimento foi repetido até a amostra atingir peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).



Análises microbiológicas

Para verificação da qualidade microbiológica do creme de ricota, foram realizadas as análises de *Salmonella* sp., *Listeria* sp., Coliformes Totais, Coliformes termotolerantes, *Staphylococcus aureus* e Mesófilos aeróbios, conforme os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003). Para todas as análises foram pesados, assepticamente, 25 g de amostra, de cada formulação, sendo o material homogeneizado por agitação manual em 225 mL de água peptonada esterilizada. Em seguida foram realizadas diluições seriadas de água peptonada a 0,1% (p/v) para a quantificação dos grupos microbiológicos.

Salmonella sp

Após o preparo, as amostras diluídas foram inicialmente pré-incubadas a 37 °C por 18-24 h, e posteriormente, 100 µL foram adicionados assepticamente e semeadas em placas *Compact Dry Compact SL*® (Nissui Pharmaceutical Co., Ltd., Tokyo, Japan) a 41-43 °C por 24 h. Todas as análises foram realizadas em duplicata e conforme as instruções do fabricante. Os resultados foram expressos em presença ou ausência de *Salmonella* sp. em 25 g da amostra.

Listeria monocytogenes

Após o preparo da amostra, 100 µL de cada formulação foi adicionada assepticamente e semeadas em placas *Compact Dry Compact*® (Nissui Pharmaceutical Co. Ltd. Tokyo, Japan) a 35 °C por 24 h. Todas as análises foram realizadas em duplicata e conforme as instruções do fabricante. Os resultados foram expressos em presença ou ausência de *L. monocytogenes* em 25 g da amostra.

Coliformes Totais e termotolerantes

Coliformes termotolerantes foram quantificados utilizando-se a técnica do Número Mais Provável (NMP) com séries de três tubos. Aliquotas de 1,0 mL das diluições das amostras, para cada formulação, foram inoculadas individualmente em tubos contendo Caldo Lauril Sulfato Triptose (Kasvi, Brasil) com tubos de Durhan invertidos e incubados a 35 °C por 48 h. Posteriormente, os tubos que apresentaram resultado positivo foram repicados para tubos contendo Caldo *Escherichia*

coli (EC) (Kasvi, Brasil) e incubados a 44,5 °C por 48 h. O resultado foi expresso em NMP de coliformes totais e termotolerantes por g de amostra analisada.

Staphylococcus aureus

Para cada formulação foi inoculado 100 µL, a partir das diluições apropriadas, sobre a superfície de ágar *Baird-Parker* (Acumedia, Brasil). Em seguida, as placas foram incubadas a 37 °C por 48 h. O resultado foi expresso em UFC/g.

Mesofilos aeróbios totais

A partir de diluições apropriadas foram inoculadas 100 µL em placas de Petri esterilizadas sobre a superfície de Ágar Padrão para Contagem (PCA) (Acumedia, Brasil). Foram feitas duplicatas das placas para cada diluição para cada formulação. Em seguida as placas foram incubadas a 35 °C por 24 h. O resultado foi expresso em UFC/g.

Análise estatística

Os resultados obtidos para cada formulação (F1, F2 e F3) foram submetidos ao Delineamento Inteiramente Casualizado, em triplicata, seguidos pela Análise de Variância (ANOVA), sendo as diferenças entre as médias comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%, utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6.

Resultados e Discussão

Os resultados das análises físico-químicas estão apresentados na Tabela 2.

Em relação aos resultados de pH, não houve diferença significativa entre as formulações ($p > 0,05$) (Tabela 2). Os valores de pH obtidos são semelhantes aos encontrados por Detoni e Gonçalves (2011), que foram 4,9 e 4,7, para creme de ricota elaborado com goma guar e carragena (formulação A) ou carboximetilcelulose (formulação B), respectivamente. Os valores também estão próximos dos encontrados por Silva Filho *et al.* (2020), que variaram de 4,93 a 5,05 sendo este parâmetro físico-químico um dos principais fatores intrínsecos que interfere na multiplicação ou sobrevivência de microrganismos nos alimentos, é possível inferir que os resultados de pH obtidos podem favorecer a

maior vida útil do produto, principalmente quando aliado à conservação sob refrigeração (CARVALHO, 2010).

Tabela 2 – Características físico-químicas dos cremes de ricota saborizados com geleia de goiaba

Análises	F1	F2	F3
pH	4,78 ± 0,66 ^a	4,77 ± 0,31 ^a	4,68 ± 0,53 ^a
Gordura (%)	3,32 ± 0,87 ^a	3,22 ± 0,77 ^a	3,21 ± 0,55 ^a
Proteína (%)	9,00 ± 1,78 ^a	8,51 ± 0,85 ^a	7,85 ± 1,12 ^a
Umidade (%)	78,32 ± 0,09 ^a	73,29 ± 2,47 ^a	76,74 ± 0,07 ^a

Fonte: Dos autores, 2018.

Legenda: F1: 15% de geleia de goiaba; F2: 20% de geleia de goiaba; F3: 25% de geleia de goiaba.

Nota: Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na análise de gordura nenhuma das formulações diferiram entre si, cujas médias variaram de 3,21% a 3,32% (Tabela 2). Valores semelhantes foram descritos por Detoni e Gonçalves (2011), que desenvolveram creme de ricota condimentado com tomate seco e manjerição e obtiveram valores médios de 2,55% a 3,25% para a gordura. Já Souza (2014) reporta valores de gordura que variaram de 13,27% a 19,91% em creme de ricota. Teores elevados de gordura, de 12,28% a 13,50%, também foram encontrados em trabalho realizado por Silva Filho *et al.* (2020), em cremes de ricota.

A variação entre o conteúdo de gordura nos diferentes trabalhos reportados na literatura pode ser devido às diferentes porcentagens de creme de leite utilizado na formulação. Assim, a sobremesa láctea à base de ricota saborizada com geleia de goiaba, independentemente da formulação, pode ser considerada como um produto desnatado, de acordo com legislação para queijos (BRASIL, 1996), uma vez que não há legislação específica para o creme de ricota saborizado.

Em relação à proteína total foi possível observar que, embora as formulações apresentem valores que variaram de 7,85% a 9,0%, não foi constatado diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 2). Hanna (2014), em um trabalho sobre aproveitamento de soro de queijo para a produção de pasta de ricota sabor tucumã, obteve resultados médios de proteínas de 5,19% a 6,57%. A maior porcentagem de proteínas para o creme de ricota saborizado com geleia de goiaba evidencia, independente da formulação, um produto com excelente fonte de biodisponibilidade de aminoácidos, atendendo, por exemplo, a um possível mercado em potencial de consumidores praticantes de exercícios físicos.

Quanto aos valores de umidade não houve diferença estatística entre as formulações (Tabela 2). Em trabalho realizado por Souza (2014), foram avaliados três lotes de cinco marcas de creme de

ricota comercializados em supermercados de Campina Grande-PB, os teores médios de umidade encontrados variaram de 68,16% a 74,16%, estando próximos dos valores encontrados neste trabalho.

Com base no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) de Queijos, determinado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1996) é possível classificar o creme de ricota do presente estudo como queijo de “muita alta umidade”, uma vez que possui umidade superior a 55%. Vale ressaltar que um dos fatores extrínsecos que é capaz de interagir e modificar a estrutura dos alimentos é o excesso de umidade, podendo influenciar a estabilidade e qualidade do produto, sendo que, de sobremaneira, alimentos com alta atividade de água estão sujeitos a uma rápida deterioração (ARAÚJO, 2014).

De modo geral, a utilização do soro para o desenvolvimento de novos produtos na área de alimentos é uma forma de reduzir seu impacto ambiental e disponibilizar um produto nutritivo, aceitável e de baixo custo ao mercado consumidor. Mesmo existindo formas tecnológicas para a transformação do soro em outros produtos, a utilização do mesmo ainda é um problema, visto que os pequenos estabelecimentos não possuem tecnologia disponível ou meios econômicos para tal transformação (DETONI; GONÇALVES, 2011).

Análises microbiológicas

A quantificação dos diferentes grupos microbianos para cada formulação pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 3 – Características microbiológicas dos cremes de ricota saborizados

Grupo microbiano	F1	F2	F3
<i>Salmonella spp</i>	Ausência	Ausência	Ausência
<i>L. monocytogenes</i>	Ausência	Ausência	Ausência
Coliformes Totais (NMP/g)	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Termotolerantes (NMP/g)	< 0,3	< 0,3	< 0,3
<i>S. aureus</i> (UFC/g)	< 1,00 x 10 ²	< 1,00 x 10 ²	< 1,00 x 10 ²
Mesófilos aeróbios (UFC/g)	3,52 x 10 ⁴	4,12 x 10 ³	3,69 x 10 ⁴

Fonte: Dos autores, 2018.

Legenda: F1: 15% de geleia de goiaba; F2: 20% de geleia de goiaba; F3: 25% de geleia de goiaba.

Nota: Médias obtidas em triplicata.

Para a análise realizada no creme de ricota não foi identificada a presença de *Salmonella spp* em 0,025 kg de amostra (Tabela 3) em nenhuma das formulações, estando aptas para o consumo

humano de acordo com padrões estabelecidos pela RDC n° 331/2019 resolução disposta pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2019). A ausência de *Salmonella* spp no produto analisado, independentemente da formulação, demonstra que sua ingestão é segura para a saúde do consumidor com relação a este patógeno, além de inferir que o tratamento térmico foi satisfatório para inativação de possíveis agentes de infecção e intoxicação alimentar.

L. monocytogenes é o agente veiculador da listeriose, uma infecção grave que pode ocasionar encefalites, septicemias, meningites e abortos (NALÉRIO *et al.*, 2009). A ausência deste patógeno nas três formulações analisadas indica que os cremes de ricota foram elaborados em condições higiênicas adequadas. Esper, Kabuki e Kuaye (2011) encontraram resultados diferentes ao avaliar 45 amostras de ricota comercializadas em Campinas – SP. A presença de *L. monocytogenes* foi confirmada em 6,7% das amostras analisadas, número preocupante, pois se trata de um patógeno formador de biofilmes e cepas resistentes, que podem sobreviver no ambiente industrial por meses (NALÉRIO *et al.*, 2009).

Na análise de coliformes termotolerantes, foi observado para todas as formulações analisadas (F1, F2 e F3), que os valores encontrados estão abaixo do valor máximo permitido de acordo com a RDC n° 12/2001 (ANVISA), (Tabela 3), que é de 5×10^2 . Hanna (2014) também relatou ausência de coliformes termotolerantes no desenvolvimento de pasta de ricota sabor tucumã. Os resultados obtidos para o grupo de coliformes totais sugerem que o produto analisado foi obtido em condições higienico-sanitárias satisfatórias, indicando que as Boas Práticas de Fabricação (BPF) não foram negligenciadas.

Em relação aos coliformes totais, de acordo com a Portaria n° 146/1996, o número máximo de contagem microbiológica recomendada para queijos de alta umidade é de $1,00 \times 10^2$ coliformes por grama de queijo, portanto, as três formulações de ricota analisadas neste estudo estão apropriadas para consumo. Cereser *et al.* (2011) pesquisaram a presença de coliformes totais em sessenta amostras de ricota de fabricação industrial no estado de São Paulo, durante doze meses. Do total de amostras analisadas, 100% apresentaram coliformes totais, um possível indicativo de recontaminação do produto durante o processo de fabricação, uma vez que tais microrganismos são facilmente eliminados com tratamento térmico adequado (CERESER *et al.*, 2011).

De acordo com a RDC n° 12/2001 (ANVISA), o valor máximo aceitável para *S. aureus* é de 10^3 UFC/g. Para todas as formulações testadas neste estudo, foram encontrados valores inferiores a 1×10^2 UFC/g (Tabela 4), o que demonstra uma manipulação higiênica durante a elaboração do creme de ricota. Resultados semelhantes foram relatados por Detoni e Gonçalves (2011), que também encontraram contagens inferiores a 10^2 UFC/g deste microrganismo em duas amostras de creme de ricota condimentado com tomate seco e manjeriço.



Menezes *et al.* (2011) analisaram doze amostras de ricota produzidas em um mesmo laticínio na região noroeste do Paraná, e foi verificado que somente uma das amostras coletadas apresentou contagem de *S. aureus* de $9,50 \times 10^3$ UFC/g, tornando-a imprópria para consumo (MENEZES *et al.*, 2011). Assim é possível inferir que o tratamento térmico relativamente alto empregado durante o processamento da ricota aliado a correta aplicação das Boas Práticas de Fabricação (BPF), favoreceu a baixa contagem desse microrganismo no produto final.

A contagem de mesófilos aeróbios no creme de ricota saborizada variou de $4,12 \times 10^3$ a $3,69 \times 10^4$ UFC/g. Apesar de não existir na legislação vigente um limite máximo permitido para mesófilos aeróbios em matrizes alimentícias consideradas frescas, estes microrganismos podem ser empregados como indicadores de qualidade, norteando com relação à eficiência do processo de higienização (CERESER *et al.*, 2011).

Conclusão

No que tange os atributos físico-químicos e microbiológicos, o desenvolvimento de creme de ricota saborizado com geleia de goiaba é uma alternativa em potencial para maximizar o uso do soro do leite pelos laticínios de uma maneira mais racional e com menores impactos ambientais, além de agregar valor ao produto e nortear a implementação de um futuro Padrão de Identidade e Qualidade específico para o creme de ricota.

Referências

ALBUQUERQUE, L. C. **Os queijos no mundo**. Juiz de Fora: Ed. Arte-final, 2003.

ALVES, M. P. *et al.* Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212-226, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v69i3.341>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: Teoria e prática**. Viçosa: Ed. UFV, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação**. Resolução - RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Diário Oficial da União, Brasília, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos**. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro 2006. Diário Oficial da União, Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para o Controle de produtos de Origem Animal e Água.** Instrução Normativa nº 62 de 26 de agosto de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos.** Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1996.

CARVALHO, I. T. **Microbiologia de alimentos.** Recife: Ed. UFRPE, 2010.

CERESER, N. D. *et al.* Avaliação da Qualidade Microbiológica da Ricota Comercializada em Supermercados do Estado de São Paulo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, p. 149–155, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5216/cab.v12i1.6372>. Acesso em: 20 abr. 2021.

DETONI, E.; GONÇALVES, A. L. **Desenvolvimento de creme de ricota condimentado com tomate seco e manjeriço.** 2011. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão, 2011. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/390>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ESPER, L. M. R.; KABUKI, D. Y.; KUAYE, A. Y. Qualidade microbiológica de ricotas comerciais e os riscos associados à presença de *Listeria monocytogenes*. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p. 554-559, 2011.

GUSSO, A. **Diferentes espessantes, níveis de gordura e lactosoro em creme de ricota.** 2013. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5729/GUSSO%2c%20ANA%20PAULA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 jun. 2021.

HANNA, A. C. de S. **Aproveitamento de soro de queijo para a produção de pasta de ricota sabor tucumã (*Astrocaryum aculeatum* MEYER).** 2014. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5204>. Acesso em: 01 mar. 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: IMESP, 3. ed., 1985. p. 860.

MENEZES, L. A. A. *et al.* Pesquisa de *Staphylococcus Aureus* em quatro variedades de queijos produzidos em um laticínio na região noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 2, n. 1, p. 66-68, 2011.

NALÉRIO, E. S. *et al.* *Listeria monocytogenes*: monitoramento desse perigo biológico na cadeia produtiva de frangos do sul do Rio Grande do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 626-630, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000300026>. Acesso em: 24 abr. 2021.

NOGUEIRA, M. H. *et al.* Desenvolvimento de creme de ricota saborizado como alternativa ao desperdício de frutas de descarte. **Magistra**, v. 26, p. 1181-1185, 2014.

PAULA, M. M. de; OLIVEIRA, M. A. B. de; SOUZA, M. V. de. Produção orgânica de alimentos no sudoeste goiano. **Intermedius**, v. 1, n. 1, p. 14-22, 2021. Disponível em: <https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/intermedius/article/view/941/873>. Acesso em: 10 maio 2021.

REGHELIM, M; RIGHI, E. Reaproveitamento de resíduo: alternativas para o soro do queijo. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 6., 2018, Bento Gonçalves. **Anais [...]**, Bento Gonçalves: UCS, 2018. p. 1-8. Disponível em: <https://siambiental.ucs.br/congresso/anais/trabalhosTecnicos?ano=2018>. Acesso em: 15 abr. 2021.

REZENDE, F. *et al.* Processo de industrialização da geleia de goiaba. *In*: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, 7., 2013, Campo Mourão. **Anais [...]**, Campo Mourão: UTFPR, 2013. p. 1-8. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/eepa/index.php?id=apresentacao>. Acesso em: 06 mar. 2021.

SILVA FILHO, J. F. *et al.* Elaboração de creme de ricota com adição da amêndoa do cumaru. *In*: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 7., 2020. **Anais [...]**, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Seção Regional do R.G.S., 2020, p. 183. Disponível em: http://schenautomacao.com.br/ssa7/envio/files/trabalho3_183.pdf. Acesso em: 12 maio 2021.

SOUZA, M. Y. M. de. **Análise de creme de ricota: Caracterização físico-química e classificação quanto ao teor de gordura no extrato seco**. 2014. 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/6626>. Acesso em: 15 mar. 2021.



09 Capítulo

Obtenção de corantes de antocianinas extraídas do jamelão por diferentes métodos de secagem

Capítulo 9

Obtenção de corantes de antocianinas extraídas do jamelão por diferentes métodos de secagem

Sharlene Santana Dias¹; Felipe Gois Mota^{*2}; Andrea Gomes da Silva³; Flavia Escapini Fanchiotti⁴; João Antônio Belmino dos Santos⁵; Patrícia Beltrão Lessa Constant⁶

Resumo

A indústria alimentícia contemporânea tem um grande interesse em estudos sobre a extração de pigmentos relacionado aos produtos naturais. Adicionalmente, isso se aplica ao fato da crescente substituição dos corantes sintéticos pelos corantes naturais. Entretanto, a baixa estabilidade destes compostos é o principal fator que dificulta a sua aplicação como corante em alimentos, desse modo, sendo primordial a realização de novos estudos e pesquisas de potenciais pigmentos naturais para a identificação, extração, avaliação e aproveitamento desses como corante alimentício. O jamelão (*Syzygium cumini*) é um fruto tropical que apresenta altos teores de pigmentos antociânicos. As antocianinas são compostos naturais que tem despertado interesse na área da ciência de alimentos, devido aos seus efeitos nutricionais e terapêuticos, além de sua ação antioxidante. Devido à escassez de estudos sobre os pigmentos antociânicos do jamelão, este trabalho tem como objetivo avaliar a estabilidade desses à luz e, verificar as diferentes formas de extração e obtenção dos corantes de jamelão com o uso de processos como a secagem que resultem em menor degradação aos pigmentos. Para tal estudo apresentado, os pigmentos naturais do fruto de jamelão extraídos foram associados a um veículo estabilizante (maltodextrina) e submetido a três processos de secagem (*spray dryer*, liofilização e secador de bandejas). A estabilidade foi avaliada através de cálculos de antocianinas totais num período de 42 dias em um intervalo de sete em sete dias para a realização das análises. Por fim, os resultados obtidos indicaram que dentre todos os corantes em pó de jamelão que foram submetidos a exposição a luz e a ausência de luz a 25 °C, aqueles expostos a luz apresentaram maior degradação dos pigmentos antociânicos, independente da técnica de secagem empregada, além dentre

¹Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Sergipe, Universidade Federal de Sergipe.

²Graduando em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Sergipe. Universidade Federal de Sergipe.

³Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ, Universidade do Sudoeste da Bahia.

⁴Doutora em em Bioquímica Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, Universidade Federal de Pernambuco.

⁵Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande, Universidade Federal de Sergipe.

⁶Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa, Universidade Federal de Sergipe.
E-mail para correspondência: felipegoismota15@gmail.com

os processos de secagem utilizados, a liofilização e o *spray dryer* foram os métodos que menos degradaram os pigmentos antocianicos.

Palavras-chave: Análise espectrofotométrica. Coloração extrato. Conservação. Extrato em pó.

Introdução

Segundo Wang *et al.* (2018), na percepção e análise da aparência de forma geral dos alimentos, temos que a cor é um dos maiores atributos de qualidade e importância para a aceitação do consumidor ao produto alimentício, sendo que a cor indesejável pode resultar em péssima aceitação, além da redução do seu valor de mercado.

Ao final do século XIX, o desenvolvimento da indústria de alimentos levou a produção de inúmeros corantes sintéticos, os quais chegaram a totalizar o número de 700 na época. Todavia, prevaleceram situações de ordem estética em detrimento da qualidade do produto em si. Assim, seguiu-se então, a formulação de leis para uso desses corantes nos alimentos, com o objetivo de proteger a saúde do consumidor (MORITZ, 2005).

Os corantes alimentares de origem natural parecem fornecer alta qualidade, eficiência e propriedades sensoriais aos alimentos, bem como desempenhar papel contributivo como promotores da saúde ao organismo humano. Além do mais, os corantes naturais são considerados agentes melhoradores organolépticos e potencializadores do estado nutricional. Sendo esses as antocianinas, carotenóides, compostos fenólicos, derivados de beterraba, urucum e alguns curcuminóides que estão entre os pigmentos naturais mais comumente usados na indústria de alimentos, enquanto novos estudos e práticas regulatórias rígidas têm sido aplicadas em busca da garantia de qualidade alimentar (MARTINS *et al.*, 2016).

De acordo com a FDA (2016), corante alimentar é definido como qualquer corante, pigmento ou substância que, quando adicionado ou aplicado a um alimento, medicamento ou cosmético, ou ao corpo humano, é capaz (sozinho ou por meio de reações com outras substâncias) de transmitir cor. Além da sua aplicação para colorir alimentos, tal pode ser usado para contribuir na garantia do sabor, segurança, qualidade e características organolépticas dos alimentos, afim de assegurar a satisfação dos consumidores.

O jamelão (*Syzygium cumini*) é uma planta pertencente à família Mirtaceae (GOMES, 1983). É conhecido popularmente como jambolão, cereja, jalão, kambol, jambú, azeitona-do-nordeste, ameixa roxa, murta, baga de freira, guapê, jambuí, azeitona-da-terra e entre outros nomes (GARCIA

et al., 2003). Sua árvore é de grande porte e muito bem adaptada às condições brasileiras, apesar de ser originária da Indonésia, China e Antilhas, é também cultivada em vários países, pois cresce muito bem em diferentes tipos de solo. Além de apresentarem um alto teor de antocianinas (VIZZOTTO, 2009).

As antocianinas (do grego *anthos*= flor e *kianos*= azul) são responsáveis pelas cores vermelha roxo e azul presente em frutas, vegetais e grãos, bem como seus derivados. Também são solúveis em meio aquoso e tais características tornam as antocianinas atrativas para o uso em corantes (MALACRIDA, 2005). A síntese artificial de antocianinas ainda representa um desafio para seu processamento e também um custo caro. Porém, esses compostos podem ser extraídos de espécies vegetais, especialmente frutas, onde as antocianinas estão presentes em altas concentrações (SANTIAGO *et al.*, 2016). O custo de comercialização de antocianinas isoladas e quimicamente puras é muito alto e, de acordo com o tipo de antocianina, apenas um miligrama pode equivaler a mais de US\$ mil dólares (GOUVÊA, 2015 citado por SANTIAGO *et al.*, 2018). Logo, sendo necessário expandir as possibilidades de sua obtenção em larga escala a partir de fontes naturais de forma sustentável, a fim de viabilizar o desenvolvimento de suas aplicações, com benefícios para a sociedade (MAIA, 2011 citado por SANTIAGO *et al.*, 2018).

Os compostos antociânicos estão presentes em diversas frutas e em quantidades expressivas nas pequenas frutas vermelhas. Além disso, as antocianinas apresentam propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, que ajudam na prevenção de doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e entre outras, podendo ser usadas também na indústria farmacêutica e de cosméticos (LEIDENS, 2011). Em relação ao fruto de jamelão, temos que esse é visto como uma opção adequada para a extração de pigmentos naturais, principalmente por ser um fruto rico em antioxidantes do tipo antocianinas. Tais compostos são especialmente encontrados em sua casca, na fruta madura com cerca de 731 mg/100 g de peso fresco (SANTOS, 2015).

Em território brasileiro é evidente que a elevada produção de frutos de jabolão ao longo da safra e, a falta de informações sobre o seu processamento resultam na necessidade da adequação de tecnologias convencionais e no desenvolvimento de novas tecnologias para o processamento dessa fruta, de forma a promover um aproveitamento mais rentável, mediante a agregação de valor (LAGO; GOMES; SILVA, 2006 citado por SOARES, J. C., 2014). Diante disso, o aproveitamento desses frutos na elaboração de novos produtos é uma alternativa tecnológica que está ao alcance nacional e, pode ser aplicada no ambiente industrial.

Devido ao grande interesse pela obtenção e aplicação de pigmentos naturais na indústria de alimentos, fazem-se necessários estudos de novas fontes de obtenção desses pigmentos, a fim de se

obter informações sobre sua aceitabilidade, bem como sua estabilidade. Logo, tal estudo apresenta objetivos como a extração dos pigmentos antocianinas presentes nos frutos de jamelão, bem como as diferentes formas de obtenção desses corantes naturais com o uso de três processos de secagem (*spray dryer*, liofilização e secador de bandejas) que resultem em menor degradação aos pigmentos, além da avaliação da estabilidade desses à luz.

Material e Métodos

Os frutos de jamelão foram colhidos no estágio de maturação próprio para consumo em árvores plantadas na área do Campus da Universidade Federal de Sergipe, município do São Cristóvão. Em seguida, os frutos foram acondicionados em sacos plásticos e levados ao Laboratório de Ciências e Tecnologia de Alimentos, onde foram armazenados em freezers até o momento de realizar os experimentos.

O extrato antociânico foi obtido a partir dos frutos do jamelão inteiros. Tais frutos foram acondicionados num béquer envolvido com papel de alumínio e imersos em etanol 70% acidificado com HCl a pH 2,0 na proporção de fruto:solução (1:2) onde permaneceram armazenados durante 48 horas, a temperatura em torno de 30 °C e ao abrigo da luz. Após esse tempo foi feita a separação do fruto por peneiração e do extrato obtido. O extrato foi concentrado sob pressão reduzida à temperatura de 38 ± 1 °C até se obter um volume final correspondente a 20% do volume original. Tal extrato foi concentrado em evaporador rotatório (38 ± 1 °C), a fim de ser determinado o teor de pigmentos de acordo com metodologia de Fuleki e Francis (1968).

Para a obtenção dos corantes em pó nos diferentes processos de secagem foi utilizado 30% de maltodextrina e o extrato antociânico para a seguinte formulação: Maltodextrina e Extrato de Jamelão.

O procedimento utilizado para o preparo das formulações foi por meio da hidratação dos agentes veículos/estabilizantes por 2 horas à temperatura ambiente. Assim, foram dissolvidos para cada formulação 30 g de carboidrato em 100 mL do extrato antociânico, sendo em seguida realizada a homogeneização da formulação por 1 minuto e o ajuste do pH das soluções para 1,5 com HCl.

O *spray dryer* modelo LM MS 1.0 da marca LABMAQ apresentou as seguintes condições de secagem: vácuo do ar 30l/min, soprador 4 m³/min, vazão de alimentação da bomba peristáltica- 0,24 L/h, temperatura do ar de entrada 170 ± 10 °C, temperatura do ar de saída de 90 ± 5 °C e pressão manométrica positiva.



As condições de secagem para o liofilizador da marca Christ Alpha 1-4 LSC foram: pressão 4,2 mm Hg, temperatura do condensador de -40 ± 5 °C, sendo o tempo estimado de processo de 48 horas.

O teor antociânico foi determinado segundo método do pH simples, descrito por Fuleki e Francis (1969). A solução de leitura etanol:HCl 1,5 N (85:15) foi homogeneizada com as amostras na proporção 1:2 e, após um tempo de repouso de 2 horas, foi realizada a leitura em espectrofotômetro Shimadzu UV – 1800, no comprimento de onda de 535.

Para avaliar a estabilidade dos pigmentos antociânicos dos corantes em pó de jamelão, as medidas de absorvância a 510 nm do pH diferencial foram usadas para construir gráficos do logaritmo neperiano (Ln) da razão absorvância (A)/absorvância inicial (A°) segundo a seguinte Equação 1:

$$Y = \text{Ln} (A/A^\circ) \text{ versus o tempo} \quad (\text{Eq. 1})$$

Obtendo-se através da inclinação da reta o valor de k, representando a velocidade de degradação.

Por fim, a partir dos valores obtidos de k, foram calculados os valores do tempo de meia-vida (t1/2) por meio da relação na seguinte Equação 2:

$$t_{1/2} = -\text{Ln} 0,5/k \quad (\text{Eq. 2})$$

Sendo os valores obtidos usados como parâmetros para estimar a estabilidade antes da ação da luz (PERIN, 1998).

Resultados e Discussão

A seguinte Tabela 1 expõe os teores iniciais de antocianinas nos corantes formulados de jamelão.

Tabela 1 - Teores iniciais de antocianinas dos corantes formulados de jamelão

	Jamelão		
	JL-MD	JSB-MD	JSD-MD
Antocianinas (mg/100 g)	118,21	114,89	121,42

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: JL-MD: Jamelão liofilizado e maltodextrina; JSB-MD: Jamelão por secador de bandeja e maltodextrina; JSD-MD: Jamelão por spraydryer e maltodextrina.

O teor de antocianinas nos corantes em pó formulados foi de 118,21 mg/100 g para os corantes liofilizados, 121,42 mg/100 g para os corantes atomizados e 114,89 mg/100 g para os corantes em pó por meio do secador de bandejas. Observa-se ainda, que não houve muita diferença no teor antociânico dos corantes liofilizados e nos corantes atomizados (*spray dryer*). Albarici *et al.*, 2007 encontrou uma concentração de antocianinas de 92,8 mg/100 g em polpa liofilizada de açaí, valor muito próximo ao encontrado neste trabalho. Em pesquisa feita por Valduga *et al.*, 2008 ao trabalharem com atomização de bagaço de uva encontraram 95 mg de antocianinas /100 g.

A desidratação é considerada uma operação que tem o propósito de diminuir a água presente nos produtos agrícolas e alimentícios, reduzir ou inibir as atividades químicas, enzimáticas e microbiológicas, que são responsáveis pela deterioração dos alimentos (FELLOWS, 2006). Pouco foi encontrado na literatura aberta a respeito da obtenção de corantes por diferentes métodos de secagem, particularmente com respeito às antocianinas de corantes de jamelão. O método por secador de bandejas para a formulação de corantes em pó é o mais carente de estudos.

Os valores de antocianinas dos corantes em pó de jamelão expostos a luz a 25 °C não diferem estatisticamente entre si ($p \geq 0,05$). Enquanto os corantes em pó de jamelão na ausência de luz a 25 °C tratados estatisticamente apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) em função do tempo de armazenamento.

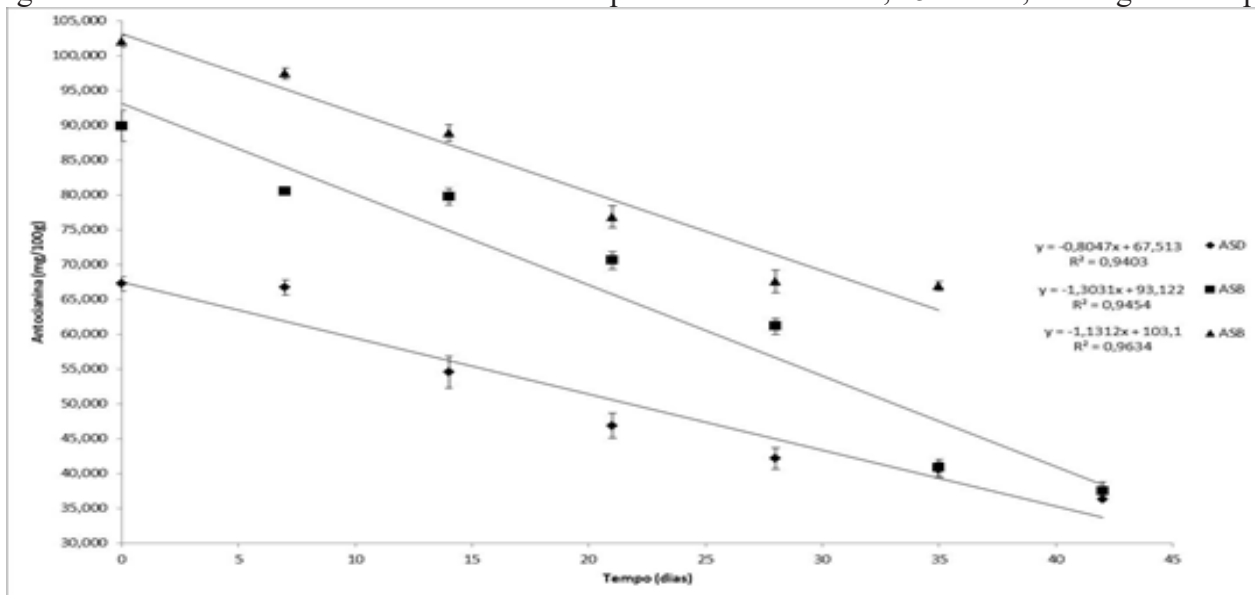
A Figura 1 e Figura 2 apresentam os teores de antocianinas encontrados nos corantes de jamelão nos três processos de secagem ao longo do armazenamento na ausência e presença de luz respectivamente. Observa-se que houve uma queda significativa no teor de antocianinas de todos os corantes em pó pós-secagem, tanto os expostos a luz como na ausência de luz, sendo a maior queda na exposição à luz.

Na ausência da luz o teor de antocianinas é maior que na presença da luz, visto que a mesma é um fator degradante. Ao analisar os processos de secagem se observa que o processo de liofilização tanto na presença como ausência de luz foi o que apresentou um maior teor de antocianina quando comparado aos demais.

Nos corantes de jamelão em presença da luz, a menor variação do teor antociânico ao longo do tempo de armazenamento foi observada a degradação de 63,63% do pigmento na formulação ASD, sofrendo decréscimo em seus valores de 67,24 mg de antocianinas/100 g para 24,46 mg de antocianinas/100 g. Seguido da degradação de 64,49% do pigmento na formulação AL, havendo uma queda em seus valores de 102,02 mg de antocianinas/100 g para 38,27 mg de antocianinas/100 g. Todavia, a maior variação foi observada na degradação de 74,20% do pigmento ao longo do período

de armazenamento em ASB, variando de 89,93 mg de antocianinas/100 g para 23,21 mg de antocianinas/100 g.

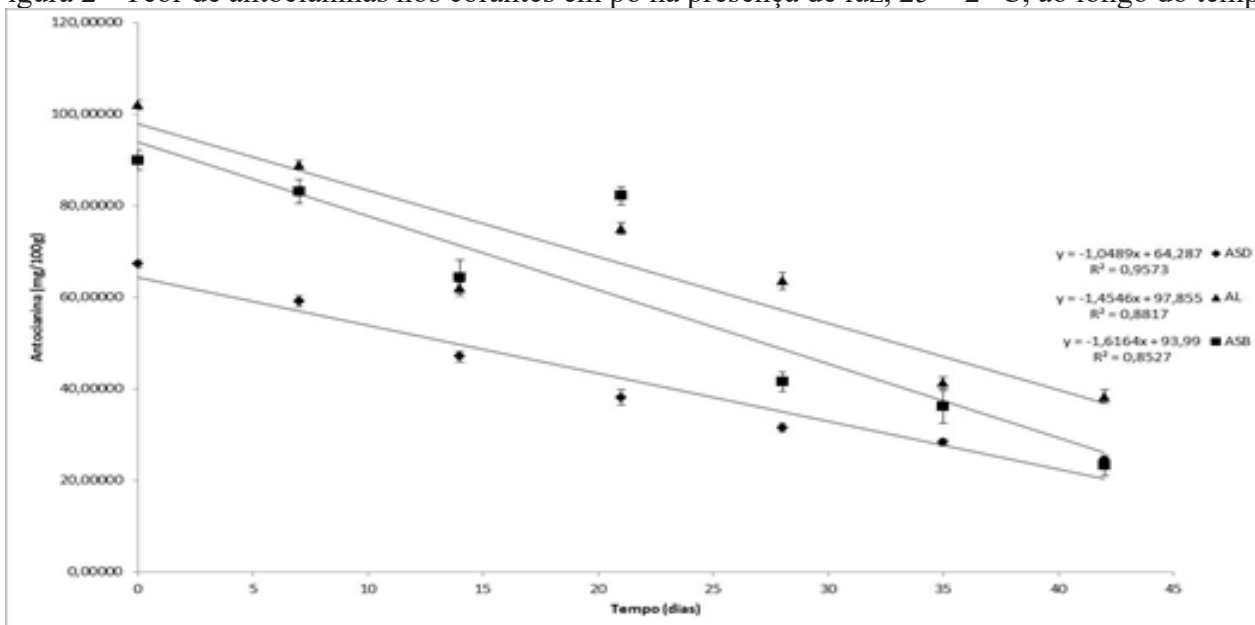
Figura 1 - Teor de antocianinas nos corantes em pó na ausência de luz, 25 ± 2 °C, ao longo do tempo



Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: ASD: Extrato de jamelão por *spray dryer* com 30% de maltodextrina; ASB: Extrato de jamelão por secador de bandeja 30% de maltodextrina; AL: Extrato de jamelão por liofilização 30% de maltodextrina.

Figura 2 - Teor de antocianinas nos corantes em pó na presença de luz, 25 ± 2 °C, ao longo do tempo



Fonte: Dos autores, 2021.

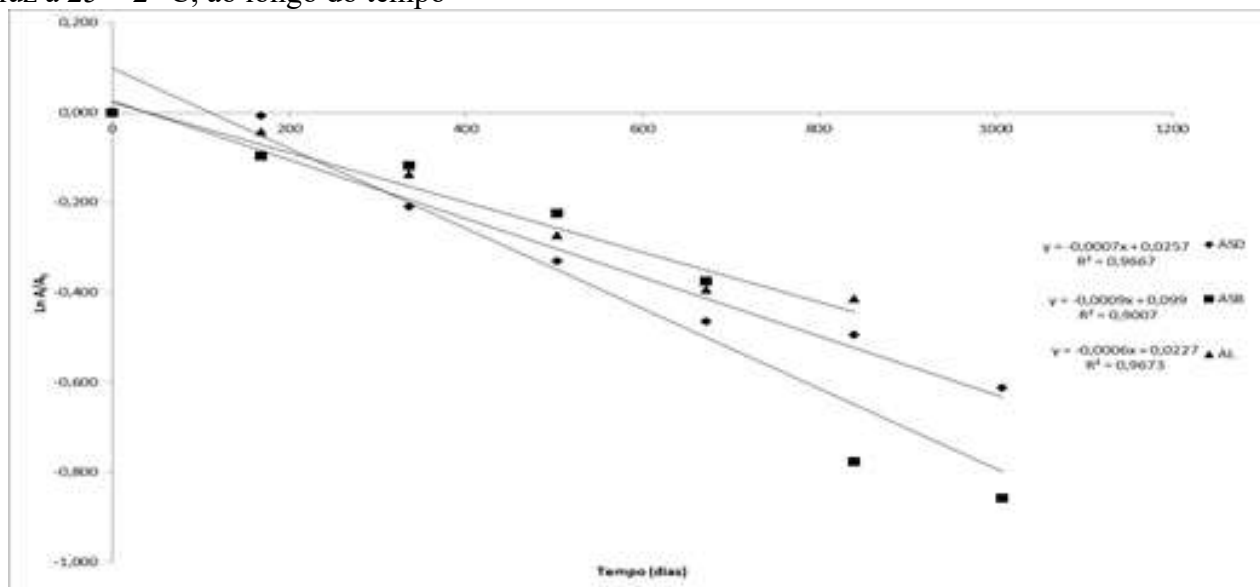
Legenda: ASD: Extrato de jamelão por *spray dryer* com 30% de maltodextrina; ASB: Extrato de jamelão por secador de bandeja 30% de maltodextrina; AL: Extrato de jamelão por liofilização 30% de maltodextrina.

Adicionalmente, nos corantes de jamelão na ausência de luz a menor variação do teor antociânico ao longo do tempo de armazenamento foi observada a degradação de 34,38% do pigmento na formulação AL, ocasionando no decréscimo em seus valores de 102,02 mg de antocianinas/100 g para 66,95 mg de antocianinas/100 g. Seguido da degradação de 46,07% do pigmento na formulação ASD, apresentando um decréscimo em seus valores de 67,24 mg de antocianinas/100 g para 36,269 mg de antocianinas/100 g. Por fim, a maior variação foi observada na degradação de 58,37% do pigmento ao longo dos 42 dias de armazenamento em ASB, variando de 89,93 mg de antocianinas/100 g para 37,44 mg de antocianinas/100 g de antocianinas.

Os resultados expostos confirmam o efeito deletério da luz sobre os pigmentos independentemente do tipo de formulação e, que ao longo do tempo haverá perdas de compostos antociânicos mesmo ao abrigo da luz. Observa-se ainda que em relação ao teor de antocianinas, a formulação por meio do secador de bandeja foi a que mais degradou.

A Figura 3 e Figura 4 representam o teor ou razão antociânico dos corantes de jamelão sob incidência de luz a 25 ± 2 °C e na ausência de luz a 25 ± 2 °C. Através dos coeficientes angulares das curvas foram determinados a velocidade de degradação (k) e seus respectivos tempos de meia vida ($t_{1/2}$) que estão mostrados na Tabela 2.

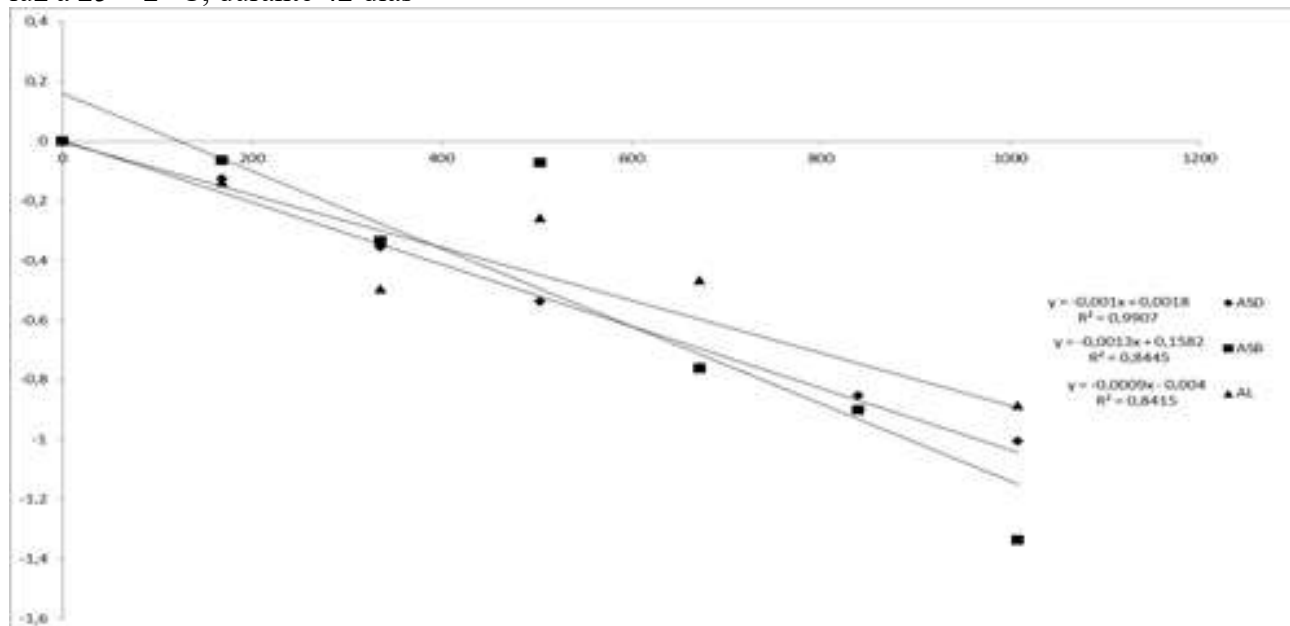
Figura 3 - Curva de degradação dos pigmentos antociânicos dos corantes de jamelão na ausência de luz a 25 ± 2 °C, ao longo do tempo



Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: ASD: Extrato de jamelão por *spray dryer* com 30% de maltodextrina; ASB: Extrato de jamelão por secador de bandeja 30% de maltodextrina; AL: Extrato de jamelão por liofilização 30% de maltodextrina.

Figura 4 - Curva de degradação dos pigmentos antociânicos dos corantes de jamelão na presença de luz a 25 ± 2 °C, durante 42 dias



Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: ASD: Corante de jamelão por *spray dryer*; ASB: Corante de jamelão por secador de bandeja; AL: Corante de jamelão por liofilização.

De acordo com a Tabela 2, temos que é observado o tempo de meia vida maior no escuro em todas as formulações utilizadas, conforme esperado, uma vez que a luz tem efeito deletério para antocianinas.

A formulação do corante liofilizado na ausência da luz apresentou maior tempo de meia vida quando comparada com os outros processos de secagem. O mesmo acontece com as formulações liofilizadas na presença de luz apresentando maior tempo de meia vida. Isso significa dizer que os corantes liofilizados levarão mais tempo para degradar os pigmentos antociânicos ao longo do armazenamento do que as formulações submetidas aos processos de *spray dryer* e secador de bandeja. Sendo que as formulações com o *spray dryer* apresentaram um tempo de meia-vida maior que as formulações com o secador de bandeja, por sua vez estas levarão menos tempo para se degradarem.

Segundo Constant (2003), a velocidade de degradação e o tempo de meia vida são parâmetros muito relativos e dependentes de alguns fatores, tais como a forma do pigmento obtido, manipulado e armazenado, bem como a fonte antociânica.

Tabela 2 - Constante de degradação k (h^{-1}) e do tempo de meia vida $t_{1/2}$ (h) para os teores antociânicos dos corantes formulados de jamelão

	ASD		ASB		AL	
Luz	$t_{1/2}$ (luz)	K (Luz)	$t_{1/2}$ (luz)	K (Luz)	$t_{1/2}$ (luz)	K (Luz)
	668,0937	0,001	533,1901	0,0013	784,6949	0,0009
Escuro	$t_{1/2}$ (escuro)	K (escuro)	$t_{1/2}$ (escuro)	K (escuro)	$t_{1/2}$ (escuro)	K (escuro)
	990,2103	0,0007	770,1635	0,0009	1155,2453	0,0006
Luz/Escuro	$t_{1/2}$ (luz)/ $t_{1/2}$ (escuro)	K (Luz)/ K (escuro)	$t_{1/2}$ (luz)/ $t_{1/2}$ (escuro)	K (Luz)/ K (escuro)	$t_{1/2}$ (luz)/ $t_{1/2}$ (escuro)	K (Luz)/ K (escuro)
	0,6747	1,4286	0,6923	1,4444	0,6792	1,5

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: ASD: Corante de jamelão por *spray dryer*; ASB: Corante de jamelão por secador de bandeja; AL: Corante de jamelão por liofilização.

Conclusão

De forma geral, temos que o jamelão se mostrou como boa fonte de pigmentos antociânicos por apresentar altos teores desse composto bioativo, apresentando-se como alternativa viável na obtenção de corantes. Demais, dentre todos os corantes em pó de jamelão que foram submetidos a exposição a luz e a ausência de luz a 25 °C, observou-se que os corantes que mais sofreram degradação dos compostos antociânicos foram aqueles expostos a luz, independente da técnica de secagem empregada. Dos processos de secagem utilizados, a liofilização e o *spray dryer* foram os métodos que menos degradaram os pigmentos antociânicos, quando comparados com o secador de bandejas, isso devido à sensibilidade desses compostos quando expostos ao calor.

Referências

ALBARICI, T. R.; VALETA, A. C.; PESSOA, J. D. C. Efeito da Temperatura nas Antocianinas do Açaí. **Comunicado Técnico-EMBRAPA**. Outubro, 2007. Disponível em: Infoteca-e: Efeito das variações de pH e temperatura sobre as antocianinas na polpa de açaí: estudos espectrofotométricos e cromatográficos. (embrapa.br) Acesso em: 28 maio 2021.

BOBBIO, F. O.; SCAMPARINI, A. R. P. Carbohydrates, organic acids and anthocyanin of *Eugenia jambolana* Lamark. **Industrie Alimentari**, v. 21, n. 4, p. 296-298, 1982.



CONSTANT, P. B. L. **Extração, caracterização e aplicação de açaí**. Tese de Doutorado-Universidade Federal de Viçosa, 2003.

CONSTANT, P. B. L. *et al.* **Formulação e estabilidade de corantes de antocianinas extraídas das cascas de jabuticaba (*Myrciaria spp.*)**. Revista de Alimentação e Nutrição de Araraquara, v. 21, n. 3, p. 429-436, julho/setembro, 2010.

FELLOWS, P. J. Tecnologia de Processamento de Alimentos: Princípios e Prática. **Artmed**, 2ª ed., p. 266, 2006.

FDA, **Overview of food ingredients, additives & colors**. 2016. Disponível em: <http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/FoodAdditivesIngredients/ucm094211.htm>. Acesso em: 29 maio 2021.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal Food**. Chicago, v. 33, p. 72-77, 1969.

GARCIA, C. G.; POLO, A. S.; IHA, N. Y. M. Photoelectrochemical solar cell extract of Eugenia jambolana Lam as a natural sensitizer. **Annals Braz.Acad. Sci.**, v. 75, n. 2, p. 163-165, 2003.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. 9ª ed., São Paulo: Nobel, p. 269, 1983.

LEIDENS, N. **Extração, purificação e fracionamento das antocianinas do bagaço de uva**. Trabalho de Conclusão de Curso-Universidade Federal do Rio grande do Sul, 2011.

MALACRIDA, S. R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim CEPPA**, v. 24, p. 59-82, 2006.

MARTINS *et al.* **Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agroindustries to ensure consumer expectations and regulatory practices**. Trends in Food Science & Technology, v. 52, p. 1-15, 2016.

MORITZ, D. E. **Estudo da produção de pigmentos alimentares por *Monascus ruber* CCT3802 em cultivo submerso**. Tese de Doutorado em Engenharia Química. Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis-Santa Catarina, 2005.

PERIN, J.D.; STHINGHETA, P.C. **Efeitos de Diferentes Copigmentos sobre a estabilidade de antocianinas extrapidas de berinjela**. Tese de Mestrado-Universidade Federal de Viçosa, 1998.

SILVA, A. G. *et al.* Quantificação das antocianinas do mangostão (*Garcinia mangostana*) em safras distintas. In: ENAAL-CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, v. 15, **Anais...** Fortaleza: ENAAL, 2007. CD-room.

SANTIAGO *et al.* Characterization of jamelão (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) fruit peel powder for use as natural colorant. **Fruits**, v. 71, p. 3-8, 2016.

SANTIAGO *et al.*, **Técnicas Combinadas para Purificação e Concentração de Antocianinas**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, p. 7, 2018. Disponível em: CT-234-purificacao-antocianinas.pdf (embrapa.br). Acesso em: 28 maio 2021.

SANTOS, W. O. **Extração de compostos bioativos da polpa de jambolão (*Syzygium cumini Lamark*) com CO2 supercrítico.** Dissertação de Mestrado-UFBA, Belém, p. 68, 2015.

SOARES, J. C. **Aproveitamento alimentar do jambolão.** Dissertação de Mestrado-UFG, Goiânia, p. 210, 2014.

VALDUGA *et al.* Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva Isabel (*Vitis labrusca*). **Ciências Agrotécnica**, v. 32, n. 5, p. 1568-1574, 2008.

VIZZOTO, M.; PEREIRA, M. C. **Características das Propriedades Funcionais do Jambolão.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento-Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. Pelotas-Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: Caracterização das propriedades funcionais do jambolão. - Portal Embrapa Acesso em: 28 maio 2021.

WANG *et al.* Pulsed vacuum drying enhances drying kinetics and quality of lemon slices. **Journal of Food Engineering**, v. 224, p. 129-138, 2018.



10 Capítulo

Crioprotetores em massa congelada para pão sem glúten: avaliação da estrutura dos alvéolos e da textura instrumental do miolo

Capítulo 10

Crioprotetores em massa congelada para pão sem glúten: avaliação da estrutura dos alvéolos e da textura instrumental do miolo

Sander Moreira Rodrigues^{*1}; Daniela de Oliveira Teotônio²; Irene Andressa³; Glauce Kelly Silva do Nascimento⁴; Patrícia Aparecida Pimenta Pereira⁵; Marcio Schmiele⁶

Resumo

Os autores desse trabalho buscaram analisar a aplicação de crioprotetores em massa congelada de pão sem glúten, visando uma nova forma e uma maior facilidade no consumo de produtos congelados que atendam a necessidade, principalmente, de pessoas com restrição à ingestão de glúten. Os resultados encontrados nesse trabalho mostram a eficiência do glicerol, da proteína hidrolisada de soja e da sacarose como crioprotetores na massa sem glúten congelada. Os crioprotetores também auxiliaram na obtenção do miolo do pão visualmente uniforme. A análise estatística indicou que os modelos matemáticos foram preditivos para a área da fatia, a área dos alvéolos, a coesividade e a resiliência para os pães obtidos de massas antes e após o congelamento e para a elasticidade e mastigabilidade para os pães oriundos das massas que foram submetidas ao congelamento e descongelamento ($R^2 > 0,75$, $F_{cal} > F_{tab}$ e $p\text{-valor} < 0,10$). Os resultados indicam que antes e depois do congelamento e descongelamento, o tratamento ideal obtido foi através do uso de 0,07 de glicerol, de -0,02 de proteína hidrolisada de soja e de -0,16 de sacarose, em níveis codificados. Estes valores correspondem a 2,6% de glicerol, 4,94% de proteína hidrolisada de soja e 4,52% de sacarose, em níveis e reais, com uma desejabilidade de 0,74.

Palavras-chave: Congelamento. Criopreservação. Descongelamento. Leveduras. Micro-ondas.

¹ Graduando, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

² Mestranda, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

³ Mestranda, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

⁴ Graduanda, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

⁵ Professora, Escola de Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto.

⁶ Professor, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

* E-mail para correspondência: sandermoreira3@gmail.com

Introdução

A qualidade de produtos de panificação produzidos a partir de massa congelada, é largamente influenciada pela formulação da massa e os parâmetros relacionados ao processo, como (i) taxa de congelamento, (ii) tempo e temperatura de armazenamento e (iii) velocidade de congelamento (TEOTÔNIO *et al.*, 2021b). O principal desafio da aplicação do congelamento em produtos de panificação está associado com a formação dos cristais de gelo durante o processo, uma vez que durante o congelamento os tamanhos dos cristais de gelo podem impactar diretamente a qualidade da matriz alimentar, influenciados por parâmetros como tamanho e distribuição dos cristais de gelo, os quais estão diretamente relacionados às condições de congelamento (SRINIVASAN; PARKING, 2017; TEOTÔNIO *et al.*, 2021b). A produção de massas congeladas no setor *glúten-free* vem ganhando grande destaque no mercado de panificação. Entretanto o grande desafio tecnológico para a produção das massas congeladas é a preservação da viabilidade celular e poder fermentativo das leveduras utilizadas na etapa de congelamento, uma vez que na formulação do pão sem glúten ocorre uma maior adição de água em relação aos pães tradicionais (WONG, 2018). A água adicional pode danificar as células da levedura durante a etapa de formação dos cristais e manutenção da massa congelada pela cadeia de frio. Para contornar esse desafio, sugere-se a aplicação de substâncias que forneçam a proteção durante a etapa de conservação a frio (BHATTACHARYA, 2018; TEOTÔNIO *et al.*, 2021a).

A ação dos crioprotetores no congelamento está diretamente relacionada à formação de cristais de gelo e à modificação do ponto de fusão e da transição vítrea. Dissacarídeos como a sacarose e a trealose apresentam a capacidade de aumentar a temperatura de transição vítrea, favorecendo a estabilidade do produto antes do congelamento (SRINIVASAN; PARKING, 2017; KENIJZ; NESTERENKO; ZAYATS, 2019). O glicerol apresenta a capacidade de penetrar a membrana celular por difusão passiva, desempenhando o mecanismo de proteção por meio das ligações de hidrogênio das moléculas de glicerol com a água. Proteínas, como a proteína hidrolisada de soja (PHS), apresentam alta capacidade de retenção de água, implicando na redução da água disponível no meio para congelamento, além de apresentarem efeito osmótico (HUANG *et al.*, 2011).

Os crioprotetores são classificados de acordo com o mecanismo de ação em: (i) intracelulares (penetrantes), os quais atuam por meio das propriedades coligativas, reduzindo o ponto crioscópico e a disponibilidade de água para congelamento através da diminuição da mobilidade molecular e (ii) extracelulares (não penetrantes), os quais são biomoléculas capazes de induzir o aumento da osmolaridade do meio externo, facilitando a saída de água do meio intracelular para o extracelular,

prevenindo a formação de cristais de gelo intracelular durante o congelamento (KENIJZ; NESTERENKO; ZAYATS, 2019; TEOTÔNIO *et al.*, 2021b; YANG, JEONG; LEE, 2020)

O processo de criopreservação surge como uma promissora alternativa para o desenvolvimento de massas congeladas, a fim de contornar o problema relacionado à viabilidade celular no processo de congelamento. A otimização dos diferentes tipos de crioprotetores e a quantidade ideal que deve ser adicionada na formulação tem sido desenvolvida para se adequar ao processamento do produto. Dessa forma, o objetivo dos autores desse trabalho foi de avaliar o desempenho crioprotetor da sacarose, da proteína hidrolisada de soja (PHS) e do glicerol sobre as características tecnológicas dos pães produzidos a partir da massa congelada sem glúten.

Material e Métodos

Matéria-prima e formulação da massa

Os ingredientes utilizados na formulação das massas foram: farinha de arroz (100%), sacarose (2%), ovos in natura (12%), óleo de canola (4%), gordura vegetal hidrogenada (4%), lecitina de soja (1%), emulsificante comercial (0,5%), amido de mandioca (10%), amido de milho nativo (30%), amido de milho fosfatado (10%), albumina de ovo (5%), goma xantana (1,0%), psyllium, (0,5%) hidroxipropilmetilcelulose (0,5%), fermento biológico fresco (1,8%), cloreto de sódio (1,8%), água filtrada (140%), as porcentagens de cada ingrediente utilizado foram calculadas em base farinha. Os crioprotetores utilizados foram a sacarose, a PHS e o glicerol. O emulsificante comercial é composto por monoglicerídeos destilados, estearato de potássio, monoestearato de sorbitana e monoestearato de polioxietileno sorbitano.

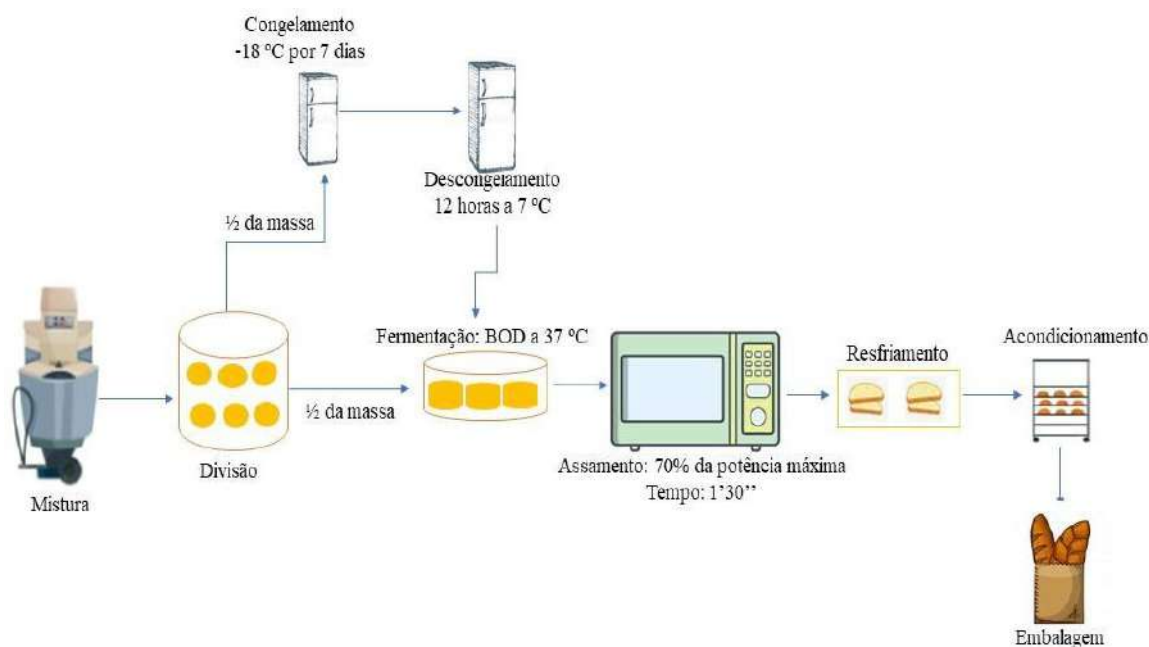
Elaboração da massa

As massas foram preparadas pelo método de dois estágios. No primeiro estágio ocorreu a formação da fase creme através da mistura da gordura vegetal hidrogenada, lecitina de soja, emulsificante comercial, óleo de canola, sacarose e ovos in natura, a fim de facilitar a incorporação de ar na massa, em batedeira planetária PHP500 Turbo (Philco, Joinville, BRA), na velocidade 3 pelo tempo de três minutos. No segundo estágio foi realizada a incorporação dos demais ingredientes ocorrendo a formação da fase massa, repetindo o procedimento de mistura, em seguida a massa foi dividida em amostras com 65 gramas de massa e enformada em recipientes de polipropileno biorientado em duas porções, sendo que uma porção da massa foi congelada e armazenada em freezer

comum a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 7 dias e a outra porção foi fermentada em BOD RFE38 (Lucadema, São José do Rio Preto, BRA) a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, por sessenta minutos.

Após a fermentação, os pães foram assados em forno micro-ondas NN-ST254W (Panasonic, Manaus, BRA) por 1,5 minutos, utilizando-se 70% da potência máxima (700 W) do equipamento, seguido de resfriamento, fatiamento em fatiadora FPV12 (Venâncio, Caxias do Sul, BRA) e acondicionamento em embalagens de polietileno de alta densidade para realização das análises. O processo foi repetido para os pães após o congelamento e descongelamento, com exceção do tempo de fermentação, que após o congelamento foi de 2 h, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Esquema representativo do procedimento de produção da massa congelada



Fonte: Adaptado de Teotônio *et al.*, 2021b.

Delineamento experimental

As concentrações de crioprotetores foram definidas através da aplicação de um delineamento composto central rotacional (DCCR), com as variáveis independentes, (X_1) glicerol (0 a 5%), (X_2) proteína hidrolisada de soja (PHS) (0 a 10%) e (X_3) sacarose (0 a 10%), foram realizados dezessete ensaios com três repetições no ponto central e duas repetições para o padrão (sem crioprotetores).

Análise de imagem do miolo

Para realização das análises de imagem, quatro fatias dos pães foram submetidas ao escaneamento em impressora digitalizadora MFC-8952DW (Brother, Ho Chi Minh, VNM). As imagens foram processadas no software *Image J*, avaliando-se a área da fatia e a porcentagem de área dos alvéolos (TASIGUANO *et al.*, 2019).

Textura instrumental do miolo

A textura dos pães foi avaliada através da análise de perfil de textura (TPA) segundo o método 74-09.01 da AACCI (2010), através do equipamento Texturômetro TAXT Plus (Stable Micro Systems, Godalming, GBR). Os parâmetros analisados foram: elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência. As condições aplicadas para realização do teste foram: velocidade do pré-teste 1,0 mm/s, velocidade do teste 1,0 mm/s, velocidade do pós-teste 5,0 mm/s, tensão de deformação 40%, tempo de compressão 1,0 s e limiar da força de compressão de 0,049 N.

Análise estatística

Os dados obtidos nos ensaios do Delineamento Composto Central Rotacional foram avaliados através de Metodologia de Superfície de Resposta para cálculo dos coeficientes de regressão e análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 10%. Para o presente trabalho foi adotado coeficiente de regressão mínimo (R^2) da ANOVA de 0,70. O ponto otimizado foi determinado através de metodologia proposta por Derringer e Suich (1980).

Resultados e Discussão

Análise de imagem

Ao preparar a fase creme, o ar é aprisionado, proporcionando a formação de um núcleo para o crescimento da bolha de ar. Durante a etapa de fermentação ocorre a expansão das bolhas pela migração do CO₂, promovendo o desenvolvimento dos alvéolos nos pães. A análise de imagem é considerada uma extensão das primeiras características sensoriais que o produto provoca ao consumidor.

A área das fatias dos pães variou entre 15,49 e 21,52 cm² para os ensaios antes do processo de congelamento da massa e entre 14,70 e 20,10 cm² para os ensaios após o congelamento da massa



(Tabela 1). A área da fatia está relacionada com o volume específico dos pães, onde maiores valores indicam melhor desenvolvimento de volume. Observou-se que os melhores resultados para os valores do parâmetro foram obtidos na faixa com maiores concentrações de glicerol e entre a interação da PHS e sacarose (Figura 2). Destaca-se os resultados da amostra padrão antes do congelamento ($16,28 \text{ cm}^2$) e depois do congelamento ($14,74 \text{ cm}^2$) das massas, as quais foram menores que os ensaios, sendo possível evidenciar a atuação das substâncias crioprotetores para favorecer os resultados. Para o parâmetro porcentagem de área dos alvéolos, a maior influência foi observada pela interação entre sacarose e PHS (Figura 2), sendo que os resultados variaram entre 28,50 e 41,64% para antes do congelamento e entre 29,50 e 44,10% para depois do congelamento das massas. Os modelos matemáticos preditivos estão apresentados na Tabela 2. Todos os ensaios antes e depois do congelamento apresentaram resultados superiores à amostra padrão 28,30% e 27,84%, respectivamente.

Teotônio *et al.* (2021a) avaliaram as características de imagem de pães sem glúten produzidos a partir de massa com aplicação de fruto-oligosacarídeos, proteína hidrolisada de soja e extrato de levedura como crioprotetores, armazenados congelados por sete dias avaliando-se os tamanhos de alvéolos (mm^2) e porcentagem da área de alvéolos (%). O estudo indicou que os tamanhos de alvéolos variaram de 67,17 a 107,35 mm^2 (dia 0) e 44,87 a 88,48 mm^2 (dia 7).

Tabela 1 - Análise de imagem do miolo das fatias de pães (n=4) (Continua...)

Ensaio	Antes de congelar		Depois de congelar e descongelar	
	Área da fatia (cm^2)	Área dos alvéolos (%)	Área da fatia (cm^2)	Área dos alvéolos (%)
1	$18,56 \pm 0,60$	$35,61 \pm 3,01$	$19,89 \pm 0,97$	$34,75 \pm 2,50$
2	$18,76 \pm 1,83$	$34,99 \pm 1,39$	$19,03 \pm 2,02$	$31,45 \pm 1,70$
3	$15,49 \pm 1,83$	$35,69 \pm 1,76$	$15,85 \pm 0,76$	$35,75 \pm 1,32$
4	$20,48 \pm 0,31$	$36,87 \pm 2,10$	$15,62 \pm 1,36$	$35,12 \pm 1,81$
5	$15,61 \pm 0,96$	$30,12 \pm 2,14$	$14,41 \pm 0,32$	$29,50 \pm 1,48$
6	$19,09 \pm 1,05$	$28,50 \pm 1,28$	$16,97 \pm 0,99$	$31,88 \pm 1,79$
7	$19,01 \pm 1,46$	$32,80 \pm 2,25$	$15,13 \pm 0,78$	$35,25 \pm 2,71$
8	$20,97 \pm 1,25$	$41,64 \pm 2,29$	$16,11 \pm 0,86$	$40,05 \pm 1,92$
9	$16,85 \pm 0,92$	$36,01 \pm 2,95$	$15,80 \pm 0,59$	$32,13 \pm 1,61$
10	$17,69 \pm 1,76$	$37,31 \pm 1,13$	$17,13 \pm 0,61$	$36,45 \pm 1,71$
11	$16,62 \pm 1,83$	$32,54 \pm 2,36$	$15,85 \pm 1,10$	$31,55 \pm 2,21$
12	$19,13 \pm 0,83$	$34,68 \pm 1,00$	$14,70 \pm 0,37$	$35,27 \pm 2,76$

Tabela 1 - Análise de imagem do miolo das fatias de pães (n=4) (Continuação)

Ensaio	Antes de congelar		Depois de congelar e descongelar	
	Área da fatia (cm ²)	Área dos alvéolos (%)	Área da fatia (cm ²)	Área dos alvéolos (%)
13	19,49 ± 0,20	36,91 ± 2,43	18,94 ± 2,26	44,10 ± 1,86
14	21,52 ± 0,84	34,02 ± 1,23	19,10 ± 1,00	34,16 ± 2,70
15	18,82 ± 1,39	33,91 ± 2,98	19,23 ± 0,33	35,52 ± 2,29
16	19,09 ± 0,35	34,12 ± 3,21	17,89 ± 1,27	34,73 ± 2,56
17	19,48 ± 0,97	35,08 ± 2,74	20,10 ± 0,28	33,77 ± 1,90
Padrão	16,28 ± 0,64	28,30 ± 2,86	14,73 ± 0,91	27,84 ± 2,46

Fonte: Dos autores, 2021.

Tabela 2 - Modelos matemáticos para as áreas da fatia e dos alvéolos do miolo dos pães (p≤0,10)

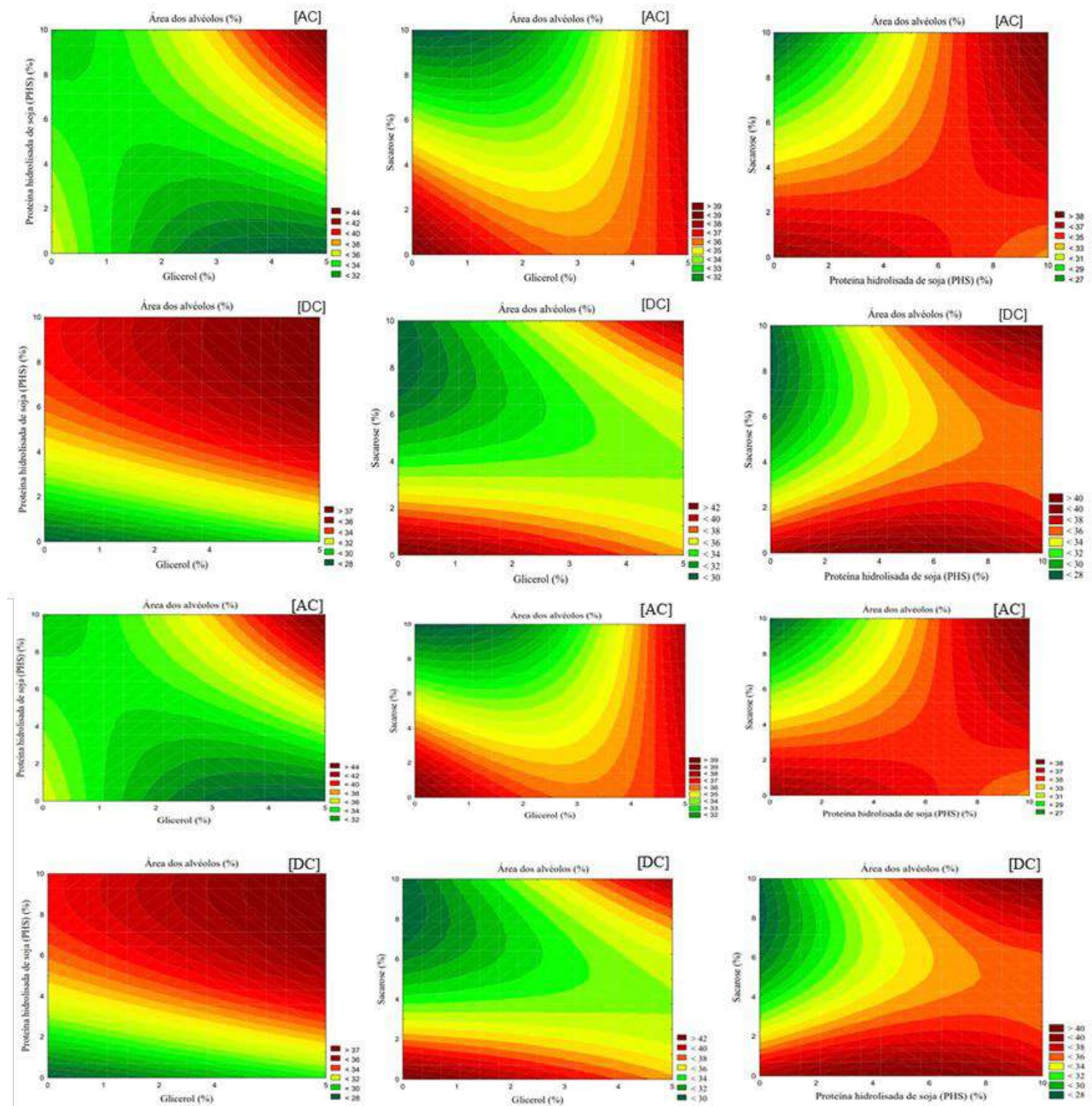
Variáveis dependentes	Modelo matemático preditivo	p-valor	R ²
Área da fatia (cm ²) ^{AC}	$19,12 + 0,88x_1 + 0,59x_2 + 0,35x_3 - 0,66x_1^2 - 0,44x_2^2 + 0,48x_3^2 + 0,40x_1x_2 + 0,82x_2x_3$	0,041	0,78
Área da fatia (cm ²) ^{DC}	$19,01 - 0,94x_1 - 0,69x_2 - 0,54x_3 - 1,36x_1^2 + 0,91x_2x_3$	0,002	0,83
Área dos alvéolos (%) ^{AC}	$34,18 + 0,77x_1 + 1,81x_2 - 1,25x_3 + 1,39x_3^2 + 1,38x_1x_3 + 1,15x_2x_3$	0,040	0,73
Área dos alvéolos (%) ^{DC}	$34,19 + 0,73x_1 + 1,56x_2 - 1,09x_3 + 0,69x_1^2 + 1,53x_1x_2 + 0,83x_1x_3 + 1,73x_2x_3$	0,010	0,81

Fonte: Dos autores 2021.

Legenda: AC – antes do congelamento; DC – depois do congelamento e descongelamento; x1, x2 e x3 – níveis codificados respectivos ao glicerol, proteína hidrolisada de soja e sacarose.

Os autores observaram que maiores níveis de fruto-oligossacarídeo e proteína hidrolisada de soja e menor quantidade de extrato de levedura proporcionaram maiores porcentagens de área de alvéolos. O mesmo efeito da combinação entre a PHS/sacarose pode ser observado no nosso estudo. A formação de alvéolos está diretamente associada à incorporação de ar na massa durante a etapa de mistura. O tamanho e a uniformidade dos alvéolos refletem diretamente em importantes características indicadoras de qualidade, como (i) volume específico dos pães e (ii) maciez do miolo (NEVES *et al.*, 2020; NEVES; GOMES; SCHMIELE, 2020).

Figura 2 - Curvas de contorno das áreas da fatia e dos alvéolos (%) dos pães



Fonte: Dos autores 2021; AC – antes do congelamento; DC – depois do congelamento e descongelamento.

Análise da textura instrumental dos pães antes e depois do congelamento

A textura está relacionada com diversas propriedades físicas da estrutura ou de atributos sensoriais dos alimentos, os quais podem ser quantificados por meio de análise de textura sensorial ou instrumental. Os parâmetros de textura avaliados neste trabalho para os pães obtidos de massas antes do congelamento e depois do congelamento e descongelamento foram: elasticidade, coesividade (%), gomosidade (%), mastigabilidade (%) e resiliência (%) (Tabela 3 e Tabela 4).

Os modelos matemáticos preditivos e os resultados da ANOVA estão apresentados na Tabela 5. Para os parâmetros de TPA avaliados nos pães obtidos das massas antes do congelamento foi possível identificar a influência dos crioprotetores nos parâmetros de coesividade e resiliência. Os resultados da coesividade dos pães obtidos após o congelamento e descongelamento das massas apresentaram valores variando de 17,71 e 65,26%, sendo que todos os crioprotetores isolados influenciam de forma significativa e negativa ao parâmetro.

Tabela 3 - Textura instrumental do miolo dos pães antes e após o congelamento das massas (n=8)

Ensaio	Elasticidade	Coesividade (%)	Gomosidade (%)	Mastigabilidade (%)	Resiliência (%)
1	0,89 ± 0,02	48,98 ± 4,29	22,36 ± 1,77	19,80 ± 1,66	28,61 ± 2,58
2	0,88 ± 0,05	56,83 ± 4,88	20,11 ± 2,38	17,61 ± 2,30	34,83 ± 3,44
3	0,81 ± 0,04	19,55 ± 3,25	11,70 ± 2,45	8,54 ± 0,90	10,12 ± 1,14
4	0,79 ± 0,04	20,10 ± 2,31	9,09 ± 1,05	7,38 ± 1,09	10,29 ± 1,02
5	0,84 ± 0,01	29,27 ± 2,35	15,65 ± 1,32	13,14 ± 1,21	14,83 ± 1,09
6	0,83 ± 0,03	23,20 ± 2,31	9,45 ± 1,49	7,83 ± 1,38	11,43 ± 1,05
7	0,74 ± 0,04	17,71 ± 2,34	7,27 ± 0,90	5,30 ± 0,63	9,76 ± 1,10
8	0,84 ± 0,03	25,27 ± 2,42	10,24 ± 1,62	8,62 ± 1,42	12,00 ± 0,83
9	0,77 ± 0,07	24,01 ± 2,37	9,49 ± 0,79	7,08 ± 0,69	10,98 ± 1,08
10	0,77 ± 0,06	21,88 ± 1,71	7,15 ± 0,58	5,58 ± 0,54	10,61 ± 0,80
11	0,84 ± 0,05	24,94 ± 3,00	11,25 ± 1,51	9,19 ± 1,49	12,64 ± 1,06
12	0,82 ± 0,02	31,66 ± 3,54	11,60 ± 0,77	9,53 ± 0,70	14,82 ± 1,35
13	0,88 ± 0,01	43,78 ± 3,35	9,43 ± 1,02	8,04 ± 1,07	24,39 ± 2,83
14	0,88 ± 0,02	50,33 ± 3,50	17,78 ± 1,54	15,60 ± 1,44	28,46 ± 3,00
15	0,89 ± 0,03	63,43 ± 4,84	18,51 ± 2,59	16,41 ± 2,28	39,14 ± 3,91
16	0,88 ± 0,04	64,30 ± 4,22	19,50 ± 0,97	16,83 ± 1,17	39,31 ± 1,14
17	0,81 ± 0,03	65,26 ± 2,62	18,28 ± 1,46	17,20 ± 1,39	39,73 ± 1,52
Padrão	0,83 ± 0,03	27,80 ± 3,06	12,98 ± 2,02	10,66 ± 1,89	13,10 ± 1,77

Fonte: Dos autores, 2021.

Observou-se que o glicerol e a PHS apresentaram as maiores importâncias e os modelos preditivos explicam 85,07% das respostas. A coesividade indica a resistência do produto a segunda deformação em relação à primeira (TEOTÔNIO *et al.*, 2021b). Dessa forma, os crioprotetores isolados apresentaram influência negativa ao parâmetro diminuindo os valores de coesividade. No entanto, a interação entre PHS/sacarose ($\beta_{23} = 7,08$) apresentou efeito positivo. Verificou-se que

os maiores valores para coesividade foram encontrados em concentrações variando 1,5 a 6,0% de PHS e de 1,5 a 3,5% de glicerol, sendo que os menores valores foram encontrados na faixa tendendo a 100% de sacarose e em concentrações superiores a 8,0% de PHS (Figura 3).

Tabela 4 - Textura instrumental do miolo dos pães após o congelamento e descongelamento das massas (n=8)

Ensaio	Elasticidade	Coesividade (%)	Gomosidade (%)	Mastigabilidade (%)	Resiliência (%)
1	0,87 ± 0,03	53,11 ± 4,56	47,25 ± 6,55	40,91 ± 5,52	34,95 ± 4,13
2	0,90 ± 0,02	49,73 ± 4,96	27,36 ± 3,61	24,47 ± 2,81	32,36 ± 3,51
3	0,44 ± 0,03	6,48 ± 1,02	5,75 ± 2,14	2,92 ± 1,09	4,60 ± 0,72
4	0,45 ± 0,03	7,63 ± 0,71	4,02 ± 0,47	1,77 ± 0,21	5,01 ± 0,37
5	0,60 ± 0,02	12,95 ± 1,05	11,49 ± 1,49	6,44 ± 1,21	7,10 ± 0,42
6	0,50 ± 0,03	10,37 ± 0,85	8,50 ± 0,61	4,12 ± 0,34	6,72 ± 0,43
7	0,45 ± 0,04	5,22 ± 0,85	2,89 ± 1,11	1,25 ± 0,51	4,17 ± 0,64
8	0,51 ± 0,02	7,55 ± 1,19	6,33 ± 1,66	3,28 ± 0,77	5,28 ± 0,60
9	0,49 ± 0,05	6,32 ± 0,76	4,67 ± 0,96	2,27 ± 0,45	4,80 ± 0,53
10	0,46 ± 0,05	6,83 ± 0,68	2,95 ± 0,66	1,41 ± 0,48	4,23 ± 0,42
11	0,60 ± 0,09	8,93 ± 1,83	8,27 ± 1,78	8,27 ± 1,56	6,72 ± 1,19
12	0,56 ± 0,05	13,30 ± 1,91	18,49 ± 4,40	13,88 ± 2,89	7,77 ± 0,96
13	0,86 ± 0,02	44,54 ± 3,67	19,91 ± 1,51	17,09 ± 1,47	27,08 ± 2,60
14	0,88 ± 0,02	41,03 ± 2,60	24,29 ± 2,50	21,35 ± 2,16	23,88 ± 1,65
15	0,86 ± 0,02	41,78 ± 2,70	23,13 ± 1,94	20,39 ± 1,91	24,25 ± 2,12
16	0,87 ± 0,02	43,89 ± 2,22	22,26 ± 1,56	19,77 ± 1,34	25,20 ± 1,44
17	0,86 ± 0,04	42,06 ± 3,43	24,75 ± 2,36	22,47 ± 1,42	25,78 ± 0,70
Padrão	0,50 ± 0,05	6,65 ± 1,10	4,30 ± 0,97	2,16 ± 0,92	4,80 ± 0,83

Fonte: Dos autores, 2021.

A resiliência foi influenciada por todos os crioprotetores isolados e/ou combinados e os resultados variaram entre 9,76 e 39,73%, com 87,70% dos resultados explicados pelo modelo matemático preditivo. A resiliência é resultado da razão da energia do movimento ascendente da primeira compressão pela energia do movimento descendente da primeira compressão, indicando quão bem o produto consegue retomar a sua altura original quando uma força é aplicada.

Somente o glicerol linear ($\beta_1= 0,33$) e a interação PHS/sacarose ($\beta_{23}= 4,81$) apresentaram influência significativa positiva, indicando que o glicerol isolado e a interação entre a proteína e o

carboidrato contribuíram para o aumento da resiliência no produto. A Figura 4 demonstrou este comportamento, onde os melhores valores estão compreendidos na faixa mínima e máxima das concentrações de glicerol, PHS e sacarose. Para os parâmetros de TPA avaliados depois do congelamento das massas é possível identificar a influência dos crioprotetores nos parâmetros de coesividade, elasticidade, mastigabilidade e resiliência.

A coesividade após o congelamento apresentou valores entre 5,22 e 53,11% e 84,25% dos resultados foram explicados pelo modelo matemático. O parâmetro foi influenciado negativamente por todos os crioprotetores isolados, sendo o glicerol e a PHS os mais evidentes. Somente a combinação da PHS/sacarose ($\beta_{23} = 9,77$) apresentou influência positiva. Esses resultados demonstram a interferência dos crioprotetores no aumento da coesividade depois do congelamento. Maiores valores de coesividade indicam melhor tolerância ao estresse e os melhores resultados para coesividade foram obtidos nas concentrações entre 0 e 5,0% de PHS e com o glicerol no ponto central (Figura 3). Assim como a coesividade, a resiliência dos pães após o congelamento das massas também apresentou influência significativa de todos os crioprotetores isolados. Os resultados encontrados variaram entre 4,23 e 34,95%, com 84,20% dos resultados explicados pelo modelo matemático. Melhores valores para resiliência foram obtidos com as concentrações do glicerol próximas ao ponto central e com concentrações de PHS compreendidas entre 2,0 e 6,0% (Figura 4).

A elasticidade e a mastigabilidade somente apresentaram influência depois do congelamento das massas, indicando que o processo de congelamento e descongelamento do produto afetou estas propriedades. A elasticidade avalia a resistência do produto a “voltar à forma inicial”, quanto menor a elasticidade do produto, maior a deformação sofrida. Após o congelamento os valores encontrados para elasticidade, variaram de 0,44 a 0,90%, com 87,06% dos resultados explicados pelo modelo matemático. A elasticidade apresentou influência significativa negativa por todos os crioprotetores tanto isolados como combinados, sendo os melhores resultados obtidos com o glicerol no ponto central e PHS entre o mínimo e o ponto central (Figura 5).

A mastigabilidade dos pães depois do congelamento das massas apresentou resultados variando entre 1,25 e 40,91 N. A mastigabilidade é a energia requerida para triturar um alimento sólido até um estado pronto para ser engolido, dessa forma, menores valores são desejados, indicando que o produto não oferece resistência ao ser mastigado.

Os melhores resultados de mastigabilidade depois do congelamento e descongelamento das massas foram obtidos nas concentrações máximas de sacarose, glicerol e PHS (Figura 5). A resiliência após o congelamento e descongelamento das massas apresentou resultados entre 4,23 e 34,95%, sendo que todos os crioprotetores isolados apresentaram influência negativa significativa no

parâmetro e somente a combinação sacarose/PHS apresentou influência positiva ($\beta_{23} = 6,66$). Os melhores resultados foram obtidos em concentrações de PHS variando de 0 a 5% e glicerol 1,5 a 3,5%, já os menores valores foram obtidos na faixa tendendo a 100% de sacarose (Figura 4). A gomosidade não apresentou efeito significativo para o miolo dos pães, indicando que o uso dos crioprotetores não afetou este parâmetro, mesmo congelando a massa.

Tabela 5 - Modelos matemáticos da análise de textura instrumental dos pães antes e depois do congelamento das massas com os parâmetros significativos ($p \leq 0,10$)

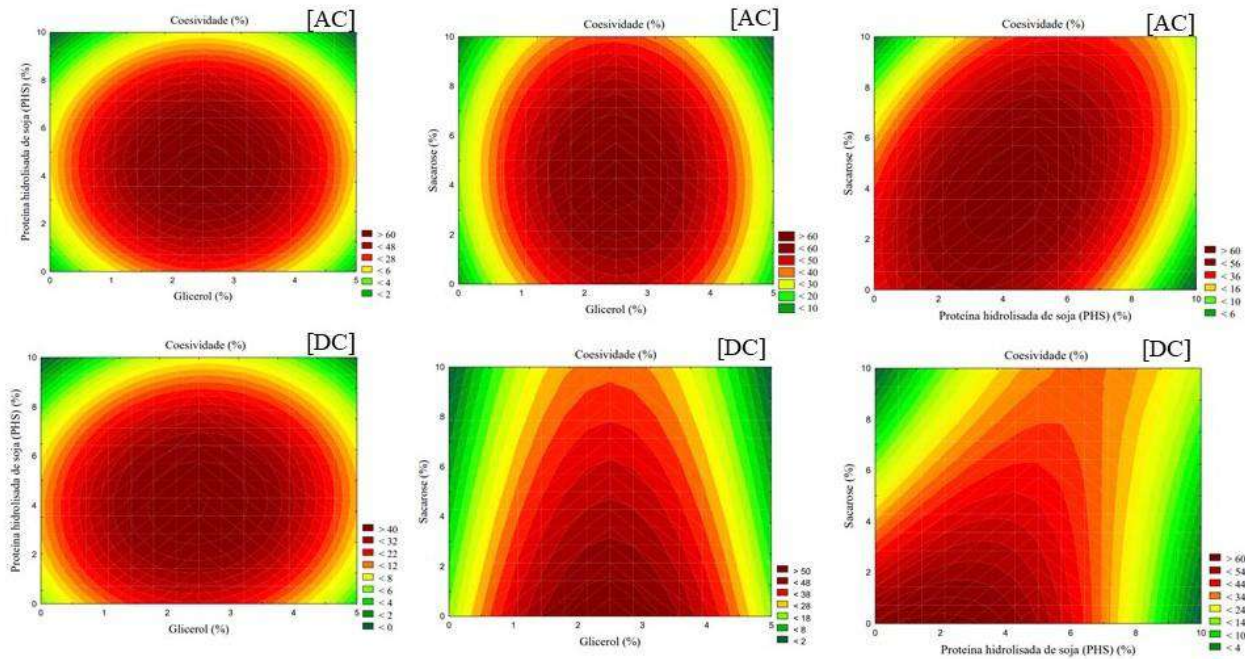
Variáveis dependentes	Modelo matemático preditivo	P-valor	R ²
Coesividade (%)	$64,37 - 4,71x_2 - 2,85x_3 - 14,79x_1^2 - 12,90x_2^2 - 6,27x_3^2 + 7,083x_2x_3$	0,004	0,85
Resiliência (%)	$39,34 + 0,33x_1 - 3,21x_2 - 2,12x_3 - 9,92x_1^2 - 8,88x_2^2 - 4,39x_3^2 - 0,94x_1x_3 + 4,81x_2x_3$	0,006	0,87
Elasticidade (%) DC	$0,86 - 0,05x_1 - 0,08x_2 - 0,04x_3 - 0,14x_1^2 - 0,11x_2^2 - 0,01x_3^2 + 0,02x_1x_2 - 0,01x_1x_3 + 0,09x_2x_3$	0,020	0,87
Resiliência (%) DC	$25,44 - 4,41x_2 - 4,32x_3 - 7,17x_1^2 - 6,20x_2^2 + 6,66x_2x_3$	0,004	0,84
Coesividade (%) DC	$42,74 - 6,73x_2 - 6,35x_3 - 12,69x_1^2 - 11,09x_2^2 + 9,77x_2x_3$	0,002	0,84
Mastigabilidade (N) DC	$20,24 - 1,41x_1 - 4,19x_2 - 3,50x_3 - 6,46x_1^2 - 3,20x_2^2 + 2,45x_1x_2 + 2,16x_1x_3 + 6,83x_2x_3$	0,010	0,71

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: DC – depois do congelamento e descongelamento; x1, x2 e x3 – níveis codificados respectivos ao glicerol, proteína hidrolisada de soja e sacarose.

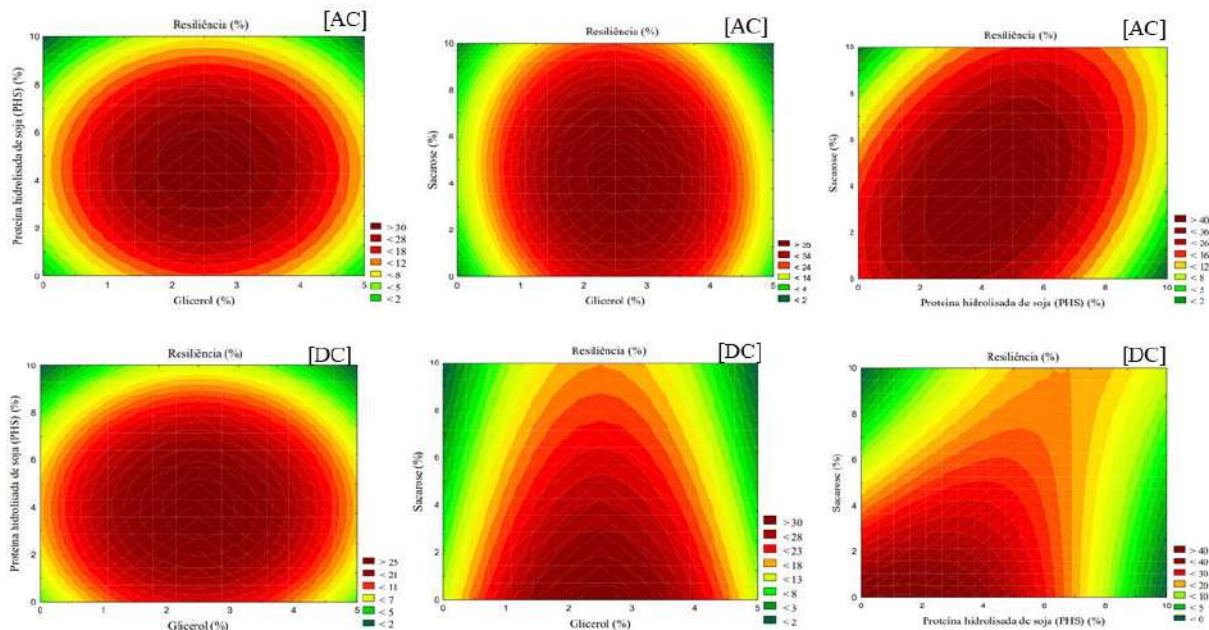
Komeroshi *et al.* (2021) estudaram as características de textura em pães sem glúten de mandioca adicionadas de proteínas de grão de bico e do soro de leite. Os resultados dos parâmetros de elasticidade (mm), coesividade (g.s^{-1}) e mastigabilidade (N) variaram de 1,05 a 1,07 mm, 0,81 e 0,88 g.s^{-1} e 1,18 e 4,69 N, respectivamente. Os autores observaram que as formulações com maiores concentrações de proteína do soro de leite apresentaram melhores resultados. Em nosso estudo foi possível observar que a PHS apresentou influência positiva nos parâmetros de textura tanto quanto aplicada de forma isolada e/ou combinada com glicerol e sacarose. Esta influência pode estar relacionada a alta capacidade de absorção de água que a PHS apresenta, resultando no aumento da viscosidade do meio (SCHMIELE *et al.*, 2017).

Figura 3 - Curvas de contorno para a coesividade do miolo dos pães produzidos a partir da massa congelada antes de congelar (AC) e depois de congelar (DC)



Fonte: Dos autores, 2021.

Figura 4 - Curvas de contorno para a resiliência dos pães produzidos a partir da massa congelada antes de congelar (AC) e depois de congelar (DC)



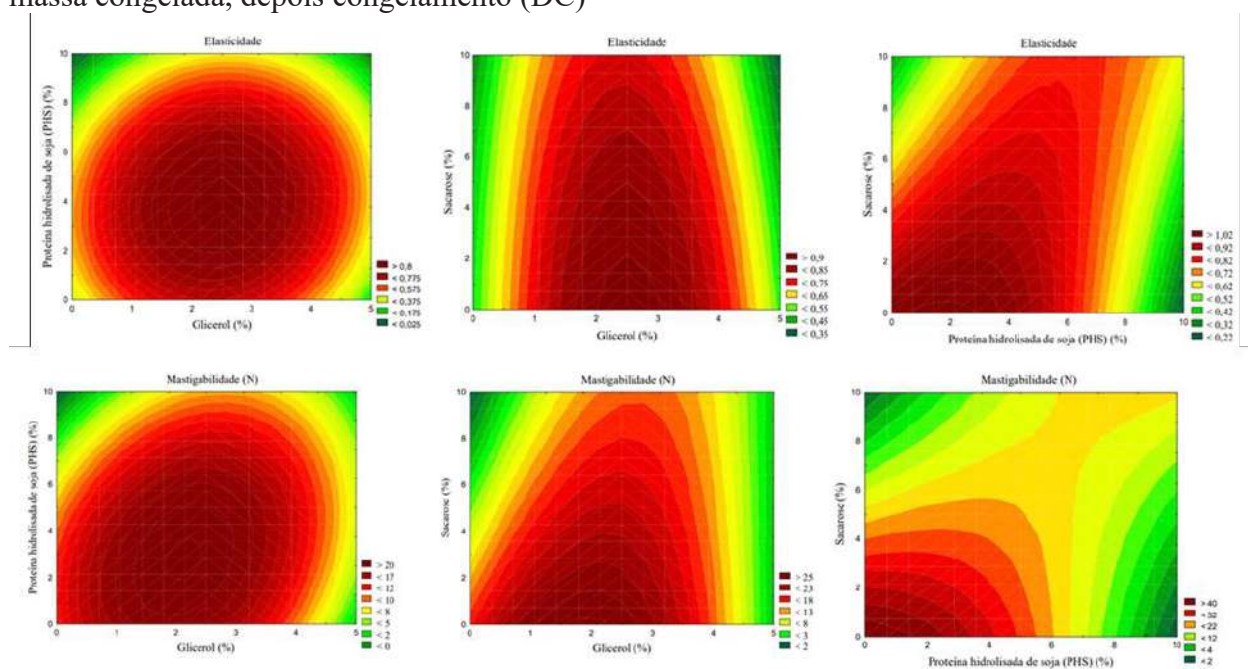
Fonte: Dos autores, 2021.

Esta característica permite a formação de uma massa de alta consistência, tendo a capacidade de reter o CO₂ liberado pela levedura durante o processo de fermentação. Portanto, a PHS possui a

capacidade de melhorar as características relacionadas à aeração da massa pela propriedade surfactante da proteína.

Yang *et al.* (2021) avaliaram o efeito do congelamento e o tempo de armazenamento congelado (dia 1 e dia 30) na textura de massas não fermentadas com glúten e os resultados para dureza, elasticidade, coesividade, adesividade e mastigabilidade variaram de 10,19 a 33,99 N, 0,374 a 0,854, 0,229 a 0,804, 33,99 a 49,71 N.S. e 2,92 a 7,24 N, respectivamente. Os autores concluíram que a massa congelada era significativamente mais dura do que a massa fresca, e que os valores de dureza aumentaram em decorrência do armazenamento congelado. Entretanto, em contraste com a dureza os parâmetros de elasticidade, coesividade, adesividade e mastigabilidade das massas congeladas diminuíram com o armazenamento congelado prolongado em comparação a massa.

Figura 5 - Curvas de contorno para a elasticidade e a mastigabilidade dos pães produzidos a partir de massa congelada, depois congelamento (DC)



Fonte: Dos autores, 2021.

O arranjo polimérico dos componentes presentes na massa é afetado principalmente por mudanças na mobilidade da água e pela formação de cristais de gelo durante o armazenamento congelado, sendo a retrogradação do amido a principal responsável pela perda de maciez do miolo pão durante o armazenamento (HE *et al.*, 2020; TEOTÔNIO *et al.*, 2021b). O processo de retrogradação é acelerado em pães produzidos a partir de massa congelada, com o decréscimo da temperatura, a interação da água com polímeros presentes no meio intracelular aumenta, até a denominada região de taxa máxima, que ocorre próximo a 4 °C na massa, dessa forma, o ato de

congelar e descongelar a massa equivale a cerca de 24 horas de envelhecimento a 20 °C, uma vez que o produto é submetido a região máxima de interação água-polímeros (uma vez durante congelamento e outra no descongelamento) (KRINGEL; FILIPINI; SALAS-MELLADO, 2017).

Conclusão

Os resultados do trabalho mostraram que o glicerol, a PHS e a sacarose apresentaram função crioprotetora e contribuíram para melhorar parâmetros importantes relacionados à qualidade dos pães, como a mastigabilidade e elasticidade. A função desejabilidade indicou que a melhor formulação foi obtida com o uso de 2,6% de glicerol, 4,94% de proteína hidrolisada de soja e 4,52% de sacarose, apresentando um êxito de 74%. Os crioprotetores contribuíram para o aumento da porcentagem de alvéolos e área da fatia, parâmetros diretamente associados ao desenvolvimento dos pães em relação à expansão da massa no processo de fermentação e forneamento. Existem poucas publicações que descrevem o comportamento dessas matérias-primas e possíveis mecanismos que contribuem para a melhoria das diversas características relacionadas à qualidade e aceitabilidade dos pães pelos consumidores. Dessa forma, os resultados apresentam grande potencial, principalmente em relação a inserção de massas congeladas no setor *glúten-free*.

Agradecimentos

Os autores agradecem à UFVJM e à UFOP pelo suporte institucional, à CAPES pelo auxílio financeiro (#001) e pela bolsa de estudos de D. O. Teotônio (#88882.429355/2019-01), à FAPEMIG pela bolsa de estudos de I. Andressa e ao CNPq pelas bolsas de estudos de S. M. Rodrigues (#143350/2020-0) e G. K. S. Nascimento (#146772/2020-2) e pelo auxílio financeiro à pesquisa através (demanda universal #424938/2016-2).

Referências

- AACCI. American Association of Cereal Chemists International. **Approved Methods of Analysis**. 11th ed. AACC: St. Paul, 2010.
- BHATTACHARYA, S. Cryoprotectants and their usage in cryopreservation process. *In*: BOZKURT, Y. (ed.). **Cryopreservation Biotechnology in Biomedical and Biological Sciences**. Croatia: IntechOpen, p. 7-19, 2018.



DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, v. 12, n. 4, p. 214-219, 1980.

HUANG, L. *et al.* Effects of glycerol on water properties and steaming performance of prefermented frozen dough. **Journal of Cereal Science**, v. 53, n. 1, p 19-24, 2011.

KOMEROSKI, M. R. *et al.* Effect of whey protein and mixed flours on the quality parameters of gluten-free breads. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 24, p. 100361, 2021.

KENIJZ, N. V.; NESTERENKO, A. A.; ZAYATS, M. S. Cryoprotectants in the technology for the production of frozen bakery products. **Food Technology**, v. 4, n. 4, p. 23-29, 2019.

KRINGEL, D. H.; FILIPINI, G. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Influence of phosphorylated rice flour on the quality of gluten-free bread. **International Journal of Food Science and Technology**, v.52, n. 5, p. 1291-1298, 2017.

NEVES, N. A. *et al.* Sourdough and jaboticaba (*Plinia cauliflora*) for improvement on pan bread characteristics. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e90691110552, 2020.

NEVES, N. A.; GOMES, P. T. G.; SCHMIELE, M. An exploratory study about the preparation and evaluation of sourdough breads with araticum pulp (*Annona crassiflora* Mart.) **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e956998036, 2020.

SRINIVASAN, D.; PARKING, K. L. **Fennema's Food Chemistry**. CRC Press, Boca Raton, 2017.

SCHMIELE, M. *et al.* Mixolab™ for rheological evaluation of wheat flour partially replaced by soy protein hydrolysate and fructooligosaccharides for bread production. **LWT - Food Science and Technology**, v. 76, Part B, p. 259-269, 2017.

TASIGUANO, B. L. *et al.* Efecto del tempo de cocción del zapallo (*Cucurbita máxima*) y la adición de glucosa oxidasa en el aumento de almidón resistente del pan de molde. **Información Tecnológica**, v. 30, n. 3, p. 167-178, 2019.

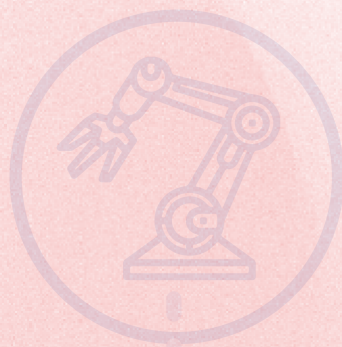
TEOTÔNIO, D. O. *et al.* Fruto-oligosaccharides, hydrolyzed soy protein and yeast (*Saccharomyces* sp.) extract as potential cryoprotectants in gluten-free dough and bread quality. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e44510313556, 2021.

TEOTÔNIO, D. O. *et al.* Potentialities of using cryoprotectants in gluten-free frozen dough and microwave baking as an emerging technology. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e12410615674, 2021.

WONG, S. W. D. **Mechanism and theory in food chemistry**. 2 ed. California: Springer, 2018. 450p.

YANG, S.; JEONG, S.; LEE, S. Elucidation of rheological properties and baking performance of frozen doughs under different thawing conditions. **Journal of Food Engineering**, v. 84, p. 110084, 2020.

YANG, J. *et al.* Effect of freezing rate and frozen storage on the rheological properties and protein structure of non-fermented doughs. **Journal of Food Engineering**, v. 293, p. 110377, 2021.



II Capítulo

Elaboração de
muffins com farinha
de batata-doce
Beauregard



Capítulo 11

Elaboração de muffins com farinha de batata-doce Beaugard

Aline Nataly Soares Vital*¹; Virgínia Cabral Benício²; Yana Luise Falcão Lins²; Cristhiane Maria Bazílio de Omena Messias³

Resumo

A população tem se preocupado mais em consumir alimentos nutritivos, práticos e alternativos para todas as faixas etárias, e a indústria alimentícia tem mostrado que há alternativas de proporcionar isso ao consumidor, através do enriquecimento nutricional de alimentos. O objetivo do presente trabalho foi formular muffins com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de batata-doce Beaugard e determinar a sua composição nutricional. As formulações foram feitas a partir de uma receita padrão de muffins, substituindo-se parcialmente a farinha de trigo pela farinha da batata-doce em 20% (F1), 40% (F2) e 60% (F3). A formulação F0 seguiu a receita padrão, sem adição da farinha de batata-doce. Para determinar a composição nutricional das formulações, foram utilizadas tabelas de composição dos alimentos, além da composição da farinha de batata-doce Beaugard. As diferentes formulações apresentaram valores calóricos semelhantes, sem diferença significativa. Também não houve diferença significativa entre os teores lipídicos. Os valores proteicos tiveram variação significativa, sendo a formulação F0 a que possuiu maior valor, reduzindo gradualmente em F1, F2 e F3. Quanto aos teores de carboidratos, houve diferença significativa apenas entre as formulações F0 e F3. Na quantidade de fibra bruta, a formulação F3 destacou-se, em comparação a F0. Quanto à composição de cinzas, houve um aumento gradual, com todas as formulações diferindo entre si. A quantidade de ferro variou de 1,4% a 1,22%, sem diferença significativa. Os teores de zinco também não diferiram significativamente, variando de 0,57% a 0,59%. Quanto ao betacaroteno, houve um aumento significativo a cada formulação. Os valores de vitamina A também aumentaram progressivamente. A adição da farinha de batata-doce Beaugard, substituindo parcialmente a farinha de trigo, proporcionou melhoria da composição nutricional dos muffins elaborados. Pode-se concluir que essa farinha apresenta um bom potencial de uso como forma de enriquecer nutricionalmente preparações culinárias.

Palavras-chave: Biofortificação. Desenvolvimento de produto. Valor nutricional.

¹ Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade de Pernambuco.

² Graduanda, Bacharelado em Nutrição, Universidade de Pernambuco.

³ Docente, Colegiado de Nutrição e do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade de Pernambuco.

*E-mail para correspondência: nataly.aline@yahoo.com.br

Introdução

A batata-doce é um tubérculo amplamente consumido pela população, por ser um alimento saboroso, de fácil cultivo, baixo custo de produção e que apresenta possibilidades variadas de consumo (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Além disso, é caracterizada pelo seu excelente valor nutritivo, devido à qualidade de carboidratos presentes em sua composição, assim como por conter vitaminas A, C e do complexo B (AZEVEDO *et al.*, 2015). Ela é produzida em regiões tropicais e subtropicais (NUNES *et al.*, 2016), apresentando variabilidade nos seus aspectos sensoriais, com diferentes cores de polpa, sabores e texturas (VIZZOTTO *et al.*, 2018).

Sua versatilidade permite várias formas de utilização na culinária, podendo ser preparada cozida, frita e assada, ou ainda, utilizada como base para incrementar novos pratos e receitas. A depender da cultivar, as variações na cor, sabor e textura são indicativas da presença de teores maiores ou menores de compostos como antocianinas, fibras dietéticas, β -caroteno e sais minerais (VIZZOTTO *et al.*, 2018).

A maior parte das variedades de batata-doce comercializadas no Brasil apresentam polpas de cor amarela, branca e creme (NOLÊTO *et al.*, 2015). Genótipos de batata-doce com diferentes cores de polpa foram analisados por Vizzotto *et al.* (2018), que constataram que essas raízes constituem uma boa fonte de minerais para a dieta, tendo em vista que são ricas em potássio, além de terem apresentado outros minerais na composição, que variaram em quantidade conforme os diferentes tipos investigados.

A batata-doce Beauregard, desenvolvida pela Louisiana Agricultural Experiment Station em 1981, é uma cultivar americana, e passou pela identificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, no BioFORT, que se trata de um programa voltado para a biofortificação de alimentos (CARVALHO *et al.*, 2016). Ela é também conhecida pela semelhança com a cenoura, por apresentar uma cor alaranjada intensa, característica de teores elevados de β -caroteno, precursor da vitamina A; e por sua vez, foi desenvolvida como estratégia nutricional no combate da hipovitaminose A (NOLÊTO *et al.*, 2015). A batata-doce de polpa alaranjada é uma opção abundante e de baixo custo, com disponibilidade o ano todo e que pode alcançar populações de baixa renda (NUNES *et al.*, 2016). O intuito da biofortificação é o desenvolvimento e distribuição de variedades de culturas para plantação, consideradas a base de regiões pobres (BRIGIDE *et al.*, 2020).

Devido a sua ampla utilização e benefícios nutricionais mencionados, torna-se interessante buscar novas formas de consumir essa raiz. Uma das formas de aproveitar todos os benefícios que essa batata oferece é através da produção da farinha, a partir da polpa biofortificada, que por sua vez proporciona algumas vantagens ao produtor, como o aumento de vida útil do produto, a redução de

volume e facilidade no transporte, além de ser muito utilizada na panificação e elaboração de receitas diversas (JAIME *et al.*, 2020).

Segundo Soares *et al.* (2018), existe uma preocupação crescente com a saúde, que aumenta a busca por produtos nutricionalmente saudáveis no mercado, mas que também sejam agradáveis em suas características sensoriais. A população tem se preocupado mais em consumir alimentos nutritivos, práticos e alternativos para todas as faixas etárias, e a indústria alimentícia tem mostrado que há alternativas para proporcionar isso ao consumidor, através do enriquecimento nutricional de alimentos (BENNEMANN *et al.*, 2016).

Os bolos costumam ter boa aceitabilidade por parte dos consumidores, com ingredientes que podem ser facilmente substituídos, com o objetivo de melhorar a sua qualidade nutricional sem interferir nas suas propriedades sensoriais (SOARES *et al.*, 2018). Considerando-se a receita original, é possível afirmar que é um alimento calórico, contudo, possui um bom grau de aceitação, e por esse motivo é um dos alimentos mais usados para estudos voltados à substituição de ingredientes tradicionais por outros inovadores (BARROS *et al.*, 2018).

Os muffins são bolinhos que servem porções individuais e que levam em sua composição ingredientes que são similares aos de receitas de bolos comuns: farinha, leite, ovos, fermento, óleo e açúcar. Esses ingredientes podem ser substituídos ou ter suas proporções modificadas, dando origem a novas formulações. Os muffins podem ser feitos utilizando-se a farinha nutritiva da batata-doce Beauregard, mostrando-se uma boa opção de lanche, por ser rico em fibras e compostos benéficos à saúde, principalmente para crianças (BENNEMANN *et al.*, 2016).

A apresentação visual geralmente é o primeiro contato do consumidor com um produto, destacando-se a cor e a aparência, que podem até mesmo influenciar a decisão de compra por parte dos consumidores, afetando a sua aceitabilidade (NUNES *et al.*, 2016). Logo, é necessário produzir uma formulação que apresente uma boa aparência e cor, tendo em vista que esses aspectos visuais contribuem para a sua aceitação, o seu consumo e a obtenção dos seus benefícios.

Espera-se que os subprodutos dos alimentos biofortificados também conservem sua composição nutricional, proporcionando benefícios à saúde. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi formular muffins com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de batata-doce Beauregard e determinar a sua composição nutricional.

Material e Métodos

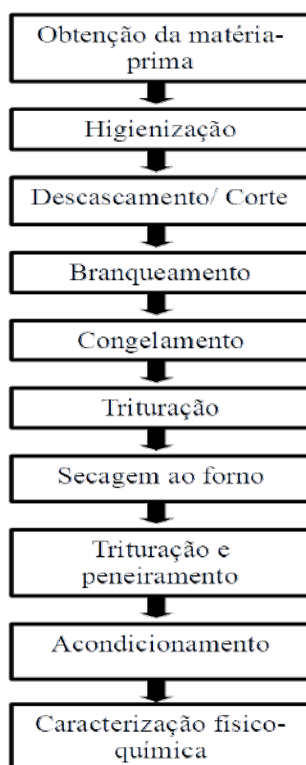
Matéria-prima

O insumo utilizado na pesquisa (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) foi adquirido em uma feira livre de produtos orgânicos, localizada no município de Juazeiro-BA. Já os produtos para elaboração dos muffins (farinha de trigo, óleo, açúcar, sal, ovos, leite, fermento) foram obtidos em estabelecimentos locais, íntegros e com validade obedecida.

Preparo da farinha

O preparo da farinha ocorreu conforme o fluxograma apresentado na Figura 1. Todo o procedimento foi feito com utensílios e equipamentos de uso doméstico, como forma de demonstrar a possibilidade de execução de todas as etapas para obtenção da farinha em casa, sem a necessidade de equipamentos mais sofisticados. Embora haja variações, uma quantidade de 1 kg de batata-doce *in natura* (antes de descascar) rende, aproximadamente, 200 g de farinha.

Figura 1 - Fluxograma das etapas realizadas para o preparo da farinha a partir da batata-doce Beauregard



Fonte: Dos autores, 2021.

Composição da farinha de batata-doce Beauregard

As determinações analíticas foram realizadas em triplicata. As análises de proteínas e lipídeos foram conduzidas no laboratório do curso de graduação em Nutrição I (Bromatologia). Para determinação de lipídeos totais foi utilizado o método de extração direta em Soxhlet (IAL, 2008). A determinação de proteínas totais foi realizada pelo método Kjeldahl, utilizando-se o fator de conversão do nitrogênio de 6,25 (AOAC, 1995).

Os valores de carboidratos e o teor calórico foram feitos a partir de métodos teóricos. O teor de carboidratos totais foi determinado através da diferença entre 100 e a soma dos valores obtidos das triplicatas para umidade, proteínas, lipídeos totais, fibras e cinzas (BRASIL, 2003). Para determinar o valor energético da farinha, foi utilizado como base de cálculo os valores: carboidratos 4 kcal/g, proteínas 4 kcal/g e lipídeos 9 kcal/g (TERRA; ANTUNES; BUENO, 2010).

Para determinar o teor de cinzas, fibras, zinco e ferro, amostras da farinha foram enviadas para análise no Laboratório de Análise de Alimentos, Bebidas e Meio Ambiente, no SENAI Petrolina/PE. A determinação de fibras e cinzas foi feita através da incineração em mufla a 550 ° C, cada uma delas seguindo as metodologias do Instituto Adolfo Lutz (2008). Já as determinações de zinco e ferro foram feitas por espectrometria de absorção atômica com chama desses minerais em uma amostra do alimento digerida previamente (IAL, 2008).

Os teores de betacaroteno e vitamina A foram realizados no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), em Campinas/SP. Para a análise de betacaroteno, foi utilizado o método da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) (CARVALHO; COLLINS; RODRIGUEZ-AMAYA, 1992).

Elaboração dos muffins

As formulações foram feitas a partir de uma receita padrão de muffins, substituindo-se parcialmente a farinha de trigo pela farinha da batata-doce em 20% (F1), 40% (F2) e 60% (F3). A formulação F0 seguiu a receita padrão, sem adição da farinha de batata-doce, como forma de compará-la com os muffins enriquecidos. Para determinação desses percentuais, foi utilizado como referência o estudo de Nunes *et al.* (2016), em seguida sendo realizados testes a fim de verificar a possibilidade de utilização dos mesmos percentuais de substituição. A substituição em diferentes percentuais é importante para verificar se uma maior quantidade da farinha da batata-doce tem influência nas características visuais dos muffins, bem como na sua composição.

A receita padrão foi composta pelos seguintes ingredientes: farinha de trigo, açúcar, óleo de soja, ovos, leite integral, fermento químico e sal. Para as receitas enriquecidas em diferentes proporções, foram utilizados, além dos ingredientes mencionados, a farinha da batata-doce Beauregard. Os dados da composição de cada uma das formulações encontram-se detalhados na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulações utilizadas na elaboração dos muffins

Ingredientes	Formulações			
	F0	F1	F2	F3
Farinha de trigo (g)	250	200	150	100
Farinha de batata-doce Beauregard (g)	0	50	100	150
Leite (mL)	200	200	200	200
Açúcar (g)	150	150	150	150
Ovo de galinha (g)	50	50	50	50
Óleo de soja (g)	23	23	23	23
Fermento químico em pó (g)	13	13	13	13
Sal (g)	2	2	2	2

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: F0: Formulação de muffins padrão, F1: Formulação de muffins com 20% da farinha de batata-doce Beauregard, F2: Formulação de muffins com 40% da farinha de batata-doce Beauregard, F3: Formulação de muffins com 60% da farinha de batata-doce Beauregard.

Todos os ingredientes foram pesados, conforme a receita padrão, bem como a farinha da batata-doce, cuja quantidade variou conforme o percentual de substituição da farinha de trigo, para cada formulação. Os ingredientes descritos foram homogeneizados em um recipiente. Em seguida, a massa foi acondicionada em uma forma própria para muffins (com espaços para bolinhos individuais). Em cada espaço, foram colocadas forminhas de papel, onde a massa foi despejada, sem a necessidade de untar a forma. A massa foi levada ao forno convencional, preaquecido por 10 minutos a 180 °C e assada por 30 minutos.

Composição dos muffins

Para determinar a composição nutricional dos muffins elaborados, foram utilizadas tabelas de composição dos alimentos, que apresentam a composição nutricional de diversos alimentos. Foi feita a média dos valores das composições obtidas de três tabelas: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (NEPA, 2011), Tabelas de Composição Nutricional dos Alimentos Consumidos no Brasil (IBGE, 2011) e Tabela de Composição de Alimentos – Suporte para Decisão Nutricional (PHILIPPI, 2002). Além disso, para complementar a composição de itens que não foram encontrados nas tabelas citadas, utilizou-se uma quarta tabela, a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TBCA (USP, 2020). Quanto à composição da farinha de batata-doce Beauregard, foi considerada a composição obtida através das determinações analíticas realizadas na farinha, calculando-se a proporção utilizada em cada formulação. Para isso, foram quantificadas as composições de cada um dos ingredientes utilizados, de acordo com as quantidades da receita, para cada formulação.

Análise de Dados

Foi realizada estatística descritiva, com média e desvio padrão dos dados. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 5%, aplicando-se o pós-teste de Tukey, quando necessário. Foi utilizado o programa *BioEstat 5.0* (AYRES *et al.*, 2007).

Resultados e Discussão

Composição Química

Na Tabela 2 estão apresentados os dados da composição centesimal dos muffins elaborados. As diferentes formulações dos muffins apresentaram valor calórico (Kcal/ 100 g) semelhantes entre si, sendo que a F3 teve valor mais baixo (média 324,51) que F0 (média 327,38), porém sem diferença estatística. Em um estudo que analisou a composição de bolos com diferentes concentrações de farinha de batata-doce Beauregard, sem glúten e sem lactose, obteve-se valor calórico de 250,25 Kcal/100 g na preparação que utilizou 10,23% da farinha, enquanto a formulação de 15,35% de farinha apresentou o valor calórico de 240,15 Kcal/ 100 g, e 244,04 Kcal/ 100 g para a preparação com 20,46% da farinha de batata-doce (AZEVEDO *et al.*, 2020). Já em um estudo com bolo de chocolate, feito com farinha de batata-doce biofortificada, verificou-se o valor calórico de 438,68 Kcal/100 g (CAMARGO, 2018). Ramos *et al.* (2019) encontraram o valor de 289,80 kcal/100 g ao

analisar a composição de um bolo feito com 100% de farinha de batata-doce biofortificada. As diferenças encontradas entre os valores calóricos podem ser justificadas pela variação dos ingredientes utilizados e suas respectivas quantidades em cada uma das preparações desenvolvidas, refletindo em um produto final com maior ou menor quantidade de calorias.

Tabela 2 - Composição dos muffins formulados com diferentes proporções de farinha de batata-doce Beuregard

Componente	Formulações			
	Média ± DP			
	F0	F1	F2	F3
Valor calórico (kcal/100 g)	327,38 ± 4,62 ^{ns}	326,42 ± 3,82 ^{ns}	325,47 ± 3,03 ^{ns}	324,51 ± 2,25 ^{ns}
Lipídeos (g/100 g)	6,51 ± 0,14 ^{ns}	6,54 ± 0,14 ^{ns}	6,56 ± 0,14 ^{ns}	6,58 ± 0,15 ^{ns}
Proteínas (g/100 g)	6,46 ± 0,30 ^a	5,77 ± 0,25 ^b	5,08 ± 0,21 ^c	4,39 ± 0,17 ^d
Carboidratos (g/100 g)	61,34 ± 0,45 ^a	61,83 ± 0,40 ^{ns}	62,33 ± 0,38 ^{ns}	62,83 ± 0,40 ^d
Fibra bruta (g/100 g)	1,21 ± 0,29 ^a	1,46 ± 0,24 ^{ns}	1,71 ± 0,18 ^{ns}	1,96 ± 0,12 ^d
Cinzas (g/100 g)	2,06 ± 0,04 ^a	2,25 ± 0,03 ^b	2,44 ± 0,02 ^c	2,64 ± 0,01 ^d
Ferro (mg/100 g)	1,40 ± 1,03 ^{ns}	1,34 ± 0,82 ^{ns}	1,28 ± 0,60 ^{ns}	1,22 ± 0,39 ^{ns}
Zinco (mg/100 g)	0,57 ± 0,02 ^{ns}	0,58 ± 0,02 ^{ns}	0,58 ± 0,01 ^{ns}	0,59 ± 0,02 ^{ns}
Betacaroteno (mcg/100 g)	0,0 ± 0,0 ^a	1510,65 ± 0,0 ^b	3021,31 ± 0,0 ^c	4531,96 ± 0,0 ^d
Vitamina A (UI/100 g)	81,67 ± 11,18 ^a	920,93 ± 11,18 ^b	1760,19 ± 11,18 ^c	2599,45 ± 11,18 ^d

Fonte: Dos autores, 2021.

Nota: Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras indicam diferença estatística significativa ou não significativa (ns) nas linhas, em nível de 5% pelo teste ANOVA.

Quanto ao teor de lipídeos (g/100 g), também não houve diferença significativa entre as formulações dos muffins. A fonte de lipídios está fortemente relacionada com o óleo adicionado às formulações, visto que a farinha de batata-doce é um produto pobre nesse macronutriente (LAFIA *et al.*, 2020), ainda que seja possível verificar sua presença na composição da farinha da batata-doce Beuregard. Segundo Poletto *et al.* (2015), nos produtos de panificação a gordura é utilizada para aumentar o volume da massa, mantendo sua consistência e melhorando a qualidade de conservação, ela agrega aroma e sabor, além de evitar o ressecamento do produto final. No seu experimento com bolo de chocolate modificado, o teor de lipídeos foi de 4,74%, valor inferior a todas as formulações deste estudo, que variou entre 6,51% e 6,58%. Segundo os autores, esse valor deve-se ao fato de não ter sido adicionado gordura à mistura da massa, sendo os lipídeos observados oriundos dos demais

ingredientes, como o chocolate e a gema de ovo. Já em estudo com a utilização de 4,64% de óleo de milho na preparação de bolo com 20,46% de farinha de batata-doce Beaugard, obteve-se 7,90% de lipídeos (AZEVEDO *et al.*, 2020).

Os valores proteicos tiveram variação significativa entre os muffins elaborados, sendo a formulação F0 a que possuiu maior valor (6,46 g/100 g), reduzindo gradualmente em F1 (5,77 g/100 g), F2 (5,08 g/100 g) e F3 (4,39 g/100 g). Essa diferença pode ser justificada pela porcentagem de substituição da farinha de trigo pela farinha de batata-doce biofortificada, já que esta apresenta menor teor de proteínas que aquela. Isso é observado ao comparar a formulação padrão (F0), que não teve essa substituição, com a F3, que apresentou o maior percentual de substituição da farinha. Esses resultados assemelham-se aos encontrados no estudo de Dako, Retta e Desse (2016), onde os valores proteicos das preparações de pães com 10%, 15%, 20% e 25% de farinha de batata-doce, foram respectivamente 10,66; 9,94; 9,31 e 8,34 g/100 g. Desse modo, observa-se que quanto maior o teor de farinha de batata-doce, menor é o teor de proteína da preparação. Contudo, a diferença de concentração de proteína pode ser influenciada pelo sistema de manejo da cultura, adubação, o ano, a localidade e a cultivar (BÁRTOVÁ; BÁRTA, 2009).

Quanto aos teores de carboidratos, houve diferença significativa apenas entre as formulações F0 (61,34 g/100 g) e F3 (62,83 g/100 g). Em bolo elaborado com farinha de batata-doce Beaugard foi encontrado o valor de 72,25 g/100 g de carboidratos (CAMARGO, 2018). Já um bolo feito com 100% dessa farinha, apresentou teor de 45,75 g/100 g (RAMOS *et al.*, 2019). Em preparações de biscoitos elaborados com 200 gramas de farinha de batata-doce, foi identificada variação de 70,48; 71,21 e 73,17 g/100 g. Esses valores de carboidratos podem sofrer alterações devido a elevada quantidade de amido presente na batata-doce, sendo a adição da farinha de batata-doce um contribuinte para o aumento do valor nutricional das preparações (LAFIA *et al.*, 2020).

Com base na análise da quantidade de fibra bruta encontrada nos muffins, percebeu-se que o uso da farinha biofortificada nas proporções requeridas para cada formulação levou a um aumento no teor de fibras, proporcional ao teor de farinha de batata-doce Beaugard. Assim, a formulação F3 destacou-se no teor de fibras (1,96 g/100 g), em comparação a F0 (1,21 g/100 g). De forma semelhante, em estudo realizado por Azevedo *et al.* (2020), no qual elaborou-se bolos a partir da farinha de batata-doce Beaugard e da farinha de arroz, utilizando três formulações com percentuais de concentração da farinha biofortificada (10,23%, 15,35% e 20,46%), foi encontrado na última formulação um maior teor de fibras (12,30 g/100 g), quando comparado com as demais. Tal resultado demonstra que o uso da farinha da batata de polpa alaranjada, pode proporcionar um enriquecimento no teor de fibras dietéticas, contribuindo para uma redução no índice glicêmico das receitas que a utilizam, já que essa é uma das propriedades das fibras (SOUSA *et al.*, 2018).

Quanto à composição de cinzas no presente estudo, nota-se que houve um aumento de quase 30% ao comparar a formulação F3 (2,64 g/100 g) com a padrão F0 (2,06 g/100 g). Todas as formulações diferiram estatisticamente entre si, mostrando um aumento gradual, proporcional ao teor de farinha de batata-doce adicionada. Valores semelhantes foram encontrados por Azevedo *et al.* (2020), em seus bolos feitos com farinha biofortificada, apresentando 38% de elevação no teor de cinzas, da formulação que utilizou 10,23% de farinha de batata-doce, até o bolo que utilizou 20,46%. Além disso, ao comparar a formulação 20% (2,25 g/100 g) do presente estudo, com a formulação 20% (2,58 g/100 g) do estudo de Dako, Retta e Desse (2016), que elaborou pães com farinha de batata-doce não biofortificada, foi possível verificar que o teor de cinzas foi bem próximo entre elas.

Os produtos biofortificados apresentam maior conteúdo de micronutrientes, entre eles o ferro, o zinco e a vitamina A (BRIGIDE *et al.*, 2020). A quantidade de ferro variou de 1,4 mg/100 g (F0) a 1,22 mg/100 g (F3), porém não houve diferença significativa entre as formulações. O artigo de revisão de Neela e Fanta (2019) relata um conteúdo de ferro de 0,63 a 15,26 mg em cada 100 g de batata-doce de polpa alaranjada. Isso é importante, visto que o processamento da farinha e a sua utilização na receita de muffins, ainda que de forma parcial, manteve os valores de ferro dentro do intervalo relatado para a composição da batata-doce *in natura*. A fortificação de alimentos com ferro é uma das estratégias utilizadas em países em desenvolvimento, para combater a anemia ferropriva (BRIGIDE *et al.*, 2020).

Os teores de zinco também não diferiram significativamente entre as formulações. Valores de zinco são relatados entre 0,24 e 0,93 mg/100 g de batata-doce de polpa alaranjada (NEELA; FANTA, 2019). Assim, mesmo após o processamento da batata-doce para obtenção da farinha, a composição final dos muffins elaborados apresentou um teor de zinco dentro do intervalo relatado, entre 0,57 mg/100 g (F0) e 0,59 mg/100 g (F3).

Quanto ao betacaroteno, nota-se que na formulação padrão (F0) ele não foi encontrado, porém com o uso de 20% da farinha (F1) já foi possível observar um acréscimo considerável nesse teor (1510,65 mcg/100 g), aumentando em F2 (3021,31 mcg/100 g) e F3 (4531,96 mcg/100 g). Esse composto é um pigmento natural, que confere cor alaranjada aos alimentos, além de ser precursor da vitamina A, ele proporciona benefícios à saúde dos cabelos, da visão e auxilia no metabolismo de gorduras (ROCHA; REED, 2014). Nesse contexto, Nunes *et al.* (2016) puderam perceber a influência do betacaroteno na coloração dos pães de forma elaborados com a batata-doce Beauregard, com utilização de batata-doce em 20%, 40% e 60% da composição, observando um maior percentual de betacaroteno no pão com 60% de batata-doce, que apresentou a cor alaranjada mais intensa que os demais.

Os muffins elaborados apresentaram valores de vitamina A aumentados a cada formulação. Da receita padrão (F0), com 81,67 UI/100 g, passou a um valor de 2599,45 UI/100 g na formulação F3. Essa grande diferença mostra uma característica da composição da batata-doce Beauregard, que é a presença em grande quantidade do precursor dessa vitamina, o betacaroteno. Rangel *et al.* (2011), elaboraram bolos com 40% de concentração da farinha de batata-doce laranja, e destacou que o consumo de 1 fatia desse bolo (60 g) entre crianças de 10 a 13 anos poderia fornecer as necessidades diárias recomendadas de vitamina A (11,2%).

Aspectos Visuais

Através da análise visual dos muffins elaborados (Figura 2), foi observado que a textura ficou um pouco mais granulada, à medida que foi utilizado um maior percentual da farinha de batata-doce Beauregard. Esta farinha tem granulometria maior que a da farinha de trigo, o que justifica esse aspecto. Em relação ao crescimento dos muffins, as alterações não foram muito perceptíveis nas primeiras formulações. Todavia, a formulação F3 teve um crescimento da massa visivelmente menor quando comparada às demais. Essa pode ser uma característica da farinha da batata-doce, que foi utilizada em maior percentual na formulação em questão. Apesar disso, todas as formulações mantiveram a maciez e elasticidade bem semelhantes, a partir de uma análise subjetiva dos autores.

O aspecto visual de maior destaque foi a cor dos muffins desenvolvidos. Foi possível perceber uma alteração bastante explícita, onde as formulações acrescidas da farinha de batata-doce apresentaram coloração alaranjada, em virtude da cor laranja da farinha utilizada. A coloração foi ficando mais intensa a cada aumento do teor de farinha biofortificada, sendo a formulação F3 a que apresentou maior intensidade.

Figura 2 - Aspectos visuais das formulações



Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: F0 (formulação padrão), F1 (formulação de muffins com 20% da farinha de batata-doce Beauregard), F2 (formulação de muffins com 40% da farinha de batata-doce Beauregard), F3 (formulação de muffins com 60% da farinha de batata-doce Beauregard).

Em estudo feito por Nunes *et al.* (2016), foram elaborados pães com três diferentes percentuais de substituição de farinha de trigo pelo purê de batata-doce Beauregard, que foram avaliados sensorialmente e comparados com um pão de forma padrão (sem o purê), onde a formulação com 60% de polpa de batata-doce apresentou cor alaranjada intensa e teve boa aceitação pelos provadores. Com isso, pode-se sugerir que a coloração alaranjada do produto desenvolvido não interfere negativamente na sua aceitação. Isso é importante, já que os benefícios ressaltados na composição química dos muffins só serão obtidos se a formulação for bem aceita em seus aspectos sensoriais.

De acordo com os fatos apresentados, é possível verificar que a adição da farinha de batata-doce Beauregard nas formulações manteve as características visuais apresentadas pelos muffins da receita padrão, possibilitando o desenvolvimento de um novo produto.

Conclusão

A adição da farinha de batata-doce Beauregard, substituindo parcialmente a farinha de trigo, proporcionou melhoria da composição nutricional dos muffins elaborados. Foi possível constatar uma redução do valor calórico total da formulação com maior percentual de substituição, quando comparada à receita padrão. Observou-se, também, um aumento no teor de fibras, cinzas, ferro e zinco. O maior destaque foi em relação ao aumento das quantidades de betacaroteno e vitamina A, proporcionalmente ao teor de acréscimo da farinha de batata-doce. Em relação aos aspectos visuais, quanto maior a adição de farinha biofortificada, mais intensa a coloração alaranjada dos muffins, o que pode contribuir para uma melhor aceitação do produto. Assim, pode-se concluir que essa farinha apresenta um bom potencial de uso como forma de enriquecer nutricionalmente preparações culinárias.

Agradecimentos

Ao Programa Institucional para Excelência na Qualidade do *stricto sensu* – Apoio ao pesquisador – APQ, da Universidade de Pernambuco. Aos fornecedores da batata-doce Beauregard, matéria-prima para a realização da pesquisa.

Referências

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: A.O.A.C., 1995.



AYRES, M. *et al.* **BioEstat**: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Versão 5.0. Belém-PA, Brasil, 2007.

AZEVEDO, A. M. *et al.* Desempenho agrônomo e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 84-90, 2015.

AZEVEDO, N. C. *et al.* Desenvolvimento de formulações de bolo a base de farinha de batata-doce biofortificada. In: CORDEIRO, C. A. M. (org.). **Tecnologia de Alimentos**: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos. São Paulo: Editora científica, p. 153-166, 2020.

BARROS, L. F. T. *et al.* Muffins adicionados de farinha de feijão de diferentes classes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

BÁRTOVÁ, V.; BÁRTA, J. Chemical Composition and nutritional value of protein concentrates isolated from potato (*Solanum tuberosum* L.) fruit juice by precipitation with ethanol or ferric chloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 19, p. 9028-9034, 2009.

BENNEMANN, G. D. *et al.* Desenvolvimento e aceitabilidade de muffins adicionados de farinha de casca de uva das cultivares Ancelotta e Bordô. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 14, n. 2, p. 864-874, 2016.

BRASIL. Resolução de Diretoria Colegiada – RDC ANVISA/MS nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo. Brasília-DF, 26 dez. 2003.

BRIGIDE, P. *et al.* Culturas alimentares biofortificadas. In: ROBERTO, C. D.; TEIXEIRA, L. J. Q.; CARVALHO, R. V. (org.). **Tópicos especiais em ciência e tecnologia de alimentos**. Vitória: EDUFES, 2020. v. 1. p. 206-216.

CAMARGO, V. C. S. **Avaliação *in vivo* de retinol em produtos (farinha e bolo sem glúten) oriundos de batata-doce (*Ipomoea batatas*) cultivar Beauregard biofortificada com carotenoides**. 2018. 173p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, São Paulo, 2018.

CARVALHO, L. M. J. *et al.* Diferenciação de carotenóides totais em cultivares comuns, orgânicas e linhagens de batata doce de polpa laranja. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 25.; Cigr Session 6 International Technical Symposium, 10, 2016, Gramado. **Anais**. Gramado: SBCTA Regional, 2016.

CARVALHO, P. R. N.; COLLINS, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Comparison of provitamin A determination by normal-phase gravity-flow column chromatography and reversed-phase high performance liquid-chromatography. **Chromatographia**, v. 33, p. 133–137, 1992.

DAKO, E.; RETTA, N.; DESSE, G. Effect of blending on selected sweet potato flour with wheat flour on nutritional, anti-nutritional and sensory qualities of bread. **Global Journal of Science Frontier Research**, v. 16, 2016.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.



IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: Tabela de Composição Nutricional dos Alimentos Consumidos no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JAIME, C. E. F. *et al.* Obtenção de farinha de batata-doce biofortificada. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 10958-10979, 2020.

LAFIA, A. T. *et al.* Composição nutricional de biscoitos biofortificados com farinha de batata-doce. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 66846-66861, 2020.

NEELA, S.; FANTA, S. W. Review on nutritional composition of orange-fleshed sweet potato and its role in management of vitamin A deficiency. **Food Science and Nutrition**, v. 7, n. 6, p. 1920–1945, 2019.

NEPA. **TACO – Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4ª ed. Campinas: UNICAMP – NEPA (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação), 2011.

NOLÊTO, D. C. S. *et al.* Caracterização físico-química de batata-doce (*Ipomoea batatas*) comum e biofortificada. Rio Largo: **Revista Ciência Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 59-68, 2015.

NUNES, O. L. G. S. *et al.* Desenvolvimento de pão de forma enriquecido com batata-doce biofortificada. **Higiene Alimentar**, v. 30, n. 258–259, p. 108–113, 2016.

OLIVEIRA, A. M. S. *et al.* Características produtivas de clones de batata-doce cultivados em três períodos de cultivo em São Cristóvão-SE. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 377-382, 2015.

PHILIPPI, S. T. **Tabela de Composição de Alimentos**: Suporte para decisão nutricional. 2 ed. São Paulo: Coronário, 2002.

POLETTI, B. O. *et al.* Avaliação físico-química de bolo de chocolate modificado. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 6, n. 2, p. 77-91, 2015.

RAMOS, J. S. *et al.* Nutritional composition and acceptance of cake elaborated with beauregard potato biofortified with carotenoids. Uberlândia: **Bioscience Journal**, v. 35, n. 3, p. 949-956, 2019.

RANGEL, C. N. *et al.* Investigación Sensory evaluation of cakes prepared with orange-fleshed sweet potato flour (*Ipomoea batatas* L.). **Perspectivas en Nutrición Humana**, v. 13, n. 2, p. 203-211, 2011.

ROCHA, D. S.; REED, E. Pigmentos Naturais em Alimentos e sua Importância para a Saúde. Goiânia: **Revista EVS – Estudos, Vida e Saúde**, v. 41, n. 1, p. 76-85, 2014.

SOARES, J. P. *et al.* Efeito da adição de proteína do soro do leite como substituto do trigo na formulação de bolos sem adição de açúcar. Campinas: **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

SOUSA, L. B. T. *et al.* Biscoitos elaborados com batata-doce de polpa alaranjada: avaliação físico-química, microbiológica e morfológica. **Journal of Applied Pharmaceutical Sciences**, v. 5, n. 3, p. 42-61, 2018.

TERRA, J.; ANTUNES, A. M.; BUENO, M. I. M. S. Um método verde, rápido e simples para determinar o valor energético de farinhas e cereais matinais. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1098–1103, 2010.

USP. **TBCA – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Versão 7.1. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP) - Food Research Center (FoRC), 2020.

VIZZOTTO, M. *et al.* Composição mineral em genótipos de batata-doce de polpas coloridas e adequação de consumo para grupos de risco. Campinas: **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.



12 Capítulo

Avaliação de filme de
álcool polivinílico (PVA)
incorporado de nitrito de
sódio e aplicado em carne
bovina refrigerada

Capítulo 12

Avaliação de filme de álcool polivinílico (PVA) incorporado de nitrito de sódio e aplicado em carne bovina refrigerada

Edivânia Ribeiro Lopes*¹; Rômicy Dermondes Souza¹; Leonardo Vieira Pontes²;
Cristiane Patrícia de Oliveira³

Resumo

Embalagem ativa é aquela que é incorporada com compostos ativos na cadeia polimérica e quando aplicada ao produto interage com o mesmo promovendo alterações desejáveis. Além disto a embalagem ativa é uma alternativa viável para evitar a aplicação direta de aditivos aos produtos. Neste trabalho foram desenvolvidos filmes ativos de álcool polivinílico (PVA) incorporados de nitrito de sódio (0%, 1%, 5% e 10%). Os filmes foram avaliados quanto a espessura, transparência e cor. Foram também aplicados em carne bovina moída para avaliação de aspectos de migração do composto ativo para o produto observando alterações da cor da carne armazenada sob refrigeração ao longo de 7 dias. Os filmes apresentaram as mesmas características de espessura, transparência e cor. As carnes embaladas com os filmes ficaram escuras ao longo do tempo com a cor variando de vermelho para verde. A adição do nitrito nos filmes nas concentrações estudadas não alterou suas propriedades de espessura, transparência e cor. Houve migração de nitrito para a carne, porém em concentrações inadequadas pois as carnes mudaram da cor vermelha para cor esverdeada. São necessárias mais pesquisas quanto a este filme a fim de adequar as concentrações de nitrito para que o mesmo possa ser aplicado em carne moída sem promover alterações indesejáveis.

Palavras-chave: Cor de carnes. Embalagem ativa. Nitrosomioglobina.

¹ Discente do mestrado, Pós Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Itapetinga.

² Professor assistente, Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Itapetinga.

³ Professora titular, Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Itapetinga.

*E-mail para correspondência: edivania-ribeiro@hotmail.com

Introdução

A produção de plásticos para o mercado de carnes é crescente e os principais materiais utilizados na embalagem desses produtos são o polietileno de baixa densidade (LDPE) e o cloreto de polivinila (PVC) que são materiais difíceis de degradar no meio ambiente e geram poluição ambiental (ZHANG *et al.*, 2020). Mesmo quando embaladas adequadamente com esses materiais e resfriadas as carnes podem apresentar algumas características de cor que confundem o consumidor quanto a sua qualidade. Tendo em vista isso, alguns pesquisadores vem fazendo estudos que possam trazer alternativas de novos materiais para a indústria de carnes que não apresentem as inconveniências dos plásticos derivados do petróleo e também que ofereçam soluções tecnológicas que preservem as características das carnes (HILMI *et al.*, 2019).

Dentre as características da carne, a cor é um dos parâmetros mais importantes, pois no momento da compra o consumidor prefere carne com uma cor vermelho brilhante (FEINER, 2016). Quando a carne não apresenta essa coloração é rejeitada uma vez que os consumidores acreditam que ela está em condições inadequados de consumo (XAVIER *et al.*, 2021). As formas químicas responsáveis pela cor da carne são desoximioglobina (vermelho-purpura), oximioglobina (vermelho brilhante), metamioglobina (marrom acastanhado), carboximioglobina (vermelho brilhante) (MANCINI; HUNT, 2005) que são desenvolvidas a depender das transformações da mioglobina. A cor vermelho brilhante é a cor esperada pelos consumidores e algumas tecnologias vem sendo desenvolvidas como alternativas para preservar essa tonalidade das carnes (BOJORGES *et al.*, 2020; JASPAL *et al.*, 2021; LI *et al.*, 2017; SAKOWSKA *et al.*, 2016; SOOD *et al.*, 2020), estes estudos fizeram associações entre embalagens, aditivos, controle de temperatura e uso de gases para o armazenamento das carnes e todos os estudos apresentados tiveram estabilidade da cor e aumento na vermelhidão das carnes.

Uma outra forma química do pigmento das carnes é a nitrosomioglobina (rosa-avermelhada). Essa coloração é formada através da reação do nitrito com a mioglobina (PARTHASARATHY; BRYAN, 2012) e é formada após a adição direta do nitrato ou nitrito nos produtos. O nitrito é um aditivo que desenvolve várias funções na carne (ALAHAKOON *et al.*, 2015) como desenvolvimento da cor e sabor, inibição de crescimento microbiano e oxidação; além de ser mais barato e fácil de usar (JO *et al.*, 2020). A legislação brasileira vigente (BRASIL, 2019) determina o limite máximo de nitrito de 0,015 g /100 g em produtos cárneos. Contudo pode ser usado na carne de forma indireta atingindo as mesmas funções da forma direta (ALAHAKOON *et al.*, 2015), como exemplo de forma indireta tem a embalagem ativa.

A embalagem ativa é produzida através da incorporação de materiais ativos em sua cadeia polimérica de forma que esses possam migrar para o produto (SOARES *et al.*, 2012). Esse tipo de embalagem interage com o produto melhorando suas características sensoriais (cor, sabor) e aumentando a vida útil e segurança (CRUZ *et al.*, 2018). Estudos de embalagens ativas com diferentes matrizes poliméricas e composto ativo estão sendo desenvolvidas para aplicação na área de carnes (CHATKITANAN e HARNKARNSUJARIT, 2021; KHUMKOMGOOLA; SANELUKSANA; HARNKARNSUJARIT, 2020; KONUK TAKMA e KOREL, 2019; PANRONG; KARBOWIAK; HARNKARNSUJARIT, 2019; SANCHES *et al.*, 2021; SONG *et al.*, 2020; TORNUK *et al.*, 2015; XAVIER *et al.*, 2021; WANG *et al.*, 2020) estas embalagens preservaram e/ ou melhoraram a cor da carne.

Uma possibilidade de material para o desenvolvimento de embalagens ativas é utilização de polímeros biodegradáveis, possibilitando assim a diminuição dos impactos ambientais causados pelos plásticos derivados do petróleo (MORALES *et al.*, 2019). O poli (álcool vinílico) (PVA) é um exemplo material que vem sendo utilizado no desenvolvimento de polímero biodegradável (CHIELLINI *et al.*, 2003). O poli (álcool vinílico) (PVA) é um polímero sintético, solúvel em água, não tóxico, biodegradável (KUMARI NISHA; SIVAKUMAR; ACHUTHA, 2021). A característica de biodegradação é devido à presença do grupo hidroxila (HILMI *et al.*, 2019). O PVA tem capacidade de formar ligações de hidrogênio com outros polímeros/ moléculas para fornecer uma mistura estável (KUMARI NISHA; SIVAKUMAR; ACHUTHA, 2021). É utilizado largamente devido sua excelente formação de filme, boas propriedades mecânicas, alta propriedade de barreira a gases (CHEN *et al.*, 2018) e oxigênio, alta resistência à tração, flexibilidade (NOUH *et al.*, 2012), característica de transparência em filmes (CAZÓN; VÁZQUEZ; VELAZQUEZ, 2018).

A fim de desenvolver uma embalagem ativa com características biodegradável para preservação da cor de carnes o objetivo do presente trabalho foi desenvolver e avaliar algumas propriedades de filmes ativos de PVA incorporadas de nitrito de sódio e também aspectos da migração do nitrito da embalagem para carne bovina.

Material e Métodos

Preparação dos filmes

Os filmes foram preparados utilizando a técnica *casting*. A solução filmogênica foi obtida dissolvendo-se 10% de PVA (p/v) em água destilada sob aquecimento e agitação até completa solubilização. Depois, adicionou-se 5% de glicerol e concentrações de 0%, 1%, 5% e 10% de nitrito



de sódio, calculadas em relação a massa de PVA utilizado. Depois da homogeneização foram vertidas em placas de vidro e secas em temperatura ambiente (25 ± 3 ° C).

Caracterização dos filmes

A espessura média dos filmes foi avaliada utilizando um micrômetro digital sendo realizada a mensuração em x pontos diferentes e aleatórios dos filmes e posteriormente calculado a média dos valores obtidos.

A avaliação da transparência dos filmes foi realizada com base na metodologia de Sothornvit *et al.* (2010), com algumas modificações. Os filmes foram cortados em pedaços em seguida avaliados em espectrofotômetro (Modelo PC, Shimadzu, Kyoto, Japão) utilizando o compartimento vazio como referência para as medidas. O parâmetro medido foi a transmitância (% T) em comprimento de onda de 600 nm. A transparência foi calculada através da transmitância percentual a 600 nm dividida pela espessura do filme (mm).

A cor dos filmes foi analisada em colorímetro Color Quest II Hunter Lab com leitura das coordenadas L* (luminosidade), a* (relativa de verde a vermelho) e b* (relativa de amarela a azul) no modo transmitância Iluminante D65, ângulo do observador 10 °.

Aplicação dos filmes na carne

Carne bovina moída foi adquirida em comércio local, em seguida foram pesadas 30 g de carne e embaladas com os filmes de PVC (Padrão); controle PVA (0% nitrito); PVA + 1% nitrito; PVA + 5% nitrito e PVA + 10% nitrito, e analisadas 0, 2, 4 e 7 dias por medidas colorimétricas em colorímetro Color Quest II Hunter Lab com leitura das coordenadas L* (luminosidade), a* (relativa de verde a vermelho) e b* (relativa de amarela a azul) modo refletância Iluminante D65, ângulo do observador 10 °.

Análise estatística

As análises foram realizados em três repetições e duplicata. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) one-way ao nível de significância de 5% para as medidas de espessura e transparência.



Resultados e Discussão

Caracterização dos filmes

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para espessura e transparência dos filmes de PVA contendo diferentes concentrações de nitrito. Os filmes não apresentaram diferença significativa para os valores quanto a estes parâmetros ($p > 0,05$), isso quer dizer que as diferentes concentrações de nitrito não interferiram nas características de espessura e transparência dos filmes.

A espessura encontrada para os filmes foi considerada alta quando se compara com filme comercial de policloreto de vinila (PVC) que varia a espessura de 0,014 e 0,05 mm (MURMU; MISHRA, 2017; SILVA *et al.*, 2012) e o polietileno de baixa densidade com 0,05 e 0,07 mm de espessura (MURMU; MISHRA, 2017). A espessura do filme está diretamente ligado às suas propriedades físicas (ANNU; ALI; AHMED, 2021), um aumento da espessura resultará por exemplo em maior valor de permeabilidade ao vapor d'água (PAVONI *et al.*, 2019).

De acordo com os resultados apresentados pela Tabela 1, os filmes apresentaram boas propriedades de transparência, uma vez que filmes com transparência na faixa encontrada podem ser utilizados como material de embalagem (ANNU; ALI; AHMED, 2021; ARFAT *et al.*, 2014). Pode-se dizer, com base nos valores de transparência, que os filmes não atrapalharão na visualização da carne. Percebe-se que os filmes que apresentaram maior espessura tiveram menor transparência, esse fato foi observado por (ZANELA *et al.*, 2015). Em contraste, Chatkitanan e Harnkarnsujarit (2020) observou que o aumento do conteúdo de nitrito em filmes de amido melhorou a transparência. Uma das potenciais explicações para essa diferença entre os trabalhos seja a matriz polimérica utilizada, amido e PVA.

Tabela 1-Propriedades de espessura e transparência dos filmes de PVA incorporada de nitrito (NO_2^-) nas concentrações de 0%, 1%, 5% e 10%

Filmes	Espessura (mm)	Transparência (% / mm)
PVA/ NO_2^- 0%	0,28 ± 0,01 ^a	6,91 ± 0,14 ^a
PVA/ NO_2^- 1%	0,28 ± 0,04 ^a	7,16 ± 1,15 ^a
PVA/ NO_2^- 5%	0,33 ± 0,05 ^a	5,92 ± 0,80 ^a
PVA/ NO_2^- 10%	0,35 ± 0,01 ^a	5,54 ± 0,10 ^a

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: PVA/ NO_2^- 0%: Filme de PVA com 0% nitrito; PVA/ NO_2^- 1%: Filme de PVA com 1% nitrito; PVA/ NO_2^- 5%: Filme de PVA com 5% nitrito; PVA/ NO_2^- 10%: Filme de PVA com 10% nitrito.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparação entre tratamentos) não diferem significativamente ($p > 0,05$).

A Tabela 2 mostra os resultados da cor dos filmes quanto aos parâmetros L* (Luminosidade), a* (verde-vermelho), b* (azul-amarelo). Os filmes não tiveram diferença significativa ($p > 0,05$), a adição do nitrito em diferentes concentrações não promoveu diferença de cor entre eles.

Tabela 2 - Propriedades de cor (L*, a* e b*) dos filmes de PVA incorporada de nitrito (NO₂⁻) nas concentrações de 0%, 1%, 5% e 10%

Filmes	L*	a*	b*
PVA/ NO ₂ ⁻ 0%	17,85 ± 0,33 ^a	0,33 ± 0,03 ^a	2,52 ± 0,01 ^a
PVA/ NO ₂ ⁻ 1%	18,70 ± 2,50 ^a	-0,05 ± 0,83 ^a	3,43 ± 0,27 ^a
PVA/ NO ₂ ⁻ 5%	16,54 ± 0,59 ^a	0,36 ± 0,17 ^a	2,94 ± 0,69 ^a
PVA/ NO ₂ ⁻ 10%	15,88 ± 1,66 ^a	0,35 ± 0,17 ^a	2,68 ± 0,27 ^a

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: PVA/ NO₂⁻ 0%: Filme de PVA com 0% nitrito; PVA/ NO₂⁻ 1%: Filme de PVA com 1% nitrito; PVA/ NO₂⁻ 5%: Filme de PVA com 5% nitrito; PVA/ NO₂⁻ 10%: Filme de PVA com 10% nitrito.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparação entre tratamentos) não diferem significativamente ($p > 0,05$).

Os filmes de PVA incorporados de nitrito apresentaram baixa luminosidade sendo assim considerados filmes escuros, e avaliando o parâmetro a* apenas o filme contendo 1% de nitrito caracterizou ao verde. No parâmetro b* todos filmes apresentaram tonalidade que caracteriza ao amarelo.

Avaliando estes parâmetros de cor e associando aos dados de transparência, podemos dizer que apresentaram filmes transparentes e com coloração adequada para ser aplicado em alimento, não interferindo na visualização da aparência da carne quando for embalado.

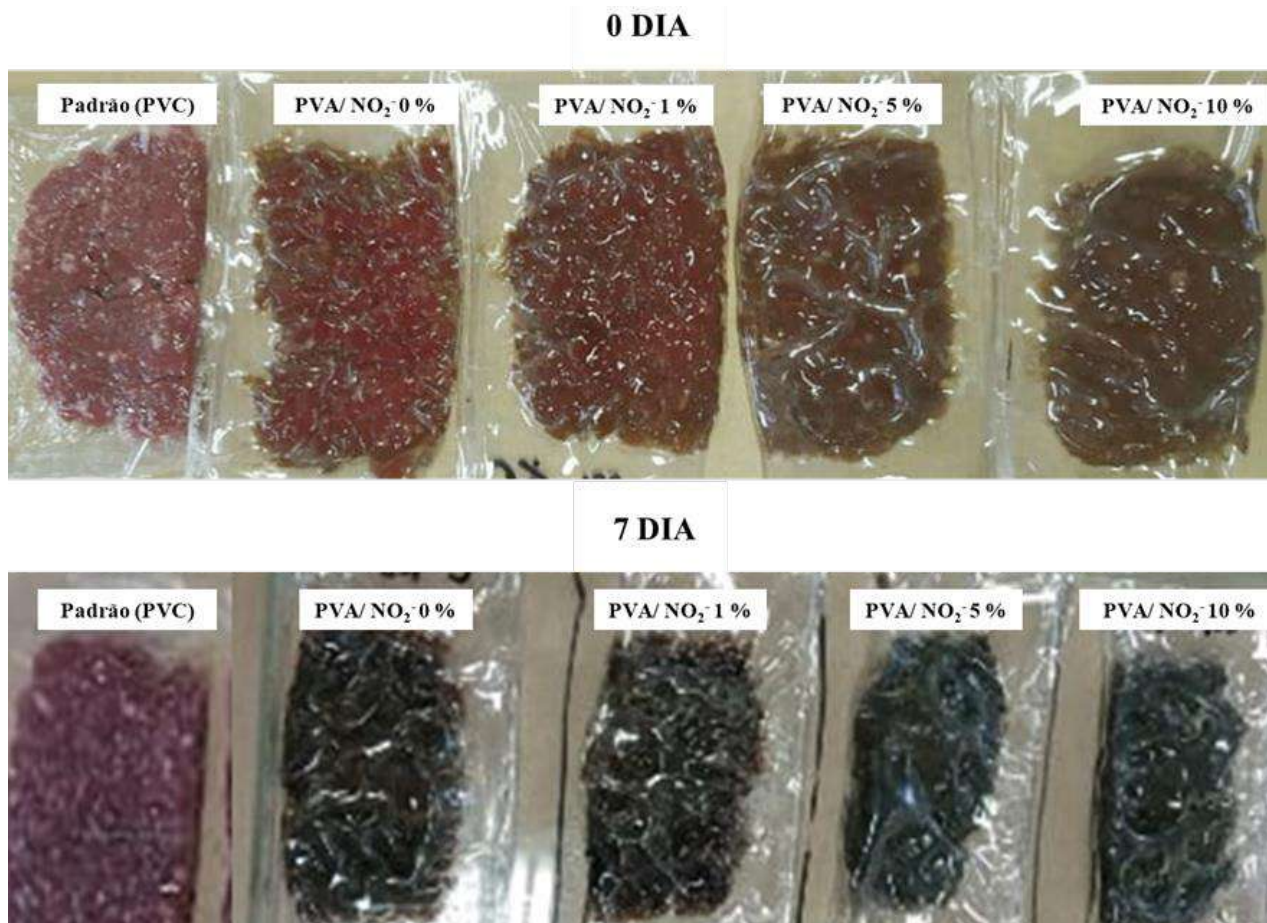
Aplicação dos filmes na carne

A Figura 1 apresenta a cor da carne moída logo após o contato com os filmes e também no sétimo dia de avaliação. Numa análise visual e subjetiva destas imagens pode-se perceber que logo após a aplicação os filmes com alta concentração de nitrito já promoveram alteração de cor das carnes sendo que estes apresentaram cor preta no sétimo dia.

A Figura 2 apresenta as propriedades de cor (L*, a* e b*) da carne moída durante o armazenamento. Durante o armazenamento da carne, à medida que aumentava a concentração de nitrito todos os parâmetros de cor diminuíram. A diminuição de L* indica que as carnes ficaram mais escuras com o tempo e a diminuição dos valores para os parâmetros a* e b* mostram diminuição da vermelhidão (a*) das carnes embaladas com os filmes. No último dia de armazenamento os valores

de a^* estavam negativos indicando coloração verde nas carnes embaladas com o filme ativo. Na carne embalada com o filme padrão (PVC) a intensidade da cor vermelha permaneceu do dia 2 até o dia 7.

Figura 1 - Carne bovina embalada com filmes PVC e PVA nas concentrações de 0%, 1%, 5% e 10% de nitrito de sódio.

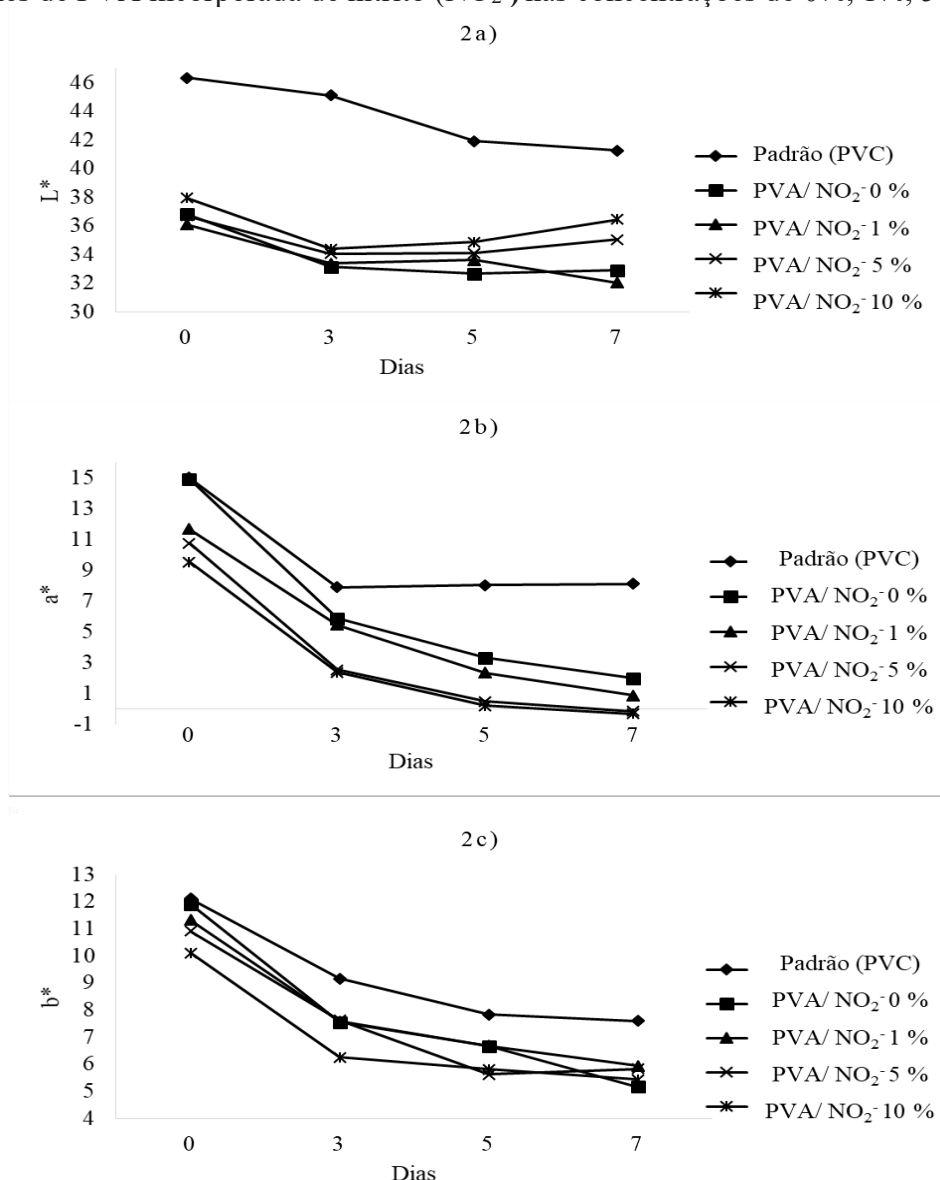


Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: PVA/ NO₂ 0%: Filme de PVA com 0% nitrito; PVA/ NO₂ 1%: Filme de PVA com 1% nitrito; PVA/ NO₂ 5%: Filme de PVA com 5% nitrito; PVA/ NO₂ 10%: Filme de PVA com 10% nitrito.

Os valores baixos de a^* e b^* indicam oxidação do pigmento da carne de vermelho-brilhante (oximioglobina) para verde. O pigmento heme pode passar por transformações que resultam na formação de compostos verdes como a nitrohemin que é causado quando a mioglobina é exposta a um agente oxidante como o nitrito (RAMOS; GOMIDE, 2017). Segundo Gomide, Ramos e Fontes, (2013) além do excesso de nitrito algumas bactérias presentes na carne também levam a formação de coloração esverdeada. Esses foram os prováveis motivos das alterações da cor da carne moída embalada com os filmes ativos de nitrito do estudo.

Figura 2 - Propriedades de cor 2a) L*, 2b) a* e 2c) b* da carne embalada com embalagem Padrão (PVC) e filmes de PVA incorporada de nitrito (NO₂⁻) nas concentrações de 0%, 1%, 5% e 10%



Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: PVA/ NO₂⁻ 0%: Filme de PVA com 0% nitrito; PVA/ NO₂⁻ 1%: Filme de PVA com 1% nitrito; PVA/ NO₂⁻ 5%: Filme de PVA com 5% nitrito; PVA/ NO₂⁻ 10%: Filme de PVA com 10% nitrito.

Chatkitanan e Harnkarnsujarit (2021) desenvolveram filmes de mistura de nitrito (0%; 0,25%; 0,5%; 1% e 2%) com amido termoplástico incorporado e polietileno linear de baixa densidade e embalaram bife de porco. Os resultados mostraram que o filme controle (0% nitrito) apresentou cor de carne clara e os filmes contendo nitrito em todas as concentrações deram uma cor vermelha brilhante à carne durante o armazenamento por 12 dias devido a formação de nitrosomioglobina. A embalagem com 2% de nitrito apresentou maior intensidade vermelha. Chatkitanan e Harnkarnsujarit (2020) desenvolveram filmes a base de amido termoplástico composto com nitrito de sódio (0%; 1% e 5%) e misturado com polietileno linear de baixa densidade e utilizaram em carne de porco embalada

a vácuo. Os resultados mostraram eficiência dos filmes contendo nitrito, pois apresentaram maior intensidade vermelha nos dias três e seis de armazenamento. Concluíram que os filmes sem adição de nitrito não mostraram efeitos na melhora da vermelhidão e os filmes contendo 5% de nitrito melhoraram efetivamente a vermelhidão durante o armazenamento por nove dias. Estes estudos apontam que a concentração do nitrito e o tipo de base polimérica são fatores importantes que interferem na manutenção da cor vermelha da carne. No presente estudo a migração do nitrito da base polimérica para a carne é confirmado a partir da alteração da cor indesejável na carne moída, contudo o nitrito estava em concentrações muito altas nos filmes o que promoveu a oxidação da carne. Testes com concentrações mais baixas de nitrito no filme devem ser realizados para ajuste das características do filme ativo.

Conclusão

A adição do nitrito nos filmes de PVA não afetou suas características de espessura e transparência. Houve a migração do nitrito para a carne, pois as carnes mudaram de cor vermelha para cor esverdeada. São necessárias mais pesquisas para ajustar as características desta embalagem ativa incorporada de nitrito, pois é uma alternativa viável para indústria cárnea evitar o uso direto do nitrito nas carnes.

Agradecimentos

A Fapesb pela bolsa de mestrado concedida.

Referências

ALAHAKOON, A. U. *et al.* Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. **Trends in Food Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 37-49, 2015.

ANNU; ALI, A.; AHMED, S. Heliyon Eco-friendly natural extract loaded antioxidative chitosan / polyvinyl alcohol based active films for food packaging. **Heliyon**, v. 7, 2021.

ARFAT, Y. A. *et al.* Properties and antimicrobial activity of fish protein isolate/fish skin gelatin film containing basil leaf essential oil and zinc oxide nanoparticles. **Food Hydrocolloids**, v. 41, p. 265-273, 2014.

BOJORGES, H. *et al.* Effect of the application of an edible film with turmeric (*Curcuma longa* L.) on the oxidative stability of meat. **Food Science and Nutrition**, v. 8, n. 8, p. 4308-4319, 2020.



BRASIL. RDC nº 272, de 14 de março de 2019. Dispõe sobre os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2019. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/392901>. Acesso em 19 mar. 2021.

CAZÓN, P.; VÁZQUEZ, M.; VELAZQUEZ, G. Composite films of regenerate cellulose with chitosan and polyvinyl alcohol: Evaluation of water adsorption, mechanical and optical properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 117, p. 235-246, 2018.

CHATKITANAN, T.; HARNKARNSUJARIT, N. Development of nitrite compounded starch-based films to improve color and quality of vacuum-packaged pork. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 25, n. February, p. 100521, 2020.

CHATKITANAN, T.; HARNKARNSUJARIT, N. Effects of nitrite incorporated active films on quality of pork. **Meat Science**, v. 172, 108367, 2021.

CHEN, C. W. *et al.* Development of moisture-absorbing and antioxidant active packaging film based on poly(vinyl alcohol) incorporated with green tea extract and its effect on the quality of dried eel. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 1, p. 1-11, 2018.

CHIELLINI, E. *et al.* Biodegradation of poly (vinyl alcohol) based materials. **Progress in Polymer Science (Oxford)**, v. 28, n. 6, p. 963-1014, 2003.

CRUZ, R. M. S. *et al.* New Food Packaging Systems. **Handbook of Food Bioengineering**, p. 63-85, 2018.

FEINER, G. Color in Cured Meat Products and Fresh Meat. **Salami: Practical Science and Processing Technology**, p. 89-101, 2016.

GOMIDE, L. A. DE M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e Qualidade da Carne: Fundamentos**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. p. 181-183.

HILMI, F. F. *et al.* Physico-chemical properties of biodegradable films of polyvinyl alcohol/sago starch for food packaging. **Materials Today: Proceedings**, v. 16, p. 1819-1824, 2019.

JASPAL, M. H. *et al.* Effect of oregano essential oil or lactic acid treatments combined with air and modified atmosphere packaging on the quality and storage properties of chicken breast meat. **LWT - Food Science and Technology**, v. 146, 111459, 2021.

JO, K. *et al.* Nitrite sources for cured meat products. **LWT - Food Science and Technology**, v. 129, n. May, p. 109583, 2020.

KHUMKOMGOOLA, A.; SANELUKSANA, T.; HARNKARNSUJARIT, N. Active meat packaging from thermoplastic cassava starch containing sappan and cinnamon herbal extracts via LLDPE blown-film extrusion. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 26, n. 100557, 2020.

KONUK TAKMA, D.; KOREL, F. Active packaging films as a carrier of black cumin essential oil: Development and effect on quality and shelf-life of chicken breast meat. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 19, p. 210-217, 2019.

KUMARI NISHA, S.; SIVAKUMAR, S.; ACHUTHA, S. Polyvinyl alcohol/methyl orange flexible film as reusable pH indicator. **Materials Today: Proceedings**, p. 3-6, 2021.

LI, X. *et al.* The effect of temperature in the range of -0.8 to 4°C on lamb meat color stability. **Meat Science**, v. 134, n. 1, p. 28-33, 2017.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 100-121, 2005.

MORALES, A. *et al.* UV-vis protective poly(vinyl alcohol)/bio-oil innovative films. **Industrial Crops and Products**, v. 131, p. 281-292, 2019.

MURMU, S. B.; MISHRA, H. N. Engineering evaluation of thickness and type of packaging materials based on the modified atmosphere packaging requirements of guava (Cv. Baruipur). **LWT - Food Science and Technology**, v. 78, p. 273-280, 2017.

NOUH, S. A. *et al.* Thermal, Structural, and Optical Properties of γ -Irradiated Poly(vinyl alcohol)/Poly(ethylene glycol) Thin Film. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 124, p. 654-660, 2012.

PANRONG, T.; KARBOWIAK, T.; HARNKARNSUJARIT, N. Thermoplastic starch and green tea blends with LLDPE films for active packaging of meat and oil-based products. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 21, 100331, 2019.

PARTHASARATHY, D. K.; BRYAN, N. S. Sodium nitrite: The “cure” for nitric oxide insufficiency. **Meat Science**, v. 92, n. 3, p. 274-279, 2012.

PAVONI, J. M. F. *et al.* Avaliação da influência da utilização do ácido láctico na produção de filmes de quitosana. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, p. 813-821, 2019.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. DE M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 2. ed. Viçosa, MG: 2017.

SAKOWSKA, A. *et al.* Carbon monoxide concentration and exposure time effects on the depth of CO penetration and surface color of raw and cooked beef longissimus lumborum steaks. **Meat Science**, v. 121, p. 182-188, 2016.

SANCHES, M. A. R. *et al.* Active packaging with starch, red cabbage extract and sweet whey: Characterization and application in meat. **LWT - Food Science and Technology**, v. 135, n. 110275, 2021.

SILVA, D. F. P. *et al.* Desempenho de filmes comestíveis em comparação ao filme de policloreto de vinila na qualidade pós-colheita de mexericas “poncã”. **Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p. 1770-1773, 2012.

SOARES, N. DE F. F. *et al.* **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2ª edição ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012.



SONG, X. *et al.* Comparison of two antioxidant packaging based on rosemary oleoresin and green tea extract coated on polyethylene terephthalate for extending the shelf life of minced pork meat. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 26, p. 100588, 2020.

SOOD, V. *et al.* Plant extracts effectiveness to extend bison meat shelf life. **Journal of Food Science**, v. 85, n. 4, p. 936-946, 2020.

SOTHORNVIT, R. *et al.* Effect of clay content on the physical and antimicrobial properties of whey protein isolate/organo-clay composite films. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 2, p. 279-284, 2010.

TORNUK, F. *et al.* LLDPE based food packaging incorporated with nanoclays grafted with bioactive compounds to extend shelf life of some meat products. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 540-546, 2015.

WANG, C. *et al.* Biopolymer films based on chitosan/potato protein/linseed oil/ZnO NPs to maintain the storage quality of raw meat. **Food Chemistry**, v. 332, n. January, p. 127375, 2020.

XAVIER, L. O. *et al.* Chitosan packaging functionalized with Cinnamodendron dinisii essential oil loaded zein: A proposal for meat conservation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 169, p. 183-193, 2021.

ZANELA, J. *et al.* mandioca e poli (vinil álcool): efeito da formulação sobre a cor e opacidade Sheets of cassava starch - poly (vinyl alcohol) produced by extrusion : effect of formulation on the color and opacity. **Polímeros**, v. 25, n. 3, p. 326-329, 2015.

ZHANG, Y. *et al.* Preparation and characterization of curdlan/polyvinyl alcohol/ thyme essential oil blending film and its application to chilled meat preservation. **Carbohydrate Polymers**, v. 247, n. April, p. 116670, 2020.



13 Capítulo

Capacidade de formação
e estabilidade da emulsão
do concentrado proteico
extraído da microalga
Scenedesmus obliquus
visando a aplicação em
sistemas alimentares

Capítulo 13

Capacidade de formação e estabilidade da emulsão do concentrado proteico extraído da microalga *Scenedesmus obliquus* visando a aplicação em sistemas alimentares

Monique Ellen Torres da Silva*¹; Rafael Rodrigues Freire²; Kríssia Veloso Silva de Oliveira²; Mithyzi Andrade Leal³; Michael de Oliveira Resende⁴; Jane Sélia dos Reis Coimbra⁵

Resumo

As indústrias, em geral, buscam por diversos compostos bioativos e com propriedades técnicas e funcionais que possuam altas atividades utilizando baixas concentrações. As microalgas têm sido bastante pesquisadas como uma fonte de compostos que podem ser usados nas indústrias farmacêuticas, de alimentos, cosméticos, fertilizantes, ração animal, e na produção de biocombustíveis. A microalga *Scenedesmus obliquus* apresenta alta taxa de crescimento e alta tolerância a variações climáticas, além de apresentar facilidade de serem cultivadas, sendo assim promissoras para a produção sustentável em larga escala de vários biocompostos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade e estabilidade de formação de emulsão das proteínas extraídas da microalga *S. obliquus* em 30 dias de armazenamento em comparação com os isolados proteicos de soja (SPI) e soro de leite (WPI). Para isso, foram preparadas dispersões de concentrado de proteína extraído da microalga *S. obliquus* nas concentrações de 0,1; 0,3 e 0,5% em diferentes pH (2,5; 5,0; 7,0 e 10,0). Análises de diâmetro hidrodinâmico, desestabilização macroscópica, índice de cremeação e de polidispersidade revelaram que uma concentração de 0,5% do concentrado proteico era suficiente para produzir uma emulsão estável ao longo de 30 dias em pH mais distantes do ponto isoelétrico (2,5). As emulsões contendo 0,3 e 0,5% de proteína apresentaram maior estabilidade do que a emulsão preparada com proteína isolada de soja e foram semelhantes a estabilidade em 30 dias do isolado proteico de whey. As emulsões preparadas com 0,1% de proteína foram desestabilizadas ao longo de 30 dias para todos os pH testados. Portanto, as proteínas da microalga *S. obliquus* possuem boa capacidade para formar emulsões estáveis, sendo uma alternativa de agente emulsificante para uso na indústria de alimentos e aplicação em sistemas alimentares, mesmo em baixas concentrações.

Palavras-chave: Alternativa vegana. Dispersão coloidal. Emulsionante. Propriedade técnico-funcional.

¹ Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, MG.

² Graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Viçosa, MG.

³ Mestre em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Viçosa, MG.

⁴ Professor, Departamento de Educação e Tecnologia, Instituto Federal do Sudeste de Minas, Juiz de Fora, MG.

⁵ Professora, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, MG.

* E-mail para correspondência: monique.ellen@ufjf.edu.br



Introdução

Um dos maiores desafios e interesse de pesquisa em alimentos é a busca por novas fontes alimentares e compostos com valor nutricional e produção sustentável. Além disso, as indústrias em geral buscam por diversos compostos bioativos, com propriedades técnico-funcionais que possuem altas atividades utilizando baixas concentrações (EBERT *et al.*, 2019; GROSSMANN *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2020). As microalgas têm sido bastante pesquisadas como uma fonte de compostos que podem ser usados nas indústrias farmacêuticas, de alimentos, cosméticos, fertilizantes, ração animal, e na produção de biocombustíveis (CHEN *et al.*, 2018; KOTHARI *et al.*, 2017). Estes microrganismos têm sido considerados como fonte alternativa e sustentável de proteína, pois possuem facilidade em produzir alta quantidade de compostos em um curto tempo. Isso se dá pela sua alta eficiência de converter energia solar em biomassa, demonstrando altas taxas de crescimento (CHEN *et al.*, 2018; WAGHMARE *et al.*, 2016). Além disso, novas espécies de microalgas podem contribuir para aumentar a oferta de coprodutos de biomassa com alto valor agregado, como proteínas, carboidratos e pigmentos (CHEN *et al.*, 2018; KOTHARI *et al.*, 2017).

Segundo Vaz *et al.* (2016), microalgas são fontes de ingredientes bioativos com grande potencial para serem aplicados em suplementos alimentares funcionais. Este potencial de uso para nutrição humana e aplicações, é devido às funções biológicas das microalgas. Alguns efeitos benéficos para saúde já foram identificados *in vivo*, como efeitos hipoglicemiantes e hipolipemiantes (BIGAGLI *et al.*, 2017; SERBAN *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2020). Assim, a utilização de microalgas como alimentos funcionais promove perspectivas futuras com potencial para o desenvolvimento sustentável (BIGAGLI *et al.*, 2017; RAPOSO; DE MORAIS, 2015; VAZ *et al.*, 2016). As microalgas, em geral, possuem um grande potencial para produção de diversos bioprodutos de alto valor, apenas modificando algum parâmetro no seu cultivo e gerando algum tipo de estresse, o que resulta na produção do composto de interesse (LIANG *et al.*, 2018). Nos estudos de proteínas de microalgas tem sido observada a alta qualidade destas, com boas propriedades técnico-funcionais, bioativas, nutricionais, e que são, em alguns casos, superiores aos concentrados proteicos convencionais, como soja e soro de leite (AFIFY *et al.*, 2018; GROSSMANN *et al.*, 2019; SCHWENZFEIER *et al.*, 2013).

A microalga *Scenedesmus obliquus* apresenta alta taxa de crescimento e alta tolerância a variações climáticas, além de apresentar facilidade de serem cultivadas, sendo assim promissoras para a produção sustentável em larga escala de vários biocompostos (AFIFY *et al.*, 2018; CHAN *et al.*, 2013). Silva *et al.* (2020) analisaram a toxicidade dessa espécie de microalga em ratos Wistar e não

foi observada alteração nos órgãos analisados (fígado, baço e rim), sugerindo o uso dessa microalga como alimento potencialmente seguro, mesmo utilizando ingestão de altas concentrações (23,2%). Além disso, o consumo dessa microalga reduziu o teor de triglicerídeos (70%), índice aterogênico (80%) e concentração sérica de glicose (42%), em ratos Wistar, mesmo em uma dieta balanceada (SILVA *et al.*, 2020). Esta espécie possui de 30 a 56% de proteínas (AFIFY *et al.*, 2018; BECKER, 2007), dependendo do cultivo, e é fonte de aminoácidos essenciais (Thr, Val, Met, Ile, Leu, His) e não essenciais (Arg, Ala, Pro, Asp) (AFIFY *et al.*, 2018). Além disso, as proteínas dessa microalga apresentaram atividades (i) *in vitro*, como atividades antioxidantes e antivirais com efeito inibitório contra o vírus Coxsackie B3 e (ii) *in vivo*, como alta digestibilidade, e alta eficiência para o desenvolvimento e crescimento de órgãos e tecidos animais em ratos Wistar, apresentando-se como um potencial candidato a ser utilizado na alimentação humana em diferentes estágios de crescimento (AFIFY *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020).

Em geral, as microalgas são promissoras na produção de diversos compostos para diversas indústrias incluindo a indústria de alimentos. Proteínas de diferentes espécies de microalgas, como *Spirulina platensis*, *Chlorella sorokiniana*, *Chlorella prototecoides*, *Phaeodactylum tricorutum* entre outras, foram testadas quanto à formação de emulsão e apresentaram atividades superiores às proteínas alimentares comuns, como soja e soro de leite (EBERT *et al.*, 2019; GROSSMANN *et al.*, 2019; MENEGOTTO *et al.*, 2019). Existem alguns dados na literatura sobre a microalga *S. obliquus* e suas proteínas (como relatado anteriormente), porém não existem dados sobre as propriedades emulsificantes destas. Mediante isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de formação e estabilidade da emulsão das proteínas extraídas da microalga *S. obliquus*, em 30 dias de armazenamento em comparação com os isolados proteico de soja (SPI) e soro de leite (WPI).

Material e Métodos

A microalga *Scenedesmus obliquus* foi cultivada no laboratório de Biocombustíveis no Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. A microalga foi cultivada em um tanque (4.000 L de capacidade de cultivo, densidade de 0,5 g/L), com incidência solar e em modo semi-descontínuo, em meio rico em cloreto de potássio (173,9 mg/L) e ureia (180 mg/L). A curva de crescimento da microalga foi determinada por densidade óptica usando a absorbância (espectrofotômetro Thermo Scientific, Multiskan GO, Alemanha) a 750 nm. As células foram lavadas com água destilada e concentradas para teor de sólidos entre 13 a 15% (m/m) utilizando centrifuga (3400 g, 5 min.). A seguir, a biomassa foi congelada, seca em liofilizador

e armazenada sob refrigeração em recipientes esterilizados. Após, a biomassa da microalga *Scenedemus obliquus* foi caracterizada quanto a sua composição centesimal, com quantificação de umidade (AOAC 925,09, 2005), proteína (AOAC 920,87, 2005), lipídeos (AOAC 920,85, 2005), cinzas (AOAC 923,03, 2005), e carboidratos por diferença [Carboidratos% = 100 – (Proteína + umidade + lipídeos + cinzas)] (AOAC, 2005).

Obtenção de proteínas da microalga Scenedesmus obliquus

Os extratos proteicos de *S. obliquus* foram obtidos após rompimentos das células e extração em pH 10,0. As células da microalga foram rompidas em um ultrassom de ponta (Sonics, VCX 750, EUA), utilizando suspensão com 10% de sólidos, frequência de 20 kHz, amplitude de 90%, por 5 min e sob banho de gelo para evitar o superaquecimento do sistema. Após, a suspensão das células foi centrifugada a 7000 g, 10 min, 25 °C para separar proteína solúvel e fração insolúvel. A fim de obter maior rendimento de proteína, a biomassa residual (pellet) foi ressuspensa em água deionizada, o pH foi ajustado para 10, e deixada em agitação por 1 h, e novamente centrifugada. Os sobrenadantes com proteínas solúveis foram unidos e o pH foi ajustado para 2,5 (ponto isoelétrico) para precipitação das mesmas. Em seguida, foram realizadas duas lavagens com acetona para extração de pigmentos e concentração de proteínas. Após isso, foram realizadas mais duas lavagens com água em pH 2,5. As proteínas precipitadas foram centrifugadas, congeladas e liofilizadas. Após a liofilização, as proteínas foram maceradas em almofariz e pistilo, a fim de obter um material uniforme e homogêneo. As proteínas foram caracterizadas quanto a sua composição centesimal, com quantificação de umidade (AOAC 925,09, 2005), cinzas (AOAC 923,03, 2005), lipídeos (AOAC 920,85, 2005), proteína (AOAC 920,87, 2005) e carboidratos por diferença [Carboidratos% = 100 – (Proteína + umidade + lipídeos + cinzas)] (AOAC, 2005).

Influência da concentração da proteína e do pH sobre a formação da emulsão

Foram preparadas dispersões de proteína da microalga nas concentrações de 0,1; 0,3 e 0,5% (m/m) de concentrado proteico em água e deixadas durante a noite em agitação. Os valores do pH das dispersões foram ajustados para 2,5, 5,0, 7,0 e 10,0 antes da formação da emulsão, e foi adicionado 5% (m/m) de óleo de girassol em massa, padronizado para todas as emulsões. Os valores diferentes de pH foram testados de modo a verificar qual melhor condição de formação de emulsão, bem como em qual condição essa emulsão não era formada ou facilmente desestabilizada. Para estabelecer uma

concentração ótima de proteína para produzir emulsões estáveis, as proteínas foram ressuspensas em água destilada para obter as concentrações finais de concentrado proteico (não de proteína total) na emulsão de 0,1 a 0,5% em massa. As emulsões foram preparadas em duas etapas. As emulsões primárias foram preparadas utilizando ultrassom de ponta (Sonics, VCX 750, EUA), 20 kHz, amplitude de 60%, por 2 min (sob banho de gelo) para ocorrer mistura e homogeneização da suspensão proteica com óleo. Antes da segunda etapa da formação da emulsão, os sistemas foram resfriados em banho de gelo, afim de evitar desnaturação das proteínas. As emulsões primárias foram então submetidas a sonicação com ultrassom de ponta (Sonics, VCX 750, EUA), 20 kHz, utilizando amplitude de 85%, por 4 min (sob banho de gelo). Afim de comparar a capacidade de formação e estabilidade da emulsão por proteínas da microalga com outras proteínas referência, foram preparadas emulsões a partir de isolados de proteínas comerciais de soro de leite (WPI) (Growth Supplements, 87% g de proteína/100 g de produto) e Soja (SPI) (Growth Supplements, 86% g de proteína/100 g de produto) na concentração de 0,5% (m/m) e pH 7,0 nas mesmas condições de formação de emulsão aplicadas às proteínas da microalga *S. obliquus*. Foi adicionado azida de sódio (0,02%) em todas as emulsões formadas para inibir qualquer crescimento microbiano. Todas as emulsões foram coradas com vermelho de Sudan III (Sigma).

Avaliação da estabilidade da emulsão ao longo do tempo

As emulsões preparadas tanto para proteína da microalga como SPI e WPI foram acompanhadas ao longo do tempo (0, 1, 5, 12, 15 e 30 dias) e analisadas quanto ao tamanho (diâmetro hidrodinâmico), Índice de polidispersidade (PDI), Índice de cremeação (CI%) e aparência.

Medição de tamanho de partícula

As distribuições de tamanho de partícula de emulsões óleo em água foram determinadas usando a técnica de espalhamento dinâmico de luz (DLS) usando equipamento Zetasizer APS, ângulo de detecção de 90 ° (Malvern Panalytical, Reino Unido). As emulsões foram diluídas 1: 1000 com água deionizada. O princípio de medição é baseado na difusão de partículas que se movem sob movimento browniano e converte essa medida em tamanho e em distribuição de tamanho das partículas utilizando a relação de Stokes-Einstein. Um índice de refração de 1,45 foi utilizado para todas as medições.



Índice de polidispersidade (PDI)

O Índice de Polidispersidade foi calculado usando equipamento Zetasizer Pro (Malvern Panalytical, Reino Unido). O Índice de Polidispersidade é adimensional e redimensionado, de forma que valores menores que 0,05 são vistos apenas com padrões altamente monodispersos. Valores maiores que 0,7 indicam que a amostra possui uma distribuição de tamanho muito ampla e provavelmente não é adequada para a técnica de espalhamento dinâmico de luz (DLS). Os vários algoritmos de distribuição de tamanho trabalham com dados que se enquadram entre esses dois extremos. Os valores variam de 0 a 1,0.

Índice de cremação (CI)

A emulsões foram observadas visualmente quanto a sua desestabilização devido à cremação e foi observado a formação de fases durante 30 dias de armazenamento à temperatura ambiente 25 ± 1 °C. O índice de cremação (CI%) foi quantificado de acordo com a Equação 1.

$$(\%)CI = \frac{V_c}{V_i} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

onde V_i representa o volume inicial da emulsão colocada nos tubos cônicos de centrifugação e V_c é o volume de fase oleosa/creme formado no topo dos tubos medido em diferentes tempos após a preparação da emulsão.

Os resultados do diâmetro médio hidrodinâmico, PDI da distribuição do diâmetro hidrodinâmico e CI (%) de cada concentração de dispersão foram apresentados em função do tempo (0, 1, 5, 12, 15 e 30 dias) de armazenamento.

Análise estatística

Os dados referentes ao tamanho das partículas nos diferentes pH, concentrações e tempo, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguidos pelo teste de médias, Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Os dados foram mostrados em média \pm desvio padrão. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1999) versão 9.2, licenciado pela Universidade Federal de Viçosa.



Resultados e Discussão

Composição do concentrado proteico da microalga Scenedesmus obliquus

Antes da elaboração das emulsões a partir das proteínas da microalga *S. obliquus*, o concentrado proteico obtido foi caracterizado quanto a sua composição centesimal. Os valores estão apresentados na Tabela 1. O concentrado proteico apresentou $63,14 \pm 0,3\%$ de proteína e aproximadamente 30% de carboidratos. Essa concentração de proteína varia entre as diversas espécies de microalgas e de acordo com a extração de proteínas. Esses valores estão consistentes com outros trabalhos para diferentes tipos de microalga, em que os extratos e concentrados proteicos consistiam principalmente de proteínas e carboidratos, variando apenas o conteúdo destas (EBERT *et al.*, 2019; GROSSMANN *et al.*, 2018; GROSSMANN *et al.*, 2019; MENEGOTTO *et al.*, 2019; SCHWENZFEIER; WIERENGA; GRUPPEN, 2011).

Para verificar a capacidade das proteínas da microalga *S. obliquus* em formar emulsão, bem como o quão estáveis eram estas, emulsões foram produzidas em diferentes valores de pH e em diferentes concentrações. Uma emulsão estável está diretamente relacionada a um bom emulsificante, na concentração ideal, na interface do sistema óleo-água. O objetivo de testar diferentes valores de pH e concentrações foi encontrar qual a melhor condição para formação da emulsão, bem como a pior condição. Assim como é de grande interesse para a indústria de alimentos uma emulsão estável, para indústria de petróleo e biocombustíveis, por exemplo, isso pode estar relacionado com problemas e prejuízos.

Tabela 1 - Composição do concentrado proteico extraído da microalga *Scenedesmus obliquus*

Componentes	Conteúdo (%)
Proteína (Fator = 5,8)	$63,14 \pm 0,3$
Cinzas	$1,98 \pm 0,2$
Lipídeos	$0,60 \pm 0,1$
Umidade	$4,30 \pm 0,3$
Carboidratos	$29,98 \pm 0,2$

Fonte: Dos autores, 2021.

Emulsões foram formadas utilizando concentração de 0,1, 0,3 e 0,5% de concentrado proteico da microalga *S. obliquus*, para estabilizar 5% de óleo de girassol em sistema de emulsão O/A. Vale ressaltar que as concentrações testadas estão relacionadas com o concentrado proteico (incluindo

carboidratos e os outros componentes) e não concentração de proteína puramente, portanto as concentrações testadas de 0,1; 0,3 e 0,5% forneciam respectivamente 0,06; 0,19 e 0,32% de proteínas em massa. Enquanto isso, as emulsões das proteínas de soja e soro de leite, forneciam, cada uma, 0,44% de proteínas em massa. As emulsões formadas foram analisadas nos tempos 0, 1, 5, 12, 15 e 30 dias após a formação da emulsão. Para a determinação da concentração ideal de proteínas, alguns critérios foram analisados: (i) uma concentração mínima de proteína suficiente para que o diâmetro hidrodinâmico (Dh) das gotículas não seja maior do que 1 μm ; (ii) um diâmetro hidrodinâmico suficientemente pequeno para impedir que as emulsões O/A desestabilizem por separação gravitacional (baixa% CI); (iii) nenhum aumento significativo ($p > 0,05$) do tamanho hidrodinâmico ao longo dos 30 dias de armazenamento, (iv) PDI relativamente pequeno ($< 0,3$) ao longo do armazenamento, mostrando distribuição de tamanho de partícula mais uniforme, e (v) aparência estável da emulsão ao longo dos 30 dias de armazenamento.

Para a concentração 0,1% de proteína, o pH 2,5 (ponto isoelétrico) apresentou desestabilização imediatamente após a homogeneização (dia 0), com diâmetro médio hidrodinâmico (Dh) maior do que 1 μm , com aumento significativo ($p < 0,05$) ao longo dos 30 dias de armazenamento. Além disso, o pH 2,5 apresentou diferença significativa dos demais valores de pH em todos os tempos analisados. O pH 5,0 apresentou semelhança com o pH 7,0 e 10,0 somente no dia 1, apresentando diferença significativa quanto ao tamanho hidrodinâmico médio em todos os demais tempos analisados (Figura 1) e um diâmetro final maior que 1 μm após 30 dias. Os valores de pH 7,0 e 10,0 apresentaram Dh estatisticamente semelhante ao longo do armazenamento, e menores valores comparados aos valores de pH 2,5 e 5,0. A maior desestabilização da emulsão próximo ao ponto isoelétrico pode ser comumente atribuída a uma diminuição na repulsão eletrostática entre a proteína e a interface, e aumento das forças atrativas (interações eletrostáticas, hidrofóbicas e de van der Waals) entre as partículas de proteína, nestas condições ocorre a auto associação dos componentes proteicos adsorvidos e não-adsorvidos (ALLEN; DICKINSON; MURRAY, 2006; DAVIS; FOEGEDING; HANSEN, 2004) o que pode alterar as suas propriedades estabilizantes em uma emulsão.

O índice de polidispersidade (PDI) demonstra sobre o grau de homogeneidade de uma amostra. Quanto menor o seu valor, maior será a homogeneidade do diâmetro de partículas no sistema e vice-versa (LIU; WU, 2010). Para a concentração 0,1%, os valores de PDI variaram bastante em relação ao tempo e ao pH, apresentando valores bem elevados e bastante variados ao longo do armazenamento (Figura 1B) demonstrando uma distribuição de tamanho de partícula bimodal, o que indica uma desestabilização de gotículas possivelmente por meio de um mecanismo de depleção ou

como resultado de proteínas não acopladas (GROSSMAN *et al.*, 2019). Além disso, os valores de % CI que demonstram a separação de fases a partir da desestabilização da emulsão, foram altas para a concentração 0,1% em geral, principalmente para pH 2,5 (Figura 1C).

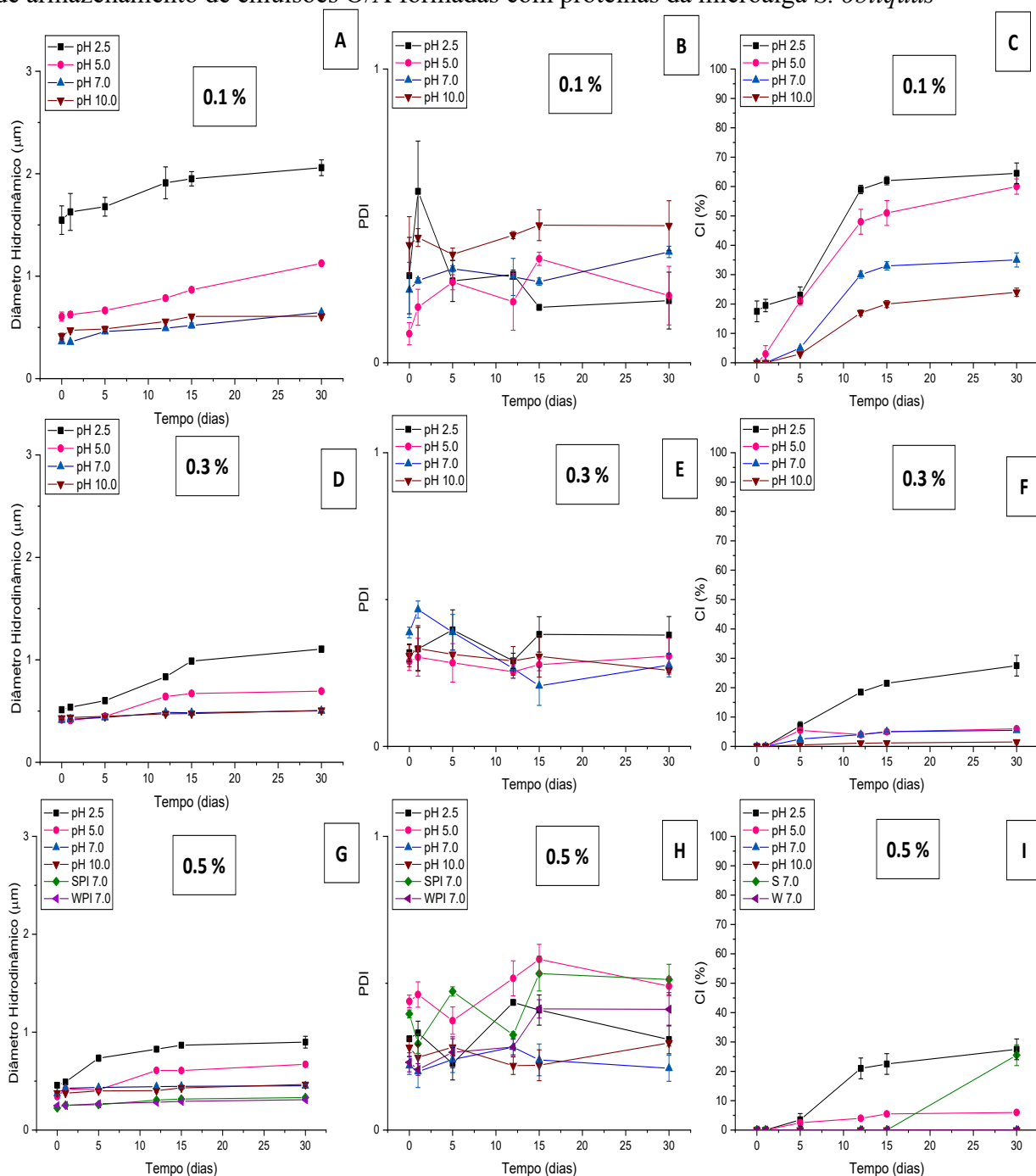
Para a concentração 0,3 e 0,5%, os valores de diâmetro hidrodinâmico não ultrapassaram 0,5 μm ao longo dos 30 dias de armazenamento, em valores de pH 7,0 e 10,0 (Figura 1). Enquanto para valores de pH 2,5 e 5,0 os valores de Dh chegaram a $1,10 \pm 0,02$ e $0,69 \pm 0,02$ μm , respectivamente para concentração 0,3% (Figura 1D) e $0,89 \pm 0,06$, e $0,67 \pm 0,02$ μm respectivamente para a concentração 0,5% (Figura 1G). Para a concentração 0,3%, apesar de apresentar valores baixos de Dh, estes variaram significativamente ao longo do armazenamento, e o PDI apresentou valores maiores do que 0,3 mesmo nos valores de pH 7,0 e 10,0 (Figura 1E). Os valores de % CI encontrados foram de 27,5% para pH 2,5, de 6% para pH 5,0 e de 5,5 e 1,5% para valores de pH 7,0 e 10,0, respectivamente, no final de 30 dias de armazenamento (Figura 1F). Dessa forma, verifica-se que a concentração 0,3% de proteínas foi capaz de manter a estabilidade maior do que utilizando uma concentração 0,1%.

Para a concentração 0,5%, o Dh não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em valores de pH 7,0 e 10,0, e variou em média de 0,42 a 0,45 ao longo dos 30 dias de armazenamento para pH 7,0 e de 0,38 a 0,46 para pH 10,0. Os valores de Dh no final do armazenamento não apresentaram diferença significativa entre os valores de pH 10,0 e 7,0. Além disso, o PDI não apresentou valores acima de 0,3 ao longo do armazenamento para o pH 7. Os valores de % CI para a concentração de 0,5% de proteína, foram os menores encontrados em relação as demais concentrações testadas (Figura 1I), para os valores de pH 7,0 e 10,0. Além disso, a % CI se comportou semelhante a proteína WPI e melhor que a SPI. As emulsões formadas com as proteínas da microalga e WPI a 0,5% não apresentaram desestabilização ao final de 30 dias de armazenamento, enquanto a SPI apresentou valor de $25,5 \pm 3,5$ % de CI, demonstrando separação de fase, o que é consequente de desestabilização irreversível.

As emulsões formadas a partir das proteínas da microalga *S. obliquus* em comparação com as proteínas SPI e WPI, podem ser melhor visualizadas na Figura 2. Pode-se visualizar que no dia 0, com exceção da 0,1% pH 2,5, todas as demais apresentaram uma emulsão macroscopicamente estável. No dia 15 de armazenamento, as emulsões com concentração de 0,1% estavam visivelmente desestabilizadas, sendo o pH 2,5 totalmente desestabilizada com separação de fases. No dia 30 de armazenamento, algumas emulsões formadas com as concentrações 0,3 e 0,5% começaram a desestabilizar nos valores de pH 2,5 e 5,0. As emulsões em valores de pH 7,0 e 10,0 na concentração 0,5% estavam visivelmente semelhantes a emulsão formada com a WPI, enquanto a emulsão formada

com a proteína de soja estava visivelmente desestabilizada, demonstrando dessa forma que a proteína de microalga apresenta melhor capacidade de formação de emulsão O/A e maior estabilidade da mesma do que a proteína de soja.

Figura 1 - Valores de diâmetro hidrodinâmico, Índice de polidispersidade e % CI ao longo de 30 dias de armazenamento de emulsões O/A formadas com proteínas da microalga *S. obliquus*



Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: Valores de diâmetro hidrodinâmico - A, D, G; Índice de polidispersidade - B, E, H; % CI - C, F, I.

A, B, C - para a concentração de 0,1% de proteína da microalga; D, E, F - 0,3% de proteína da microalga em diferentes pH; G, H, I - 0,5% de proteínas da microalga em diferentes valores de pH em comparação com proteína de soja (SPI) e soro de leite (WPI) em pH 7,0.

O grande interesse da indústria de alimentos em proteínas com boa capacidade de formação de emulsão se deve capacidade das proteínas em formar um filme altamente viscoelástico na interface, podendo resistir a choques mecânicos durante o processamento dos alimentos, armazenamento e sua distribuição até o consumidor. Dessa forma, as proteínas que estabilizam emulsões são mais estáveis que emulsões formadas com emulsificantes convencionais, de baixo peso molecular. Portanto, a capacidade das proteínas da microalga *Scenedesmus obliquus* em formar emulsões com elevada estabilidade, mesmo em baixas concentrações (0,3 e 0,5%), podem permitir a formulação de alimentos emulsionados estáveis.

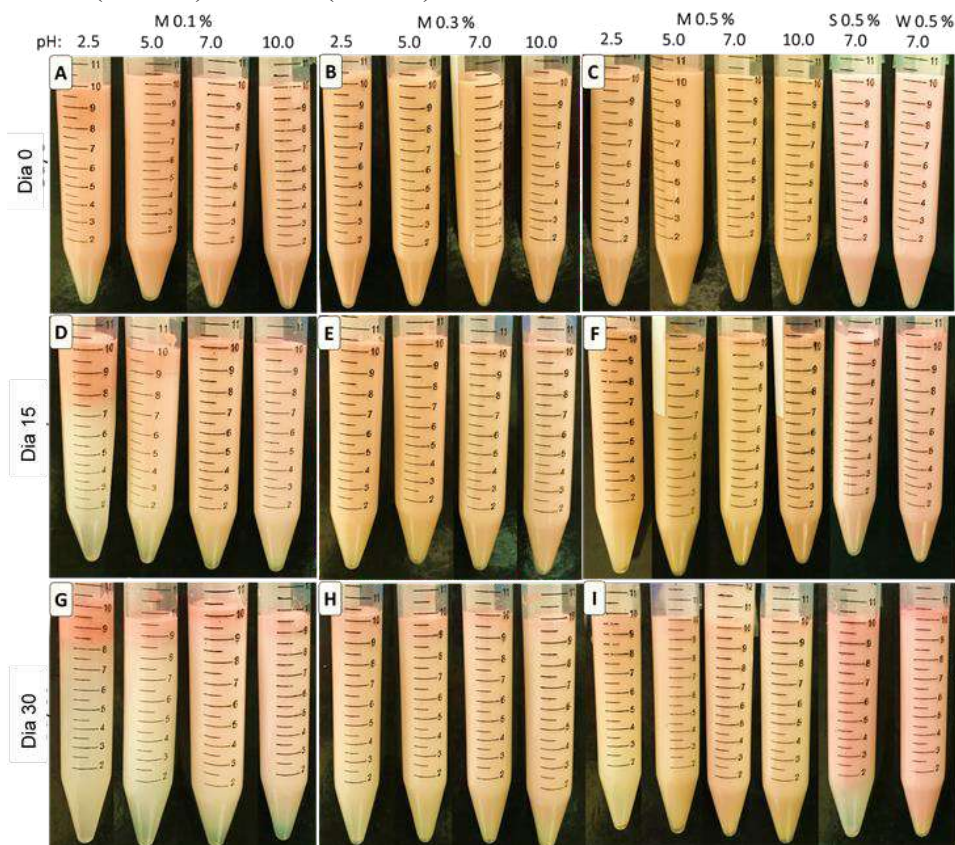
O pH apresentou efeito significativo quanto a formação e estabilidade da emulsão para as proteínas da microalga *Scenedesmus obliquus*. Dessa forma, observa-se que com o aumento do pH, houve aumento na propriedade técnico funcional quanto a formação de emulsão. Esse efeito se dá pela solubilidade e desdobraimento da proteína à medida que o pH se afasta do ponto isoelétrico. Essa capacidade das proteínas da microalga em pH mais alto (acima do pI) se dá pelo aumento de carga líquida e das forças repulsivas que conseqüentemente fazem com que as proteínas possam absorver mais água e as maximizem as interações proteína-água (DAMODARAN, 2004; MENEGOTTO *et al.*, 2019). Além disso, quando a interface é altamente carregada, a estabilidade da solução é aprimorada devido à repulsão eletrostática entre as gotículas (GUZEY; MCCLEMENTS, 2006).

A partir dos resultados em geral, Dh, PDI, % CI e imagens, é possível verificar que a concentração e o pH possuem efeitos significativos quanto a capacidade e estabilidade da emulsão a partir da proteína da microalga *S. obliquus*. A concentração de 0,1% apresentou menor capacidade de formação de emulsão em relação às demais concentrações testadas. O pH de ponto isoelétrico e quanto mais próximo a ele, apresentaram emulsões mais instáveis ao longo dos 30 dias de armazenamento, isso pode ter ocorrido devido a agregação entre moléculas da proteína. Além disso, verificou-se que a emulsão da proteína da microalga apresentou maior estabilidade do que a proteína de soja testada, mesmo possuindo menor teor de proteína.

Schwenzfeier *et al.* (2013) avaliaram emulsões formadas a partir de concentrado proteico (64%) da microalga *Tetraselmis* sp. em diferentes concentrações e verificaram que a concentração de 0,6% em massa produzia uma emulsão estável em pH mais distante do ponto isoelétrico. Estes autores relatam que o concentrado proteico, que possui menor teor de proteína que WPI, possui uma fração de polissacarídeos que contribuiu significativamente para a estabilização da emulsão por co-adsorção na superfície da gota. Menegotto *et al.* (2019), verificaram que em pH mais distantes do pI as propriedades emulsificantes das proteínas de *Spirulina platensis* foram maiores e melhores. Alguns pesquisadores relatam que as proteínas alimentares, em pH igual ao pI, são pouco solúveis e

hidratadas sendo desprovidas de forças repulsivas e eletrostáticas formando assim, emulsões inadequadas (DAMODARAN, 2004; YUCETEPE; SAROGLU; OZÇELIK, 2019).

Figura 2 - Aparência visual das emulsões O/A formadas com proteínas da microalga *S. obliquus* no dia 0 (A, B, C), dia 15 (D, E, F) e dia 30 (G, H, I) de armazenamento



Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: A, D, G - para a concentração de 0,1% de proteína da microalga; B, E, H - 0,3% de proteína da microalga em diferentes pH; C, F, I - 0,5% de proteínas da microalga em diferentes valores de pH em comparação com proteína de soja (S) e soro de leite (W) em pH 7,0.

Xi *et al.* (2020) analisaram a capacidade de conjugado entre carboidrato e WPI em formar emulsão, e verificaram que em pH acima do ponto isoelétrico o grau de glicosilação aumenta e a estrutura da WPI se estende, dando ao conjugado maiores áreas de superfície, expondo mais locais de ligação de contato com as gotas de óleo, possuindo assim um estado mais estável da interface óleo-água. Além disso, verificaram que o pH afetou a estrutura e as propriedades emulsificantes dos conjugados WPI-carboidrato, explicando que o pH possui efeito sobre as estruturas secundária e terciária da WPI, sendo as propriedades emulsificantes melhores para os conjugados formados em ambientes alcalinos.

Grossman *et al.* (2019) analisaram a formação de emulsão a partir de proteínas da microalga *Chlorella protothecoides* e verificaram que 1,7% de proteína em massa produziram aumento

significativo no diâmetro das gotículas ($\geq 1 \mu\text{m}$) em 7 dias de armazenamento, a concentração de 3,3% produziu uma distribuição de tamanho de partícula bimodal e a concentração de 2,5% apresentou emulsão estável com tamanho médio de 0,88 a 1,2 μm . Estes autores utilizaram concentração de proteína de microalga acima dos utilizados no presente trabalho e encontraram também tamanho de gotículas maiores.

De um modo geral, as variações encontradas na capacidade e estabilidade de formação de emulsão de proteínas diferentes, está diretamente ligada à natureza particular de cada extrato, por conta que a composição de cada extrato, concentrado e isolado proteico varia de proteína para proteína, bem como da matéria prima extraída. Além disso, as propriedades técnico-funcionais das proteínas podem ser melhoradas a partir do tratamento ultrassônico, devido ao efeito de homogeneização que favorece a dispersão uniforme das partículas de gordura e das proteínas (AHMADI; RAZAVI; VARIDI, 2017; GROSSMAN *et al.*, 2019; JAMBRAK *et al.*, 2008).

Conclusão

As proteínas da microalga *Scenedesmus obliquus* apresentaram alta capacidade de formação e estabilidade da emulsão, mesmo utilizando baixas concentrações (0,3 e 0,5% m/m). Emulsões formadas com 0,5% de proteína da microalga *S. obliquus* em pH 7,0 e 10,0 apresentaram estabilidade ao longo de 30 dias de armazenamento. Portanto, as proteínas da microalga *S. obliquus* possuem boa capacidade para formar emulsões estáveis, sendo assim, uma alternativa vegana e sustentável de agente emulsificante para uso na indústria de alimentos e aplicação em sistemas alimentares.

Referências

- AFIFY, A. E. M. M. R. *et al.* *Scenedesmus obliquus*: Antioxidant and antiviral activity of proteins hydrolyzed by three enzymes. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, 2018.
- AHMADI, Z.; RAZAVI, S. M. A.; VARIDI, M. Sequential ultrasound and transglutaminase treatments improve functional, rheological, and textural properties of whey protein concentrate. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 43, p. 207-215, 1 out. 2017.
- ALLEN, K. E.; DICKINSON, E.; MURRAY, B. Acidified sodium caseinate emulsion foams containing liquid fat: A comparison with whipped cream. **LWT - Food Science and Technology**, v. 39, n. 3, p. 225-234, 1 abr. 2006.
- AOAC. **AOAC Association Official Methods of Analysis**, Off. Agric. Chem. Washington, D.C. 18th (2005).



- BECKER, E. W. **Micro-algae as a source of protein**. v. 25, p. 207-210, 2007.
- BIGAGLI, E. *et al.* Safety evaluations and lipid-lowering activity of an *Arthrospira platensis* enriched diet: A 1-month study in rats. **Food Research International**, v. 102, n. May, p. 380-386, 2017.
- CHAN, M. *et al.* Characterization, extraction and purification of lutein produced by an indigenous microalga *Scenedesmus obliquus* CNW-N. **Biochemical Engineering Journal**, v. 78, p. 24-31, 2013.
- CHEN, J. *et al.* The potential of microalgae in biodiesel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 90, n. April, p. 336-346, 2018.
- DAMODARAN, S. Adsorbed layers formed from mixtures of proteins. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 9, n. 5, p. 328-339, 1 dez. 2004.
- DAVIS, J. P.; FOEGEDING, E. A.; HANSEN, F. K. Electrostatic effects on the yield stress of whey protein isolate foams. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 34, n. 1, p. 13-23, 1 mar. 2004.
- EBERT, S. *et al.* Emulsifying properties of water-soluble proteins extracted from the microalgae: *Chlorella sorokiniana* and *Phaeodactylum tricornutum*. **Food and Function**, v. 10, n. 2, p. 754-764, 2019.
- GROSSMANN, L. *et al.* Effect of precipitation, lyophilization, and organic solvent extraction on preparation of protein-rich powders from the microalgae *Chlorella protothecoides*. **Algal Research**, v. 29, n. November 2017, p. 266-276, 2018.
- GROSSMANN, L. *et al.* Formation and Stability of Emulsions Prepared with a Water-Soluble Extract from the Microalga *Chlorella protothecoides*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 23, p. 6551-6558, 2019.
- GUZEY, D.; MCCLEMENTS, D. J. Formation, stability and properties of multilayer emulsions for application in the food industry. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 128-130, p. 227-248, 21 dez. 2006.
- JAMBRAK, A. R. *et al.* Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. **Journal of Food Engineering**, v. 86, n. 2, p. 281-287, 1 maio 2008.
- KOTHARI, R. *et al.* Microalgal cultivation for value-added products: a critical enviro-economical assessment. **3 Biotech**, v. 7, n. 4, 2017.
- LIANG, M.-H. *et al.* High-value bioproducts from microalgae: Strategies and progress. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 8398, p. 1-19, 2018.
- LIU, C.-H.; WU, C.-T. Optimization of nanostructured lipid carriers for lutein delivery. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 353, n. 2-3, p. 149-156, 15 jan. 2010.
- MENEGOTTO, A. L. L. *et al.* Investigation of techno-functional and physicochemical properties of *Spirulina platensis* protein concentrate for food enrichment. **LWT**, v. 114, p. 108267, 1 nov. 2019.

RAPOSO, M. F. D. J.; DE MORAIS, A. M. M. B. Microalgae for the prevention of cardiovascular disease and stroke. **Life Sciences**, v. 125, p. 32-41, 2015.

SCHWENZFEIER, A. *et al.* Food Hydrocolloids Emulsion properties of algae soluble protein isolate from *Tetraselmis* sp. **Food hydrocolloids**, v. 30, n. 1, p. 258-263, 2013.

SCHWENZFEIER, A.; WIERENGA, P. A.; GRUPPEN, H. Isolation and characterization of soluble protein from the green microalgae *Tetraselmis* sp. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 19, p. 9121-9127, 2011.

SERBAN, M. C. *et al.* A systematic review and meta-analysis of the impact of *Spirulina* supplementation on plasma lipid concentrations. **Clinical Nutrition**, v. 35, n. 4, p. 842-851, 2016.

SILVA, M. E. T. DA *et al.* Food safety, hypolipidemic and hypoglycemic activities, and *in vivo* protein quality of microalga *Scenedesmus obliquus* in Wistar rats. **Journal of Functional Foods**, v. 65, p. 103711, 1 fev. 2020.

VAZ, B. S. *et al.* Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. **Current Opinion in Food Science**, v. 7, p. 73-77, 2016.

WAGHMARE, A. G. *et al.* Concentration and characterization of microalgae proteins from *Chlorella pyrenoidosa*. **Bioresources and Bioprocessing**, 2016.

XI, C. *et al.* Effects of pH and different sugars on the structures and emulsification properties of whey protein isolate-sugar conjugates. **Food Bioscience**, v. 33, p. 100507, 1 fev. 2020.

YUCETEPE, A.; SAROGLU, O.; OZÇELIK, B. Response surface optimization of ultrasound-assisted protein extraction from *Spirulina platensis*: investigation of the effect of extraction conditions on techno-functional properties of protein concentrates. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 7, p. 3282-3292, 2019.



14 Capítulo

Discriminação de empanados comerciais através da análise multivariada e análise de seus ingredientes

Capítulo 14

Discriminação de empanados comerciais através da análise multivariada e análise de seus ingredientes

Ana Cristina Freitas de Oliveira Meira*¹; Eduardo Mendes Ramos²;
Alcinéia de Lemos Souza Ramos²

Resumo

Os empanados são produtos cárneos amplamente consumidos devido a seus atributos sensoriais, custo e praticidade. Este alimento possibilita a utilização de recortes de carnes proveniente das carcaças de animais que, apesar de sua alta qualidade nutricional, são difíceis de comercializar. Os empanados podem ser adicionados de diversos ingredientes gerando produtos com diferentes custos, características nutricionais e sensoriais. Neste contexto, este trabalho objetivou avaliar os ingredientes e as informações nutricionais apresentadas nos rótulos de diferentes empanados comerciais e seus respectivos preços no comércio eletrônico. Para melhor visualização os produtos foram discriminados por uma perspectiva descritiva, aplicando uma análise de componentes principais e análise de agrupamento hierárquico. Com apenas duas componentes principais foi possível explicar 72,20% da variância total dos dados de informações nutricionais presentes nos rótulos destes produtos. Foi observado um agrupamento das amostras em 3 grandes grupos, sendo o grupo I composto por produtos semelhantes quanto ao teor de sódio e preço, o grupo II continha produtos com maiores teor de gorduras totais e valor energético e o grupo III apresentou os demais produtos. Apenas o empanado denominado de P1 não foi agrupado, pois apresentou características muito distintas. Além disso, foi analisada a relação entre os parâmetros nutricionais e os ingredientes empregados na elaboração deste alimento e a importância desses componentes. Com as várias opções de empanados no mercado o consumidor deve avaliar bem os rótulos e consumir o produto conforme sua preferência.

Palavras-chave: Composição. Informações nutricionais. PCA. Rótulos.

¹ Doutoranda em Ciência dos Alimentos, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

² Professor(a), Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras.

*E-mail de correspondência: anacristina.engalimentos@gmail.com



Introdução

Os hábitos alimentares brasileiros têm se transformado ao longo dos anos, a redução de tempo destinado ao preparo dos alimentos é um dos principais fatores que influenciam nessas alterações. Isso tem desencadeado uma tendência de consumo crescente por alimentos de qualidade que sejam rápidos, práticos e convenientes.

Visando atender esta necessidade a indústria cárnea tem ampliado a fabricação de produtos que não demandam ao consumidor preparo ou demandam pouco tempo, como salsicha, salame, mortadela, linguiça, empanado, almôndegas e hambúrguer (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Dentre estes produtos os empanados, especialmente os constituídos de carne de aves, tem ganhado mercado, pois possuem valor agregado, aparência, aroma e sabor muito apreciados (DILL; SILVA; LUVIELMA, 2009).

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de empanados, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o empanado é um produto cárneo industrializado, obtido a partir de carnes de diferentes espécies de animais de açougue, acrescido de ingredientes, moldado ou não, e revestido de cobertura apropriada que o caracterize. Ele pode ser cru, semi-cozido, cozido, semi-frito, frito ou outros. Este regulamento técnico também permite a adição de proteínas de origem vegetal e/ou animal, aditivos intencionais, condimentos, aromas e especiarias, farinhas, féculas e amidos, vegetais, queijos e molhos. Contudo, a adição de proteínas vegetais não pode ultrapassar 4%, o teor mínimo de proteínas deve ser de 10% e o teor máximo de carboidratos totais 30% (BRASIL, 2001).

No mercado brasileiro é possível encontrar empanados não moldados que se tratam de um corte cárneo temperado e empanado, por exemplo, coxinha da asa empanada. No entanto, a ampla maioria dos empanados encontrados em abundância nos supermercados brasileiros são moldados e se enquadram no grupo de produtos cárneos reestruturados.

Os empanados reestruturados podem ser moldados de diferentes formatos, eles podem assumir aspecto similar à de um filé, a de um pedaço de carne ou a uma porção cárnea. Além de sanar uma necessidade dos consumidores, o principal objetivo na elaboração desse tipo de produto é dar saída à cortes de carnes provenientes da retalhação das carcaças, de modo que se pode elaborar produtos de qualidade considerável a partir de porções cárneas que possuem textura deficiente ou são difíceis de comercialização (ORDÓÑEZ, 2005). Além de ser atrativo ao consumidor o empanamento aumenta a vida de prateleira da carne, retarda sua oxidação e protege contra a desidratação e queima pelo frio que pode ser ocasionada durante o seu congelamento (DILL; SILVA; LUVIELMA, 2009).

O processo de elaboração dos produtos cárneos empanados reestruturados implica, fundamentalmente nas operações de redução de tamanho (moagem), mistura, moldagem, empanamento, pré-fritura e congelamento (ORDÓÑEZ, 2005). Já os produtos empanados não reestruturados são apenas empanados, pré-fritos e congelados.

A diversidade de ingredientes que podem ser empregados na elaboração de empanados reestruturados e não reestruturados resultam em produtos com diferentes custos, características sensoriais e nutricionais. Neste contexto, este trabalho objetivou avaliar os ingredientes e as informações nutricionais apresentadas nos rótulos de diferentes empanados comerciais e seus respectivos preços no comércio eletrônico. Para melhor visualização os produtos foram agrupados por uma perspectiva descritiva.

Material e Métodos

Obtenção dos dados

Foram analisadas as informações nutricionais (valor energético, carboidratos, proteínas, gorduras totais e sódio) presentes em uma porção de 100 g de empanado de frango reestruturados, reestruturado diferenciado e não reestruturado. Para estes produtos foram analisadas cinco marcas produtoras de empanados reestruturados (denominadas de 1, 2, 3, 4 e 5) e uma marca de empanado não reestruturado (denominada de 4), os valores nutricionais e a composição foram obtidas nos sites das próprias marcas. Também foram investigados os respectivos preços dos produtos no comércio eletrônico. Os valores nutricionais e o preço dos produtos foram proporcionalizados para descrever uma porção de 100 g de produto.

Análise estatística

Os parâmetros nutricionais dos empanados e de seus respectivos preços, todos já proporcionalizados foram autoescalados e em seguida analisados por análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA). O software Chemoface (versão 1.61, Brasil) foi utilizado para realizar estas análises (NUNES *et al.*, 2012). As figuras foram tratadas com o software Inkscape (versão 0.92) (INKSCAPE, 2019).



Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os dados nutricionais dos produtos e seus respectivos preços para uma porção de 100 g de produto. É possível perceber uma ampla variação dos parâmetros analisados para os diferentes empanados comerciais. Para porções de 100 g de produto, foi observado que o preço variou de \$1,39 a \$4,25, o valor energético de 135 a 321 kcal, os carboidratos de 5 a 20 g, as proteínas de 10 a 17 g, as gorduras totais de 2 a 21 g e o sódio de 366 a 767 mg. Nota-se que empanados de uma mesma marca moldados em formatos diferentes apresentam parâmetros nutricionais e preços distintos. Todos os empanados avaliados apresentaram o teor mínimo de proteínas (10%) e máximo de carboidratos (30%) estando, portanto, em conformidade com o regulamento técnico de identidade e qualidade deste produto cárneo (BRASIL, 2001).

Pela Figura 1a é possível perceber que os empanados avaliados foram agrupados em três grandes grupos, o dendrograma ilustrado na Figura 1b confirma este agrupamento das amostras. O primeiro grupo é composto pelos produtos P4, PL4, PM4, PQ4, SR3 e SR5, que engloba empanados com legumes, multigrãos, queijo, os *steaks* recheados e uma marca de empanado pedaço “tipo nuggets”. Estes produtos foram semelhantes, pois apresentaram menores teores de sódio e de modo geral preços mais altos. Observando suas composições (Quadro 1) percebe-se que estes produtos não possuem muitos ingredientes contendo sódio. Além do cloreto de sódio (NaCl) presente em todos os empanados há apenas alguns aditivos que contêm este elemento como os realçadores de sabor nas amostras P4, PM4 e PQ4 e os estabilizantes nas amostras SR3 e SR5. Foi visto maiores preços para alguns desses empanados, pois são empanados diferenciados que foram adicionados de alguns ingredientes de maior custo como, por exemplo, queijo.

O segundo grupo engloba os empanados da marca 2 nos diferentes formatos, tirinhas, pedaço “tipo nuggets” e *steak* (T2, P2 e S2) e o empanado não reestruturado (ENR4). Eles se mostraram semelhantes porque possuem maiores teores de gorduras totais e valor energético. O empanado ENR4 é feito de coxinha da asa, um corte cárneo que comparado ao peito de frango possui mais gordura e os empanados da marca 2 possuem como terceiro e quarto ingrediente mais abundante a gordura vegetal e a pele de frango, respectivamente, que são ingredientes ricos em gorduras (Quadro 1). Como a gordura é o macronutriente mais calóricos estes produtos também apresentaram maiores valores energéticos. Estes empanados (T2, P2, S2 e ENR4) ainda exibiram maiores teores de sódio, sendo respectivamente, 767, 710, 686 e 650 mg. Isto pode ser atribuído a maior presença de sais de sódio em suas composições, além do cloreto de sódio estes empanados são acrescidos de estabilizantes, realçadores de sabor e antioxidante constituídos de sais de sódio (Quadro 1).

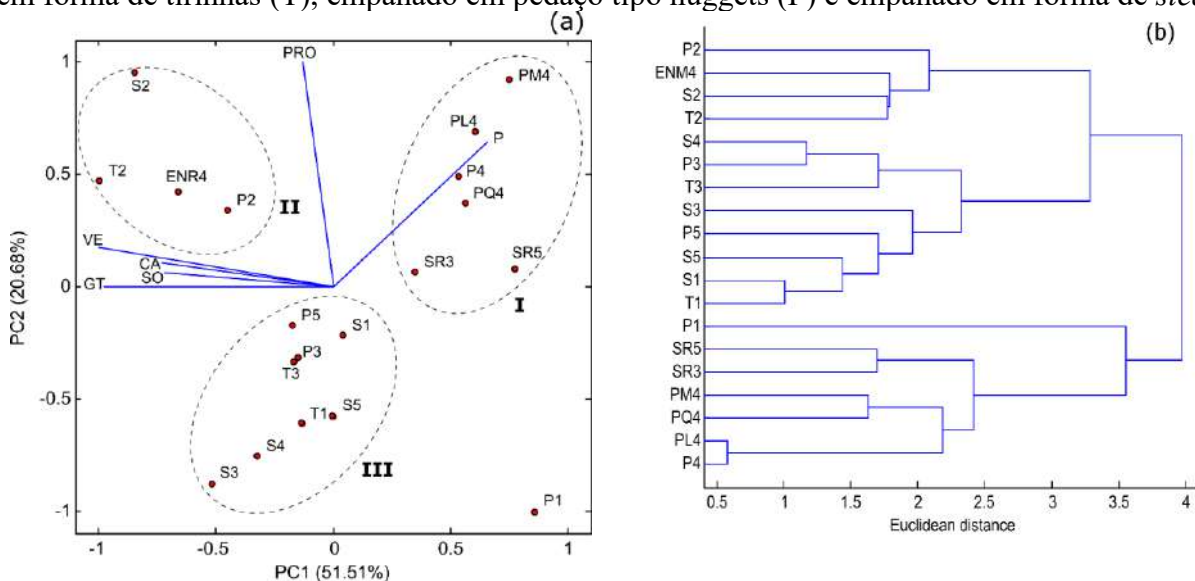
Tabela 1 - Dados de preço por porção (100 g) e valores nutricionais em uma porção de 100 g de cinco marcas de empanados comerciais

Produto	Marca	Preço	Valor energético (kcal)	Carboidratos (g)	Proteínas (g)	Gorduras Totais (g)	Sódio (mg)
Empanados reestruturados							
Tirinhas (T)	1	2,16	225	18	10	12	650
	2	2,33	321	19	14	21	767
	3	1,80	236	20	12	12	518
Pedaço “tipo nuggets” (P)	1	2,00	135	5	10	8	510
	2	2,42	230	18	14	18	710
	3	1,89	257	19	12	15	366
	4	2,73	186	13	15	8	480
	5	2,70	256	17	11	16	542
Steak (S)	1	2,70	219	17	11	12	606
	2	2,07	308	20	17	18	686
	3	1,39	254	18	10	16	650
	4	1,75	267	19	10	17	420
	5	1,95	208	13	11	13	645
Empanados reestruturados diferenciados							
Pedaço “tipo nuggets” com legume (PL)	4	2,78	182	12	16	8	454
Pedaço “tipo nuggets” com multigrãos (PM)	4	4,25	190	15	14	8	454
Pedaço “tipo nuggets” com queijo (PQ)	4	3,33	194	18	13	8	400
Steak recheado (SR)	3	3,19	211	9	12	15	531
	5	3,38	169	10	12	9	488
Empanados não reestruturados							
Coxinha da asa (ENR)	4	2,00	298	14	15	20	650

Fonte: Dos autores, 2021.

Para melhor visualização dos dados nutricionais e preço, os valores foram submetidos a uma análise de PCA (Figura 1a) e HCA (Figura 1b). Verificou-se que a PC1 e PC2 explicam 72,20% da variância total dos dados. A PC1 apresentou maior explicação dos dados (51,51%) pela matriz *loading* (Tabela 2) é possível observar que os parâmetros valor energético (VE), carboidratos (Ca), gorduras totais (GT) e sódio (So) se correlacionaram negativamente com está componente principal.

Figura 1 - Análise descritiva de empanados reestruturados comerciais: (a) PCA, (b) HCA. Preço (P), valor energético (VE), carboidrato (Ca), proteínas (Pro), gorduras totais (GT), sódio (So), empanado em forma de tirinhas (T), empanado em pedaço tipo nuggets (P) e empanado em forma de *steak* (S)



Fonte: Dos autores, 2021.

Tabela 2 - Matriz *loading* análise de componentes principais

Fator <i>loading</i>	PC1 (51,51%)	PC2 (20,68%)
Preço	0,660	0,643
Valor energético (kcal)	-1,000	0,172
Carboidratos (g)	-0,732	0,108
Proteínas (g)	-0,128	1,000
Gorduras Totais (g)	-0,978	0,001
Sódio (mg)	-0,719	0,062

Fonte: Dos autores, 2021.

E o terceiro grupo contempla as demais amostras, nele há empanados em formato de tirinhas, *steak* e pedaços “tipo nuggets” (S1, S3, S4, S5, T1, T3, P3 e P5). Apenas o empanado de pedaço “tipo nuggets” da marca 1 (P1) apresentou uma certa assimetria em relação ao demais empanados de

frango, pois exibiu um menor teor de carboidratos (5 g) e proteínas (10 g), valores intermediários de gordura (8 g) e menor valor energético (135 kcal).

No tocante aos preços o empanado em formato de *steak* da marca 3 possui menor custo (\$1,39), isto pode ser justificado pela presença de ingredientes proteicos de custo reduzido (proteína de soja e carne mecanicamente separada) presente em sua composição (Quadro 1).

Nota-se que há uma grande variação dos valores nutricionais, pois há uma variedade de ingredientes empregados na produção desse alimento como pode ser visto na Quadro 1. Analisando as listas de ingredientes observa-se que dentre os empanados descritos abaixo há presença de carne de frango, carne de frango mecanicamente separada (presente nos produtos T2, P2, P5, S1, S2 e S3) e carne de frango mecanicamente recuperada (presente nos produtos T1, P1, P5 e S5).

Com exceção do empanado não reestruturado (ENR4) e de alguns empanados reestruturados (PL4, PM4 e PQ4) todos os demais empanados foram acrescidos de pele de frango, um ingrediente fonte de gordura. A gordura é um ingrediente importante pois, possui uma influência significativa no sabor, maciez, aparência, textura e vida útil dos produtos cárneos (ABBASI *et al.*, 2019).

Todos os empanados avaliados possuem adição de água, gordura ou óleo vegetal. A água é o segundo, terceiro ou quarto ingrediente mais abundante nestes produtos, ela é fundamental para formação da massa cárnea, carreamento dos ingredientes e rendimento do produto. Já a presença de gordura ou óleo vegetal é atribuída ao processo de pré-fritura.

Os empanados também apresentaram cloreto de sódio que além de exercer um papel sensorial atua aumentando a hidratação e a capacidade de retenção de água, modificando a textura, aumentando a viscosidade e estabilidade das emulsões cárneas (STANLEY; BOWER; SULLIVAN, 2017). Quase todas as amostras analisadas apresentam também outros sais de sódio como agentes estabilizantes (polifosfato de sódio, tripolifosfato de sódio, pirofosfato ácido de sódio e hexametáfosfato de sódio). Este aditivo amplia a capacidade de retenção de água pelas proteínas miofibrilares porque aumentam a força iônica da mistura promovendo sua maior solubilidade, os ânions desse sal ainda interagem com estas proteínas e desempenham ação quelante atuando sobre íons metálicos divalentes (como o CaCl_2) de forma que dissociam o complexo acto-miosina, aumentando a extração das proteínas miofibrilares (PATERSON; PARRISH; STROMER, 1988).

Os empanados avaliados apresentaram também farinha de trigo em sua composição, este ingrediente é muito importante na formação do revestimento desses produtos cárneos, pois possuem proteínas do glúten que apresentam alta capacidade de ligação com a água, auxiliam na dispersão uniforme dos outros ingredientes constituintes da solução de empanamento e tem influência na textura e crocância do produto (LOEWE, 2011). Além da farinha de trigo alguns produtos apresentaram farinha de milho (T2, T3, P2, P5, S2, S3, S4, S5, PL4 e SR3) e farinha de arroz (T1, P1, P4, P5, S1,

S4, PM4, PQ4 e SR5). A farinha de milho é empregada ao revestimento para auxiliar na pigmentação, mascarar notas de amido e auxiliar na aparência e crocância do produto. Já a farinha de arroz contribui aumentando a capacidade de adesão e retenção de água (LOEWE, 2011).

Alguns empanados apresentaram amido em sua constituição (T1, T2, P2, P4, S2, S3, S4, PM4, PQ4 e ENM) e alguns continham outro tipo de hidrocoloides como agentes espessantes (goma guar, goma xantana e goma carragena), este aditivo tem funções tecnológica importantes. Nos revestimentos as gomas auxiliam no controle de viscosidade da solução de empanamento, na retenção de água e participam da formação de filme juntamente com outros ingredientes fornecendo maior flexibilidade e maior resistência ao produto (LOEWE, 2011). Na massa cárnea as gomas melhoram a capacidade de retenção de água, reduzem a perda por cozimento, atua modificando a textura e auxiliando na estabilização e emulsificação da emulsão cárnea (HAN; BERTRAM, 2017; HENNING; TSHALIBE; HOFFMAN, 2016).

Ainda se observou a presença de proteínas não cárneas na maioria dos empanados como a proteína de soja que está presente em todos os empanados exceto no PL4 e PM4 e o glúten de trigo que está presente no empanado T1. Esses ingredientes proteicos possuem um custo reduzido comparado as proteínas cárneas e são adicionadas visando obter um produto com valor mais acessível. Algumas amostras também apresentaram ingredientes lácteos como o leite em pó (P4, S4 e PQ4), proteínas do leite (T2 e P2) e lactose (T2 e P2), estes ingredientes lácteos auxiliam na reação de escurecimento não enzimático no revestimento (LOEWE, 2011) e na massa cárnea as proteínas lácteas auxiliam a conferir liga.

Dentre os aditivos presentes nos empanados analisados tem-se ainda os emulsificantes (mono e diglicerídeos de ácidos graxos) que atuam emulsificando a mistura e os antioxidantes (isoascorbato de sódio e eritorbato de sódio) que retardam a oxidação lipídica e proteica. Além do crescimento microbiano a vida útil dos produtos cárneos é limitada pelas reações de oxidação lipídica e proteica, os produtos cárneos são susceptíveis à oxidação porque possuem altas concentrações de lipídios insaturados, pigmentos heme, catalisadores e vários tipos de agentes oxidativos presentes no tecido muscular (LEÃO *et al.*, 2017). Assim a adição de antioxidantes é fundamental, pois eles são compostos capazes de doar radicais de hidrogênio para parear com outros radicais livres disponíveis retardando assim a oxidação (KUMAR *et al.*, 2015).

Visando a sensorialidade, pelo Quadro 1, ainda vemos empanados contendo realçadores de sabor (glutamato monossódico, inosinato dissódico e guanilato dissódico), aromatizantes (óleo de orégano, oleoresina de pimenta preta, óleo de cebola, gengibre, aroma de limão e alecrim), corantes (urucum, cúrcuma, páprica e carmim de cochonilha) e uma série de condimentos como, páprica, cebola, salsa, alho, pimenta preta, pimenta branca e extrato de alecrim. Combinando essas substâncias

é possível atribuir ao produto sabor, aroma e cor agradável. E entre os empanados diferenciados há presença de ingredientes incomuns como brócolis, cenoura, couve-flor e milho verde no empanado de legumes (PL4), grãos (aveia, semente de girassol, chia, quinoa, semente de linhaça) no empanado multigrãos (PM4), queijo processado e sabor cheddar no empanado de queijo (PQ4), presunto e mussarela nos empanados recheados (SR3 e SR5).

Quadro 1 - Lista de ingredientes das cinco marcas de empanados comerciais avaliados

Produto	Marca	Ingredientes
Empanados reestruturados tradicionais		
Tirinhas (T)	1	Carne de frango, carne mecanicamente recuperada de ave- frango, farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, pele de frango, água (8,18%), gordura vegetal, amido de milho, proteína de soja (3,21%), derivados de milho, sal, farinha inativada de arroz, fécula de mandioca, glúten de trigo, açúcar, fermento biológico, especiarias: (páprica, cebola e salsa), aromatizantes naturais: (alho, orégano e aroma de fumaça), espessante carragena (INS 407), realçador de sabor glutamato monossódico (INS 621), estabilizante polifosfato de sódio (INS 452i), espessante goma guar (INS 412),estabilizante tripolifosfato de sódio (451i), antioxidante isoascorbato de sódio (INS 316), corante natural de urucum (INS 160b).
	2	Carne de frango, água, gordura vegetal, pele de frango, farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, carne mecanicamente separada de ave - frango, amido, proteína de soja, sal, açúcar, farinha de milho, fermento biológico, dextrina, aromatizantes naturais (oleoresina de pimenta preta, óleo de orégano, óleo de cebola e aroma natural de fumaça) extrato de levedura, lactose, especiarias (páprica doce em pó, cebola em pó, salsa em pó e alho em pó) proteína do leite, fermento químico pirofosfato ácido de sódio (INS 450i) estabilizante polifosfato de sódio (INS 452), emulsificante mono e diglicerídeos de ácidos graxos (INS 471), realçador de sabor glutamato monossódico (INS 621) antioxidante isoascorbato de sódio (INS 316) espessantes goma guar (INS 412) e goma xantana (INS 415) corante natural urucum (INS 160b).
	3	Carne de frango, água (14,8%), farinha de trigo fortificada com ferro e ácido fólico, pele de frango, gordura vegetal, farinha de milho, proteína de soja

Continua...

Continuação

		(3,9%), sal, cebola, açúcar, extrato de alecrim, pimenta branca, alho, estabilizante: tripolifosfato de sódio, realçador de sabor: glutamato monossódico, espessante: goma xantana, aromatizante: aroma idêntico ao natural de limão, corante: urucum.
Pedaco (P)	1	Carne de frango, carne mecanicamente recuperada de ave - frango, farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, água (8,53%), pele de frango, farinha de arroz, gordura vegetal, derivados de milho, sal, proteína de soja (1,63%), especiarias: (cebola, alho, pimentabranca), fermento biológico, aromatizante idêntico ao natural de galinha, aromatizantes naturais: (fumaça, orégano, alho, salsa, gengibre), espessante goma guar (INS 412), estabilizante tripolifosfato de sódio (INS 451i), realçador de sabor glutamato monossódico (INS 621), antioxidante isoascorbato de sódio (INS 316).
	2	Carne de frango, água, gordura vegetal, pele de frango, farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, carne mecanicamente separada de ave - frango, amido, proteína de soja, sal, farinha de milho, extrato de levedura, dextrina, lactose, especiarias (cebola em pó e salsa em pó), aromatizantes naturais (oleoresina de pimenta preta, óleo de orégano, óleo de cebola, e óleo de alho), proteína do leite, estabilizante polifosfato de sódio (INS 452i), realçador de sabor glutamato de sódio (INS 621), emulsificante mono e diglicerídeos de ácidos graxos (INS 471), antioxidante isoascorbato de sódio (INS 316), espessantes goma guar (INS 412) e goma xantana (INS 415), corante natural urucum (INS 160b)
	3	Carne de frango, farinha de rosca, água, farinha de trigo fortificada com ferro e ácido fólico, gordura vegetal, pele de frango, proteína de soja, cebola, sal, açúcar, pimenta branca, alho, realçador de sabor: glutamato monossódico, aromatizante: aroma natural de alecrim, espessante: goma xantana, corante: urucum.
	4	Peito de frango, farinha de trigo fortificada com ferro e ácido fólico, água, gordura vegetal, amido, farinha de arroz, proteína de soja, sal, cebola, vinagre, leite em pó integral, sal hipossódico, dextrose, dextrina, pimenta preta, aromatizantes: aromas naturais, realçadores de sabor: inosinato e guanilato dissódico e glutamato monossódico, corantes naturais: urucum, cúrcuma e páprica, espessante: goma guar.

Continua...

Continuação

	5	Carne Mecanicamente Recuperada De Frango, Farinha De Trigo Enriquecida Com Ferro E Ácido Fólico, Água, Pele De Frango, Óleo Vegetal, Carne De Frango, Carne Mecanicamente Separada De Frango, Farinha De Arroz, Proteína Vegetal De Soja, Fécula De Mandioca, Sal, Molho De Soja Teriaky, Vinagre, Farinha De Milho, Especiarias Naturais [cebola, Alho, Pimenta E Extrato De Alecrim], Dextrina, Emulsificante Mono E Diglicerídeos De Ácidos Graxos INS 471, Aromas Naturais Pimenta, Carne De Frango E Alho, Realçador De Sabor Glutamato Monossódico INS 621, Antioxidante Eritorbato De Sódio Ins316, Espessante Goma Carragenina INS 407 E Corantes Naturais Urucum INS160b E Carmim De Cochonilha Ins120.
Steak (S)	1	Carne de frango, água (24%), farinha de milho, carne mecanicamente separada de ave (frango), pele de ave (frango), gordura vegetal hidrogenada, farinha de arroz, proteína de soja (3,6%), farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, sal, farinha de rosca (0,7%), açúcar, especiaria: alho, realçador de sabor: glutamato monossódico (INS 621), estabilizantes: tripolifosfato de sódio (INS 451i), pirofosfato ácido de sódio (INS 450i), hexametáfosfato de sódio (INS 452i), antioxidante: eritorbato de sódio (INS 316), aromas naturais de: alho e cebola, espessantes: goma xantana (INS 415) e goma guar (INS 412) e corantes naturais: cúrcuma (INS 100) e urucum (INS 160b).
	2	Carne de frango, água, carne mecanicamente separada de ave - frango, gordura vegetal, pele de frango, farinha de milho, proteína de soja, amido, farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, sal, açúcar, especiarias (cebola em pó, alho em pó e pimenta preta em pó), dextrina, extrato de levedura, aromatizantes naturais (óleo de cebola, óleo de alho, óleo de orégano e oleoresina de pimenta preta), estabilizante polifosfato de sódio (INS 452i), realçador de sabor glutamato monossódico (INS 621), antioxidante isoascorbato de sódio (INS 316), espessantes goma guar (INS 412) e goma xantana (INS415), corante natural óleo resina de pimenta (INS 160c).
	3	Carne de frango, água, pele de frango, farinha de milho, carne mecanicamente separada de frango, gordura vegetal, farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, proteína de soja, cebola, sal, pimenta

Continua...

Continuação

		branca, alho, amido, açúcar, minerais: ortofosfato férrico (ferro) e óxido de zinco (zinco), vitamina A, estabilizante: tripolifosfato de sódio, realçador de sabor: glutamato monossódico, aromatizantes: aromas naturais de alecrim e fumaça e espessante: goma xantana.
	4	Carne de Frango, Água, Pele de Frango, Farinha de Milho, Farinha de Rosca, Gordura Vegetal, Farinha de Trigo Fortificada com Ferro e Ácido Fólico, Proteína de Soja, Farinha de Arroz, Sal, Amido, Leite em Pó Integral, Cebola Maltodextrina, Pimenta Preta, Aromatizantes: Aromas Naturais (Contém Aroma Natural de Alho), Estabilizantes: Tripolifosfato de Sódio e Polifosfato de Sódio, Antioxidante: Isoascorbato de Sódio Espessante Goma Xantana, Corante Urucum.
	5	Carne mecanicamente recuperada de frango, água, pele de frango, fécula de mandioca, gordura vegetal hidrogenada, proteína vegetal de soja, farinha de milho, farinha de trigo, estabilizante tripolifosfato de sódio, sal, antioxidante eritorbato de sódio, especiarias naturais (cebola, pimenta, alho, pimenta-branca), suco de limão, realçador de sabor glutamato monossódico, açúcar e espessante carragena.
Empanados reestruturados diferenciados		
Pedaço Legume (PL)	4	Peito de frango, água (7,04%), farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, gordura vegetal, brócolis, cenoura, couve-flor, milho verde, farinha de milho enriquecida com ferro ácido fólico, vinagre, sal, cebola, dextrose, alho, páprica doce, salsa, açúcar, pimenta-branca, aromatizante: aroma natural de carne, espessante: goma xantana.
Pedaço Multigrãos (PM)	4	peito de frango, farinha de rosca, água, gordura vegetal, farinha de trigo, multigrãos (aveia, semente de girassol, chia, quinoa, semente de linhaça), sal, amido modificado, amido, farinha de arroz, cebola, açúcar, aromatizantes: aroma idêntico ao natural de carne e aromas naturais de alecrim, pimenta preta, realçadores de sabor: glutamato monossodico, inisinato e guanilato dissodico, espessante: goma xantana, emulsificantes: mono e diglicerideos de ácidos graxos.
Pedaço Queijo (PQ)	4	Peito de frango, farinha de rosca, água, queijo processado, sabor cheddar, gordura vegetal, farinha de arroz, farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, proteína de soja, amido, sal, leite em pó integral, dextrose,

Continua...

Continuação

		aromatizantes: aroma idêntico ao natural de composto salgado, aromas naturais de alecrim, pimenta branca e carne de aves, realçadores de sabor: glutamato monossódico, inosinato e guanilato dissódico, corante: urucum, cúrcuma e páprica, espessante: goma
Steak recheado (SR)	3	Peito de frango, água, pele de frango, farinha de trigo fortificada com ferro e ácido fólico, presunto de peru, queijo mussalera, gordura vegetal, proteína de soja, farinha de milho, sal, açúcar, curry (com pimenta e mostarda), pimenta branca, páprica doce, minerais: ortofosfato férrico (ferro), óxido de zinco (zinco), vitamina A, estabilizante: tripolifosfato de sódio, aromatizante: aroma natural, espessante: goma xantana, corantes: urucum, cúrcuma.
	5	Carne de frango (peito), água, pele de frango, farinha de rosca, queijo processado, presunto cozido, farinha de arroz, óleo vegetal, fécula de mandioca, proteína vegetal de soja, especiarias naturais (cebola, pimenta branca, alho e extrato de alecrim), sal, vinagre, farinha de milho, farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, estabilizantes: tripolifosfato de sódio INS451i e pirofosfato tetrassódico INS450iii e espessante carragena INS407.
Empanado não reestruturado		
Coxinha da asa (ENR)	4	Cortes de frango (coxinha da asa), água (8,70), gordura vegetal, farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, amido (1,82%), sal, alho, extrato de levedura, proteína de soja (0,12%), cebola, cúrcuma, açúcar, aipo, pimenta, calabresa, pimenta preta, extrato de alecrim, estabilizantes: tripolifosfato de sódio e polifosfato de sódio, aromatizantes: aromas naturais, espessantes: goma xantana, realçador de sabor: glutamato monossódico.

Fonte: Dos autores, 2021.

Conclusão

Avaliando os empanados comerciais disponíveis no mercado foi possível observar que há uma diversidade de ingredientes utilizados em sua produção que resulta em produtos com diferentes características sensoriais, nutricionais e, conseqüentemente, com diferentes preços. O consumidor deve avaliar bem os rótulos dos produtos e consumir conforme sua preferência.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

Referências

- ABBASI, E. *et al.* Effect of partial replacement of fat with added water and tragacanth gum (*Astragalus gossypinus* and *Astragalus compactus*) on the physicochemical, texture, oxidative stability, and sensory property of reduced fat emulsion type sausage. **Meat Science**, v. 147, p. 135-143, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 6, de 15 de fevereiro de 2001. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Empanados**, 2001.
- DILL, D. D.; SILVA, A. P.; LUVIELMA, M. M. Processamento de empanados: sistemas de cobertura Coating processing: Coating systems. **Estudos Tecnológicos**, v. 5, p. 33-49, 2009.
- HAN, M.; BERTRAM, H. C. Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. **Meat Science**, v. 133, p. 159-165, 2017.
- HENNING, S. S. C.; TSHALIBE, P.; HOFFMAN, L. C. Physico-chemical properties of reduced-fat beef species sausage with pork back fat replaced by pineapple dietary fibres and water. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 92-98, 2016.
- INKSCAPE. Versão 0.92: The Inkscape Team, 2017. Disponível em: <<https://inkscape.org/pt-br/>>. Acesso em: 08 novembro de 2019.
- KUMAR, Y. *et al.* Recent Trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. **Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 6, p. 796-812, 2015.
- LEÃO, L. L. *et al.* Uso de antioxidantes naturais em carnes e seus subprodutos. **Cad. Ciênc. Agra.**, v. 9, n. 1, p. 94-100, 2017.
- LOEWE, R. Ingredients selection for batters systems. In: KULP, K.; LOEWE, R. (2nd ed), **Batters and breadings in food processing**. St.Paul, American Association of Cereal Chemists, Inc., p.9-24, 2011.
- NUNES, C. A. *et al.* Chemoface: A novel free user-friendly interface for chemometrics. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 23, n. 11, p. 2003-2010, 2012.
- OLIVEIRA, D. F. *et al.* Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 3, p. 163-174, 2013.



ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PATERSON, B. C., PARRISH, F. C., JR.; STROMER, M. H. Effects of salt and pyrophosphate on the physical and chemical properties of beef muscle. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 5, p. 1258-1265, 1988.

STANLEY, R. E.; BOWER, C. G.; SULLIVAN, G. A. Influence of sodium chloride reduction and replacement with potassium chloride based salts on the sensory and physico-chemical characteristics of pork sausage patties. **Meat Science**, v. 133, p. 36-42, 2017.



15 Capítulo

Chips de batata-doce
com redução de sódio:
influência da pré-secagem
na umidade, absorção de
óleo de fritura e avaliação
da cor do produto

Capítulo 15

Chips de batata-doce com redução de sódio: influência da pré-secagem na umidade, absorção de óleo de fritura e avaliação da cor do produto

Pauleane Pereira Chagas*¹; Geisa Priscilla Araújo Gomes Maia²; Celso Martins Belisário³

Resumo

A batata-doce é uma fonte alternativa de carboidratos, possui grande reserva de energia, betacaroteno, vitamina C, niacina, riboflavina, tiamina e vários minerais. O óleo utilizado em fritura atua como meio de transferência de calor, sendo absorvido pelo alimento, tornando-se assim um ingrediente do produto, fazendo-se necessário o uso de um meio de fritura de alta qualidade. A secagem parcial das fatias é imprescindível para a qualidade da fritura, pois, quanto maior a quantidade de água na batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) maior será a absorção do óleo e a mesma ficará com aspecto “engordurado”. Dessa forma, objetivou-se avaliar a influência da pré-secagem no teor de umidade e lipídio, bem como avaliar a cor de chips de batata-doce com redução parcial do teor de sódio. Foram elaborados chips de batata-doce com substituição parcial do cloreto de sódio por cloreto de potássio nas proporções de 0 %, 20 %, 50 % e 80 % de cloreto de potássio em substituição ao cloreto de sódio. Para determinação de umidade utilizou-se a metodologia do Instituto Adolfo Lutz. O teor de lipídeo foi determinado pelo método de Bligh e Dyer. O teor de umidade variou de 7,33 % a 8,31 % nos chips de batata-doce sem pré-secagem e de 5,17 % a 6,60 % nos chips de batata-doce com pré-secagem. Quanto ao teor lipídico, os chips de batata-doce sem pré-secagem e com pré-secagem apresentaram em média 9,62 % e 6,32 % de teores lipídicos respectivamente. Os chips com pré-secagem apresentaram menores teores de umidade e lipídio. A pré-secagem melhorou a textura dos chips, bem como promoveu a redução no teor de óleo absorvido durante a fritura. Com relação à análise instrumental de cor, a coloração de todos os tratamentos é amarela, o que é desejável para um produto do tipo chips.

Palavras-chave: Absorção de óleo. Alimentação saudável. Cloreto de potássio. *Ipomoea batatas* (L.) Lam.

¹Mestra, Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos, IF Goiano.

²Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

³Professor permanente, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, IF Goiano.

* E-mail para correspondência: pauleanechagas@gmail.com

Introdução

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) pertence à família das Convolvuláceas, nativa da América Central. É uma planta rasteira e não necessita de muitos cuidados para o cultivo, apresentando boa resistência a pragas e a degradações. É uma fonte alternativa de carboidratos, possui grande reserva de energia, betacaroteno, vitamina C, niacina, riboflavina, tiamina e vários minerais. Algumas variedades de batata-doce apresentam quantidades de vitamina A superiores às do arroz e são uma boa fonte de fósforo, cálcio e de potássio (CAMPOS, 2014). As cultivares mais comuns e recomendadas para mesa é a Brazlândia Branca, Brazlândia Rosada e Brazlândia Roxa. As batatas-doces comercializadas nos grandes centros possuem polpa branca ou creme e película externa (periderme) de cor rosa, roxa ou branca. Também são comercializadas batatas-doces com película externa amarela ou creme, com polpa amarelo-clara, salmão ou mesmo roxa (como a beterraba) (MIRANDA *et al.*, 1995).

Todas as classes de batata-doce são consideradas por sua grande fonte energética e nutricional destacam-se pelo seu baixo índice glicêmico e por diminuir a fome e aumentar a saciedade, sendo aplicada em dietas com intenção de melhorar o controle do peso. Industrialmente, a batata-doce tem importância na produção de farinha, amido e álcool (FONTES *et al.*, 2012). Atualmente o cultivo de batata-doce apresenta baixo valor econômico, mas apresenta significativa importância social, pois é um alimento versátil, utilizado para lanches, alimento básico, chips, snack e, muitas vezes, é utilizada como substituinte do arroz (CAMPOS, 2014). Por ser um alimento muito perecível, é necessário aumentar a vida útil através de processos como a desidratação ou fritura, que promovem mudanças nas propriedades macroscópicas, na cor, na aparência e na textura do produto final além de diminuir a massa, garantindo economia no transporte e praticidade para armazenamento (DICKINSON; HAVAS, 2007).

Alimentos fritos são bem aceitos devido ao seu sabor e textura. A fritura aplica-se a uma vasta gama de alimentos, desde batatas chips, risoles, empanados, salgados de milho e de batatas, *donuts* e muitos outros tipos de *snacks*. O termo chips é originalmente americano e se refere a fatias finas de batata fritas em óleo ou gordura. As batatas chips geralmente são fritas em temperaturas de 160 °C a 180 °C (BARRETO *et al.*, 2016). Segundo Grizotto (2005) e Santos (2012), existem além da categoria chips de batata, chips elaborados com outras matérias-primas ricas em amido, tais como banana, mandioca, mandioquinha-salsa, inhame e batata-doce.

Reduzir o teor de sódio nos alimentos sem compensar a perda da salinidade, pode tornar o alimento indesejável sensorialmente e levar os consumidores a optar por produtos tradicionalmente

com alto teor de sódio (VAN BUREN *et al.*, 2016). O método mais prático de redução do teor de sódio é a substituição total ou parcial do cloreto de sódio por substitutos que possuam gosto salgado semelhante.

Um dos substitutos do cloreto de sódio mais comuns empregado pela indústria é o cloreto de potássio, que possui propriedades físicas semelhantes as do cloreto de sódio e funcionam de forma semelhante em produtos cárneos e de panificação. Apresenta aproximadamente 80% da capacidade de salgar, porém, possui sabor amargo se utilizado em grandes quantidades (FOOD INGREDIENTES, 2013).

Cella, Regitano-D'arce e Spoto (2002), relatam que parte do óleo utilizado na fritura atua como meio de transferência de calor, sendo absorvido pelo alimento, tornando-se assim um ingrediente do produto, fazendo-se necessário o uso de um meio de fritura de alta qualidade. O cuidado com o tipo de óleo a ser utilizado na fritura, não é o único fator a ser analisado na elaboração de produtos chips, o teor residual no produto final é também de grande relevância na elaboração. Se o teor residual de óleo for excessivo, eleva os custos de produção e ainda pode prejudicar a crocância e o sabor do produto. Vitrac *et al.* (2000) comprovaram que a textura e a absorção de óleo em produtos do tipo chips estão relacionadas com a perda de água na fritura, sendo que os produtos com maior teor de óleo e umidade tendem a ficar murchos. Os principais fatores que afetam a absorção de óleo são: temperatura e tempo de fritura, quantidade de água na matéria-prima, tipo de óleo e espessura das fatias.

A secagem é um processo em que o principal objetivo é a remoção de água de um produto (alimento) através da evaporação. Para este fim, se faz necessário o fornecimento de calor através de um meio de secagem externo, para evaporar a umidade do produto. A secagem aumenta a estabilidade microbiológica e bioquímica do produto e reduz seu peso e volume, diminuindo os custos com embalagem e transporte (GEANKOPLIS, 1993). A secagem parcial das fatias é imprescindível para a qualidade da fritura, pois, quanto maior a quantidade de água na batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) maior é a absorção de óleo pela mesma ficando com aspecto “engordurado”.

Os métodos de secagem de fatias de batata-doce mais utilizados em estudos são por estufa com circulação forçada de ar e micro-ondas a vácuo.

Um dos principais problemas da fritura é a absorção de óleo pelos alimentos. Os alimentos fritos podem ter na sua composição até 45 % de óleo, principalmente os que são pobres em gordura, pois absorvem grandes quantidades (exemplo: batatas fritas). A secagem é uma alternativa para produção de produtos sem gordura, mas o encolhimento do tecido da batata durante a secagem com ar quente pode resultar em produtos com textura indesejável (TRONCOSO; PEDRESCHI, 2009).

A cor é um dos principais parâmetros que indicam a qualidade de um produto e tem forte influência na aceitação do consumidor. Um alimento que apresente coloração forte e brilhante torna-se mais desejável sensorialmente que os alimentos que tenham cor fraca e opaca. Nesse caso, o consumidor tende a associar a coloração forte a boa qualidade do produto enquanto que produtos de coloração fraca tendem a serem associados a produtos de má qualidade.

Nas medidas instrumentais da cor de materiais opacos, a reflexão da luz sobre o objeto é detectada em escala de três elementos L^* , a^* e b^* (sistema Hunter Lab e CIELAB), os quais removem a subjetividade envolvida na discussão de cor (RAPHAELIDES; GRIGOROPOULOU; PETRIDIS, 1998; OLIVO; GUARNIERI; SHIMOKOMAKI, 2001).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da pré-secagem no teor de umidade e lipídio, bem como avaliar a cor de chips de batata-doce com redução parcial do teor de sódio.

Material e Métodos

Produção dos chips de batata-doce

Foram utilizadas batatas-doces da variedade Brazlândia Roxa, adquiridas no comércio local da cidade de Rio Verde, Goiás.

Após passarem por pré-lavagem, as batatas foram descascadas manualmente com auxílio de uma faca. Em seguida foi realizada uma seleção a fim de retirar qualquer batata-doce que não fosse própria para consumo, ou seja, aquela que apresentasse alguma injúria ou estado de deterioração.

Fatiaram-se as batatas-doces em finas rodela (entre 1,0 e 2,0 mm) com auxílio de um cortador manual de legumes dupla face de aço inox. As rodela que já haviam sido fatiadas foram imersas na solução de hipoclorito de sódio 200 ppm por 10 minutos. Após o processo de sanitização as rodela foram retiradas da solução de hipoclorito de sódio e colocadas sob papel absorvente para que ocorresse a drenagem do excesso de água.

Após ser drenado todo o excesso de água, as rodela foram divididas em duas porções de aproximadamente 200 g. Uma porção destinada aos chips sem pré-secagem (SPS) e a outra para os chips com pré-secagem (CPS).

Dando sequência ao processamento, as rodela destinadas a passar pela pré-secagem foram dispostas em forma de alumínio e levadas para estufa a 50 °C por 10 minutos, conforme testes preliminares para padronização laboratorialmente. Foram testadas temperaturas de 40 °C, 50 °C e 60 °C nos tempos de 10,15 e 20 minutos. A temperatura de 50 °C e o tempo de 10 minutos foram

consideradas ideais pois retirou todo o excesso de água, deixando as fatias dos chips secas, crocantes e com aspecto de pré-fritas. Após a pré-secagem os chips SPC e CPS passaram para a etapa de fritura.

Em um fogão industrial, realizou-se a fritura das rodela em uma panela de alumínio. Foi utilizado óleo de soja para realização da fritura. A temperatura do óleo para a fritura estava próxima de 180 °C com variação de 5 °C para mais ou para menos. O tempo de fritura foi de dois a três minutos. Foi observado o “ponto de fritura”, ou seja, o momento em que os chips apresentassem aspecto dourado. Após a fritura, os chips foram colocados sobre papel absorvente para que ocorresse drenagem do excesso de óleo. Depois de drenado o excesso do óleo, os chips foram pesados em porções de 50 g em sacos de polietileno de baixa densidade.

Os chips foram salgados com diferentes quantidades de cloreto de sódio (NaCl) e de cloreto de potássio (KCl), sendo a massa total adicionada (cloreto de sódio + cloreto de potássio) de 4 g por embalagem que corresponde a 2 % da massa de chips de batata-doce. Os tratamentos dos chips de batata-doce com as respectivas quantidades de sais são descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulações dos chips de batata-doce (in natura) com diferentes proporções de NaCl e KCl

Tratamento	NaCl	KCl
1	100 % (4 g / 50 g)	0 % (0 g / 50 g)
2	80 % (3,2 g / 50 g)	20 % (0,8 g / 50 g)
3	50 % (2 g / 50 g)	50 % (2 g / 50 g)
4	20 % (0,8 g / 50 g)	80 % (3,2 g / 50 g)

Fonte: Dos autores, 2020.

A salga foi realizada adicionando as quantidades dos sais nas porções dos chips de batata-doce. Em seguida, vedaram-se as embalagens e agitou-se manualmente por um minuto.

Após a salga, as embalagens contendo as porções dos chips de batata-doce foram seladas em seladora manual.

Determinação de umidade e teor lipídico

Para determinação de umidade em base utilizou-se a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). O teor lipídico foi determinado pelo método de Bligh e Dyer (1959). Ambas as análises foram realizadas em triplicata.

Para determinação de umidade, cadinhos vazios foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 105 °C por três horas. Transferiu-se os cadinhos para o dessecador para que atingissem a temperatura ambiente. Pesou-se os cadinhos em balança analítica. Pesou-se 5 g de amostra nos cadinhos, previamente tarados. Os cadinhos contendo as amostras foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 105 °C por três horas. Após três horas, os cadinhos foram retirados da estufa, transferidos para um dessecador e ao atingirem temperatura ambiente foram pesados novamente. Este procedimento foi repetido até peso constante. Para determinar o teor de umidade em base seca foi utilizada a Equação 1:

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{(P - p) \times 100}{p} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

P = peso da amostra úmida.

p = peso da amostra seca.

Já para a determinação do teor de lipídeos, pesou-se entre 2,0 e 2,5 g da amostra moída e homogeneizada. A amostra foi transferida para um tubo de 70 mL. Adicionou-se exatamente 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada. O tubo foi agitado em agitador rotativo por 30 minutos. Posteriormente, foram adicionados 10 mL de clorofórmio e 10 mL de solução de sulfato de sódio a 1,5 % (m/v). O tubo foi agitado vagarosamente por dois minutos. Após os dois minutos, deixou-se separar a camada metanólica superior. A camada metanólica, poderá ser descartada ou centrifugada a 1000 rpm por dois minutos. Descartou-se a camada superior metanólica e se filtrou a camada inferior. Foram medidos 5 mL do filtrado e transferido para um béquer de 50 mL previamente tarado. O solvente foi evaporado em estufa a 65 °C, deixado esfriar em dessecador e depois pesado. O teor lipídico foi determinado em base úmida pela Equação 2:

$$\text{Lipídios totais (\%)} = \frac{N \times 100}{P} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

N = massa de lipídeos (g).

P = massa da amostra (g).

Análise instrumental de cor

A determinação instrumental da cor dos chips de batata-doce com pré-secagem (CPS) foi realizada em espectrofotômetro de reflectância *ColorFlex EZ*, através da escala de leitura CIELab. Os

parâmetros de cor medidos foram: L^* , a^* e b^* , e L^* indica luminosidade (0= preto e 100= branco) e a^* e b^* representam as coordenadas de cromaticidade ($+a^*$ = vermelho, $-a^*$ = verde; $+b^*$ = amarelo, $-b^*$ = azul) (ZHANG *et al.*, 2008). A cromaticidade (C^*) que define a pureza ou intensidade da cor da amostra foi determinada pela Equação 3 (MCGUIRE, 1992).

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (\text{Eq. 3})$$

Análise estatística

A análise estatística do chips de batata-doce foi realizada em delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial com dois fatores (concentrações de sais e secagem) Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias foi realizada através do teste de *Tukey*, ao nível de 5 % de significância ($p < 0,05$) com auxílio do software estatístico R.

Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta os teores de umidade e lipídios de chips de batata-doce sem pré-secagem e chips de batata-doce com pré-secagem fritos em óleo.

Os resultados, expressos em porcentagem, mostram as variações dos teores de umidade e lipídios durante o processo de fritura dos chips de batata-doce sem pré-secagem e com pré-secagem. De modo geral, o teor de umidade variou de 7,33 % a 8,31 % nos chips de batata-doce sem pré-secagem e de 5,17 % a 6,60 % nos chips de batata-doce com pré-secagem.

Pode-se observar que a média do teor de umidade dos quatro tratamentos foi ligeiramente maior para os chips de batata-doce sem pré-secagem (7,87 %), se comparado aos chips de batata-doce com pré-secagem (5,93 %) por consequência sua perda de água foi menor.

Os teores de umidade são muito importantes, tanto para a conservação do produto, pois dificulta o crescimento microbiano, quanto para a qualidade sensorial do alimento, uma vez que a baixa umidade é responsável pela textura crocante original dos chips. Os valores de umidade também são importantes, pois aumentam o rendimento industrial do produto (CAPEZIO; HUARTE; CARROZZI, 1993).

Em relação ao teor lipídico os chips de batata-doce sem pré-secagem e com pré-secagem apresentaram, em média, 9,62 % e 6,32 % de teores lipídicos respectivamente. Um aspecto importante que influi no grau de absorção de óleo pelo alimento é a qualidade inicial do óleo. A autoxidação, a

oxidação térmica e a polimerização aumentam a viscosidade do meio de fritura. Blumenthal (1991) e Guillaumin (1988) relataram que a alteração termoxidativa ocasiona um aumento na viscosidade do meio de fritura e diminui a capacidade calórica do óleo, a qual aumenta a absorção de óleo pelo alimento.

Tabela 2 - Teores de umidade (base seca) e lipídios totais (base úmida) de chips de batata-doce sem pré-secagem e chips de batata-doce com pré-secagem fritos em óleo.

Tratamentos	Umidade (%)	Lipídeos (%)
T1 (SPS)	7,92 ± 0,3 ^A	9,21±1 ^{aA}
T1 (CPS) *	5,56±0,55 ^B	8,51±0,69 ^{aA}
T2 (SPS)	8,31± 0,3 ^A	8,88±0,08 ^{aA}
T2 (CPS) *	6,42±2,43 ^B	5,60±1,01 ^{bB}
T3 (SPS)	7,33±0,06 ^A	9,77±2 ^{aA}
T3 (CPS) *	6,60±0,85 ^B	5,38±0,63 ^{bB}
T4 (SPS)	7,93±0,3 ^A	10,62±3 ^{aA}
T4 (CPS) *	5,17±0,25 ^B	5,80±1,16 ^{bB}

Fonte: Dos autores, 2020.

Legenda: T1: Salga com 100 % de cloreto de sódio; T2: Salga com 80 % de cloreto de sódio e 20 % de cloreto de potássio; T3: Salga com 50 % de cloreto de sódio e 50 % de cloreto de potássio; T4: Salga com 20 % cloreto de sódio e 80 % de cloreto de potássio; SPS: Sem pré-secagem; CPS: Com pré-secagem.

Nota: Letra minúscula na coluna comparam as médias dos tratamentos, e maiúsculas na linha comparam as médias do método de secagem entre si. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente a 5 % de probabilidade, pelo teste de *Tukey*. * significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < 0,01$).

No processo de fritura, a água eliminada por evaporação é substituída parcialmente pelo óleo. Batatas fritas em óleo de soja apresentaram maior teor de umidade e menor absorção ao longo do processo, demonstrando que o óleo só é introduzido no produto, uma vez que há espaço deixado pela água liberada durante o processo (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002; DEL RÉ, 2003; POZO-DÍEZ, 1995).

Quanto às condições de fritura de alimentos, temperaturas entre 150 °C e 180 °C não tem efeito significativo na absorção do óleo (DOBARGANES; MÁRQUEZ-RUIZ; VELASCO, 2000). Temperaturas muito elevadas aceleram o processo de fritura aumentando a decomposição do óleo. Porém, produzem um alimento super cozido na superfície e mal cozido em seu interior. Temperaturas muito baixas desenvolvem cores mais claras, permitem uma maior absorção de óleo, obtendo um produto mais gorduroso (POZO-DÍEZ, 1995).

A adição de sódio não apresentou influência sob o teor de umidade e de lipídeos dos chips de batata-doce sem pré-secagem, já nos tratamentos submetidos à pré-secagem, houve um aumento da umidade para as adições de 100 e 20 % de NaCl da quantidade de cloreto adicionada, com diferença significativa. O teor de lipídeos para o tratamento que recebeu 100 % de adição de cloreto de sódio durante a salga foi mais elevado do que nos tratamentos que tiveram substituição parcial de NaCl por KCl.

Dentre os tratamentos avaliados, a substituição de 80 % de NaCl por KCl na salga, combinada a pré-secagem dos chips (T4 (CPS)), foi o tratamento mais interessante para a redução da umidade e do teor de lipídeos do produto. Um baixo teor de umidade prolonga o tempo de vida de prateleira do produto, uma vez que diminui a quantidade de água disponível para o desenvolvimento microbiano, atividades enzimáticas e reações químicas, além de reduzir custos com transporte e armamento (IBARZ; BARBOSA-CÁNOVAS, 2002; MONTEIRO; CARCIOFI; LAURINDO, 2016).

A redução da umidade também potencializa a aceitabilidade de alimentos fritos, pois no geral aumenta a textura crocante do produto. Pedreschi e Moyano (2005) verificaram um valor final de força máxima significativamente maior ($p > 0,05$) para batatas fritas escaldadas e secas, do que para batatas fritas apenas escaldadas. A força máxima reflete a quebra da camada externa do pedaço de batata quando penetrada pelo elemento de punção, os autores verificaram ainda que, a umidade é inversamente proporcional à força máxima apresentada pela batata frita.

Além disso, produtos com redução do teor de lipídeos são mais atrativos no mercado, pois os consumidores têm buscado por alimentos mais saudáveis, sendo importante e urgentemente necessária a aplicação de métodos alternativos de processamento, em vez de métodos convencionais de fritura (TIAN *et al.*, 2017).

A Tabela 3 apresenta os resultados de análise instrumental de cor dos chips de batata-doce.

Tabela 3 - Valores de luminosidade (L), coordenadas de cromaticidade a^* e b^* e C^* da coloração dos chips de batata-doce.

Tratamentos	L	a^*	b^*	C^*
T ₁ (CPS)	59,15 ^a	1,94 ^a	28,77 ^a	28,83 ^b
T ₂ (CPS)	53,26 ^a	-1,17 ^a	20,88 ^{a,b}	20,84 ^c
T ₃ (CPS)	54,90 ^a	-1,70 ^{a,b}	15,24 ^{a,b}	15,14 ^d
T ₄ (CPS)	62,32 ^a	-0,36 ^{a,b}	31,47 ^a	31,46 ^a

L(0) = preto, 100 = branco); a^* (+a = vermelho, - a= verde); b^* (+b = amarelo -b= azul). Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Analisando os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* e C^*) os valores de L^* ficaram entre 53,26 e 62,32. Segundo Andrade et al. (2007) o parâmetro L^* indica a luminosidade e se refere à capacidade do objeto em refletir ou transmitir luz, variando numa escala de zero a 100. Quanto maior o valor de L^* , mais claro será o objeto. Pode-se observar que T_4 apresentou maior luminosidade. T_1 , T_2 e T_3 também apresentaram valores de luminosidade acima de 50, indicando que os chips de batata-doce possuem cor clara. A batata-doce *in natura* possui coloração branca, após fritura os chips apresentaram uma cor dentro da faixa do amarelo. Coleman (2004) classificou a cor da batata (*Solanum tuberosum* L.), após a fritura como sendo de qualidade inaceitável ($L^* < 55$); aceitável ($L^* \geq 55$ e ≤ 70) e de alta qualidade ($L^* > 70$). Tomando como referência os dados deste autor, T_1 e T_4 todos apresentam coloração aceitável.

Em relação à coordenada de cromaticidade a^* (+a vermelho / -a verde) T_1 apresentou valor mais elevado da coordenada a^* , indicando que a coloração deste tratamento está tendendo para o vermelho. T_2 , T_3 e T_4 apresentaram valores negativos de a^* , e indica que estes tratamentos apresentaram cor mais escura, tendendo a cor verde.

Em relação à coordenada de cromaticidade b^* (+b amarelo / -b azul) a coloração de todos os tratamentos é amarela o que é desejável para um produto do tipo chips. Entretanto, T_4 apresentou valor mais elevado da coordenada b^* , significando maior intensidade da cor amarela neste tratamento.

Analisando os valores de C^* , que representa a intensidade da tonalidade, T_4 obteve o maior valor de C^* , ou seja, este tratamento obteve uma cor com maior pureza em relação ao branco, com intensidade de cor tendendo para o amarelo.

Segundo Rogério e Leonel (2004), no que se refere à cor, o consumidor tem como parâmetro a batata chips que apresenta tonalidade de dourado claro, com ausência de pontos ou traços escuros. No entanto, a coloração do produto final depende principalmente da composição química da matéria-prima, que é resultado da variedade e condições de cultivo e armazenamento.

Conclusão

Os chips com pré-secagem e sem pré-secagem apresentaram variações nos teores de umidade e lipídio ao longo do processo de fritura. O teor de umidade foi superior nos chips de batata-doce sem pré-secagem. Com a pré-secagem a água presente no alimento é evaporada, por consequência há diminuição do teor de umidade e aumento da estabilidade microbiológica e bioquímica do produto. A baixa umidade é responsável pela textura crocante original dos chips. A absorção de óleo foi significativamente superior nos chips sem pré-secagem, a provável causa desta diferença baseia-se

na ausência da etapa de pré-secagem. A pré-secagem melhorou a textura dos chips, bem como promoveu a redução no teor de óleo absorvido durante a fritura. Os chips de batata-doce com pré-secagem apresentaram cor amarelo claro, o que é desejável para um produto do tipo chips.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde e a Capes pela oportunidade de cursar o Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Aos laboratórios de Fitoquímica, Frutas e Hortaliças, Pós-colheita de Produtos Vegetais pelo suporte prestado durante as análises do presente trabalho.

Referências

ANDRADE, A. A. *et al.* Medidas instrumentais de cor e textura em queijo de coalho. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS; CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ANALISTAS DE ALIMENTOS*, 15., 2007, Fortaleza. **Anais [...]**, Fortaleza: VC Eventos, 2007. 1 CD-ROM.

BARRETO, I. M. A. *et al.* Desenvolvimento de batatas chips crocantes e livres de óleo por micro-ondas a vácuo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS*, 25., 2016, Gramado. **Anais eletrônicos [...]**, Gramado: FAURGS, 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/>. Acesso em: 18 maio. 2021.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p.911-917, 1959.

BLUMENTHAL, M. M. Una nueva perspectiva en la química y física de las frituras por inmersión. **Alimentaria**, v. 28, n. 9, p. 65-70, 1991.

CAMPOS, V. R. **Elaboração de um snack de batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. 2014. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Tecnologia em Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

CAPEZIO, S.; HUARTE, M.; CARROZZI, L. Selección por peso específico en generaciones tempranas en el mejoramiento de la papa. **Revista Latinoamericana de la Papa**, v. 5, n. 1, p. 54-63, 1993.

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Food Science and Technology**, v. 22, n. 2, p. 111-116, 2002.



COLEMAN, W. K. Comparative performance of the L* a* b* color space and North American color charts for determining chipping quality in tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, p. 291-298, 2004.

DEL RÉ, P. V. **Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados**. 2003. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2003.

DICKINSON, B. D.; HAVAS, S. Reducing the population burden of cardiovascular disease by reducing sodium intake: a report of the Council on Science and Public Health. **Archives of Internal Medicine**, v. 167, n. 14, p. 1460-1468, 2007.

DOBARGANES, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; VELASCO, J. Interactions between fat and food during deep-frying. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 102, p. 521-528, 2000.

FOOD INGREDIENTS. Substituição de sódio nos alimentos. **Food Ingredients Brasil**, São Paulo, n. 25, p. 37-45, 2013.

FONTES, L. C. B. *et al.* Efeito das condições operacionais no processo de desidratação osmótica de batata-doce. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 1, p. 1-13, 2012.

GEANKOPLIS, Ch. **Transport Process and Unit Operations**. 3ª Edição. PTR Prentice Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.

GRIZOTTO, R. K. Processamento e rendimento industrial da batata chips e palha. *In*: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PROCESSAMENTO DE BATATAS, 2005, Pouso Alegre. **Palestras [...]**, Pouso Alegre: Associação Brasileira da Batata, 2005. Disponível em: http://www.abbabatatabrasileira.com.br/brasil_eventos_minas2005.htm%3E. Acesso em 28 abr. 2021.

GUILLAUMIN, R. Kinetics of fat penetration in food. *In*: VARELA, G.; BENDER, A. E.; MORTON, I. A. (Ed) **Frying foods: principles, changes, new approaches**. Chichester, Ellis Horwood, 1988. p. 82-90

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Unit operations in food engineering**. CRC press, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Ed. IV. 1ª edição digital. São Paulo: Instituto Adolf Lutz. 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=7&func=select&orderby=1&Itemid=7. Acesso em: 4 abr. 2021.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MIRANDA, J. E. C. *et al.* **A cultura da batata-doce**. Brasília, DF: Embrapa-SPI: Embrapa-CNPQ, 1995.



MONTEIRO, R. L.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Um processo de secagem multi-flash por micro-ondas para a produção de bananas crocantes. **Journal of Food Engineering**, v. 178, p. 1-11, 2016.

OLIVO, R.; GUARNIERI, P. D.; SHIMOKOMAKI, M. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, n. 289, p. 44-49, 2001.

PEDRESCHI, F.; MOYANO, P. Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. **LWT - Food Science and technology**, v. 38, n. 6, p. 599-604, 2005.

POZO-DÍEZ, R. M. **Estudio del proceso de fritura de alimentos frescos y congelados prefritos: comportamiento del aceite de semilla de girasol de alto contenido en ácido oleico**. 1995. 338 f. Tese (Doutorado em Farmácia) – Facultad de Farmacia, Universidad de Alcalá de Henares, Espanha, 1995.

RAPHAELIDES, S. N.; GRIGOROPOULOU, S.; PETRIDIS, D. Quality attributes of pariza salami as influenced by the addition of mechanically deboned chicken meat. **Food Quality and Preference**, v. 9, n. 4, p. 237-242, 1998.

ROGÉRIO, W. F.; LEONEL, M. Efeitos da espessura das fatias e pré-cozimento na qualidade de salgadinhos fritos (chips) de tuberosas tropicais. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 2, p. 131-137, 2004.

SANTOS, J. L. **Avaliação físico-química de cultivares de mandiocas (*Maniot esculenta crantz*) produzidas na região de Barra do Garças - MT para produção de mandioca chips**. 2012. 65 fl. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário do Araguaia, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Barra do Garças, 2012.

TIAN, J. *et al.* Microstructure and digestibility of potato strips produced by conventional frying and air-frying: An in vitro study. **Food structure**, v. 14, p. 30-35, 2017.

TRONCOSO, E.; PEDRESCHI, F. Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1164-1173, 2009.

VAN BUREN, L. *et al.* Dietary impact of adding potassium chloride to foods as a sodium reduction technique. **Nutrients**, v. 8, n. 4, p. 235, 2016.

VITRAC, O. *et al.* Deep-fat frying of cassava- influence of raw material properties on chip quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 2, p. 227-236, 2001.

ZHANG, Y. *et al.* Stability and color characteristics of PEF-treated cyaniding-3-glicoside during storage. **Food Chemistry**, v. 106, n.2, p. 669-679. 2008.

16 Capítulo

Avaliação das
propriedades funcionais
tecnológicas do okara
desidratado e aplicação
em biscoito tipo cookie

Capítulo 16

Avaliação das propriedades funcionais tecnológicas do okara desidratado e aplicação em biscoito tipo cookie

Bruna Marchesan Maran¹; Tahis Regina Bau^{*2}

Resumo

O okara é um subproduto proveniente da produção de extrato aquoso de soja, que possui elevado valor nutricional e alta perecibilidade, em função do seu elevado teor de umidade. A desidratação é um processo economicamente viável para possibilitar a incorporação do okara nos alimentos, entretanto, pode afetar as características do produto. O objetivo geral deste estudo foi avaliar as propriedades funcionais tecnológicas do okara desidratado e aplicá-lo na elaboração de cookies. O okara foi desidratado em diferentes condições de temperatura (X_1) e tempo (X_2), utilizando um planejamento fatorial 3^2 . As funções resposta investigadas foram a umidade, atividade de água, capacidade de absorção de água e capacidade de absorção de óleo. Após a desidratação, o okara foi aplicado no desenvolvimento de biscoitos cookie. Os cookies foram caracterizados quanto a composição química, diâmetro, espessura, rendimento, dureza, aceitação sensorial e preferência. A desidratação do okara a 80 °C por 12 h conferiu propriedades tecnológicas adequadas, com menor umidade e atividade de água e elevada capacidade de absorção de água e óleo. A substituição parcial da farinha de trigo pelo okara não afetou o diâmetro e o rendimento, mas conferiu maior espessura, maior dureza e aumento no teor de proteínas e lipídios dos cookies. A adição de okara nos cookies não influenciou o sabor, cor, aparência, textura e aceitação global, indicando ser uma alternativa viável para minimização dos resíduos gerados e para melhoria do valor nutricional dos produtos.

Palavras-chave: Planejamento fatorial. Resíduo. Secagem. Soja.

¹ Estudante, Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina.

² Docente, Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal de Santa Catarina.

* E-mail para correspondência: tahis.bau@ifsc.edu.br

Introdução

O okara é um subproduto proveniente da produção de extrato aquoso de soja, tofu e outros produtos de soja. Composto por cerca de 50% de fibras, 30% de proteínas e 9% de lipídios, apresenta alto valor nutricional (GUIMARÃES *et al.*, 2020; PLAZZOTTA *et al.*, 2021). Apesar do seu alto valor nutritivo, o uso do okara úmido pela indústria de alimentos é limitado, uma vez que o mesmo apresenta um alto teor de umidade (cerca de 80 a 85 g/100 g), ocasionando rápida deterioração (PARK; CHOI; KIM, 2015).

Cerca de 1,4 bilhão de toneladas de okara são produzidos anualmente em todo o mundo, principalmente por países asiáticos. No entanto, o okara normalmente é subutilizado e empregado como ração animal ou resíduo (PLAZZOTTA *et al.*, 2021; TAO *et al.*, 2019), apesar das suas propriedades nutricionais. Estudo realizado da microbiota intestinal de ratos alimentados com uma dieta rica em gordura demonstrou que, através do consumo de okara, houve indução da perda de peso, redução dos triglicerídeos plasmáticos, melhora no metabolismo de aminoácidos, além de atuar como prebiótico e aumentar os ácidos graxos de cadeia curta, melhorando a absorção de cálcio e magnésio (PÉREZ-LÓPEZ *et al.*, 2018). Além disso, devido sua elevada fração proteica com alto teor de aminoácidos essenciais, é um material com potencial para consumo humano como proteína de baixo custo (PLAZZOTTA *et al.*, 2021).

A incorporação do okara em produtos alimentícios melhora a qualidade nutricional do produto e agrega valor aos produtos à base de soja com redução de desperdícios e reaproveitamento de resíduo industrial (OLIVEIRA, 2016). Para que seja possível o uso de okara na formulação de alimentos, faz-se necessário o emprego do congelamento imediatamente após o processamento ou desidratação do resíduo (IBIDAPO *et al.*, 2020). A desidratação é o meio mais viável de conservação deste resíduo, pois reduz a atividade de água e permite uma considerável redução de custo no armazenamento e transporte (GUIMARÃES *et al.*, 2020). Entretanto, é importante considerar que durante o processo de desidratação podem ocorrer alterações nas propriedades funcionais tecnológicas do okara, afetando as características do produto em que é incorporado. A metodologia de superfície de resposta tem sido frequentemente utilizada para desenvolver, melhorar e otimizar as condições de processamento em vários processos, reduzindo o número de experimentos necessários para avaliar múltiplas variáveis e suas interações nas respostas. Assim, neste estudo foi aplicado um planejamento fatorial para avaliar condições ideais de secagem do okara.

O desenvolvimento de alimentos funcionais não pode ser baseado somente pela adição ou mistura de ingredientes apropriados, mas devem ser considerados os efeitos decorrentes do

processamento assim como os atributos sensoriais que afetam a qualidade final do produto. Considerando as características nutricionais e tecnológicas do okara e seu potencial de incorporação nos alimentos, o objetivo geral deste estudo foi avaliar as propriedades funcionais tecnológicas do okara desidratado e aplicá-lo na elaboração de cookies.

Material e Métodos

Desidratação do okara

O okara foi obtido do processamento do extrato de soja e doado pela empresa Cocamar, com sede em Maringá, Paraná. O okara foi submetido a diferentes processos de desidratação, em estufa com circulação de ar, com a finalidade de aumentar sua vida útil. Para avaliar o efeito da temperatura (X_1) e tempo (X_2) de secagem, foi aplicado o planejamento fatorial 3^2 , totalizando 11 ensaios e 3 repetições no ponto central, que foram realizados aleatoriamente.

Para cada ensaio, o okara foi inserido na estufa de circulação de ar em diferentes temperaturas ($X_1 = 55, 80$ e 105 °C) e tempos ($X_2 = 4, 8$ e 12 h). A Tabela 1 apresenta os níveis codificados e reais das variáveis independentes X_1 (temperatura) e X_2 (tempo). As funções resposta investigadas foram a umidade, atividade de água, capacidade de absorção de água e capacidade de absorção de óleo. A umidade foi determinada segundo AOAC (2006). A atividade de água foi determinada no equipamento AquaMaster. A capacidade de absorção de água e óleo foi realizada segundo Okezie e Bello (1988).

A partir das funções respostas foram realizadas as análises de regressão para avaliar os efeitos das variáveis independentes e suas interações. A análise de variância (ANOVA) da regressão e coeficiente de determinação (R^2) foram realizados para verificar o ajuste do modelo aos dados experimentais. Os gráficos de superfície de resposta foram gerados para avaliar o efeito das variáveis independentes sobre as funções resposta investigadas.

Aplicação de okara em cookies

Após a desidratação, o okara foi aplicado no desenvolvimento de biscoitos cookie. Foram desenvolvidas quatro formulações de cookie, sendo que a formulação controle apresentou 23,3% de farinha de trigo, 0,6% de bicarbonato de sódio, 0,3% de sal, 12,6% de manteiga, 10% de açúcar refinado, 8,3% de açúcar mascavo, 0,1% de essência de baunilha, 1,9% de ovo e 43% de gotas de



chocolate. O okara foi aplicado no desenvolvimento de biscoitos cookie, nas proporções de 0%, 25%, 50% e 75%, em substituição a farinha de trigo. Para tanto, os ingredientes secos foram previamente pesados e misturados, seguido da adição dos demais ingredientes. Os produtos foram assados em forno combinado a 180 °C por 20 minutos. Após assados, os biscoitos foram resfriados em ambiente aberto e sem ventilação, evitando formação excessiva de rachaduras na superfície e aspecto murcho e, então, armazenados em embalagens plásticas para realização das análises.

Caracterização dos cookies

A composição química dos cookies foi determinada conforme a metodologia descrita anteriormente (AOAC, 2006). O diâmetro e a espessura foram medidos com auxílio de um paquímetro. O rendimento foi calculado considerando a perda de peso durante o assamento. A dureza foi determinada utilizando-se um texturômetro Stable Micro Systems Texture Analyser TAXT2i (Texture Technologies Corp, Inglaterra). As amostras foram dispostas horizontalmente sobre a plataforma metálica original do texturômetro sendo utilizado o probe Warner Bratzler (HDP/BS), com carga máxima de 50 kg. Os resultados foram expressos em N e representaram a média aritmética de 10 determinações. Os parâmetros utilizados nos testes foram: velocidade pré-teste = 2,0 m/s; velocidade de teste = 2,0 m/s; velocidade pós-teste = 2,0 m/s; força = 0,20 N.

As análises microbiológicas dos cookies foram realizadas em triplicata, como critério higiênico-sanitário para posterior submissão das amostras à análise sensorial. Foram realizados a contagem de coliformes a 45 °C, contagem de estafilococos coagulase positiva e pesquisa de *Salmonella* spp, seguindo a metodologia descrita na Instrução Normativa 62 de 26 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003).

Para a avaliação sensorial, o projeto foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (CAEE 45381615.6.0000.5365). A avaliação sensorial das formulações de cookies foi realizada com 63 avaliadores não treinados, de ambos os sexos, constituídos de alunos, professores e funcionários da instituição de ensino em que foi realizada esta pesquisa. Foi realizado um teste de aceitação de atributos, onde os avaliadores receberam as amostras monadicamente e de forma seqüencial. Os avaliadores foram instruídos a apontarem o quanto gostaram ou desgostaram do produto em relação aos atributos de cor, aroma, textura, sabor e aceitação global, por meio de uma escala hedônica de nove pontos estruturados variando de “Desgostei Extremamente (1)” a “Gostei Extremamente (9)” (STONE e SIDEL, 2004). Também foi realizado um teste de intenção de compra para cada amostra, onde o avaliador utilizou uma escala, podendo

optar por “decididamente eu compraria”, “provavelmente eu compraria”, “talvez sim/talvez não” e “decididamente eu não compraria”. Também foi realizado um teste de ordenação-preferência, para identificar a amostra preferida entre os avaliadores. Os resultados para o teste de intenção de compra foram avaliados pelas frequências de respostas, por meio de gráfico. Os dados sobre a preferência foram expressos como percentual de provadores que optaram por cada amostra como sendo a mais preferida.

Para comparação de médias foram realizados à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p < 0,05$). Os cálculos e a construção dos gráficos das superfícies de resposta foram realizados utilizando o programa Statistica 7.0.

Resultados e Discussão

Efeito do tempo e da temperatura na desidratação do okara

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos para as funções respostas umidade, atividade de água (A_w), capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO). Na Figura 1 podemos verificar os gráficos de superfície de resposta de acordo com o tempo e temperatura utilizados na desidratação do okara, para as funções resposta investigadas.

Tabela 1 - Variáveis e funções respostas obtidas no planejamento fatorial para desidratação do okara

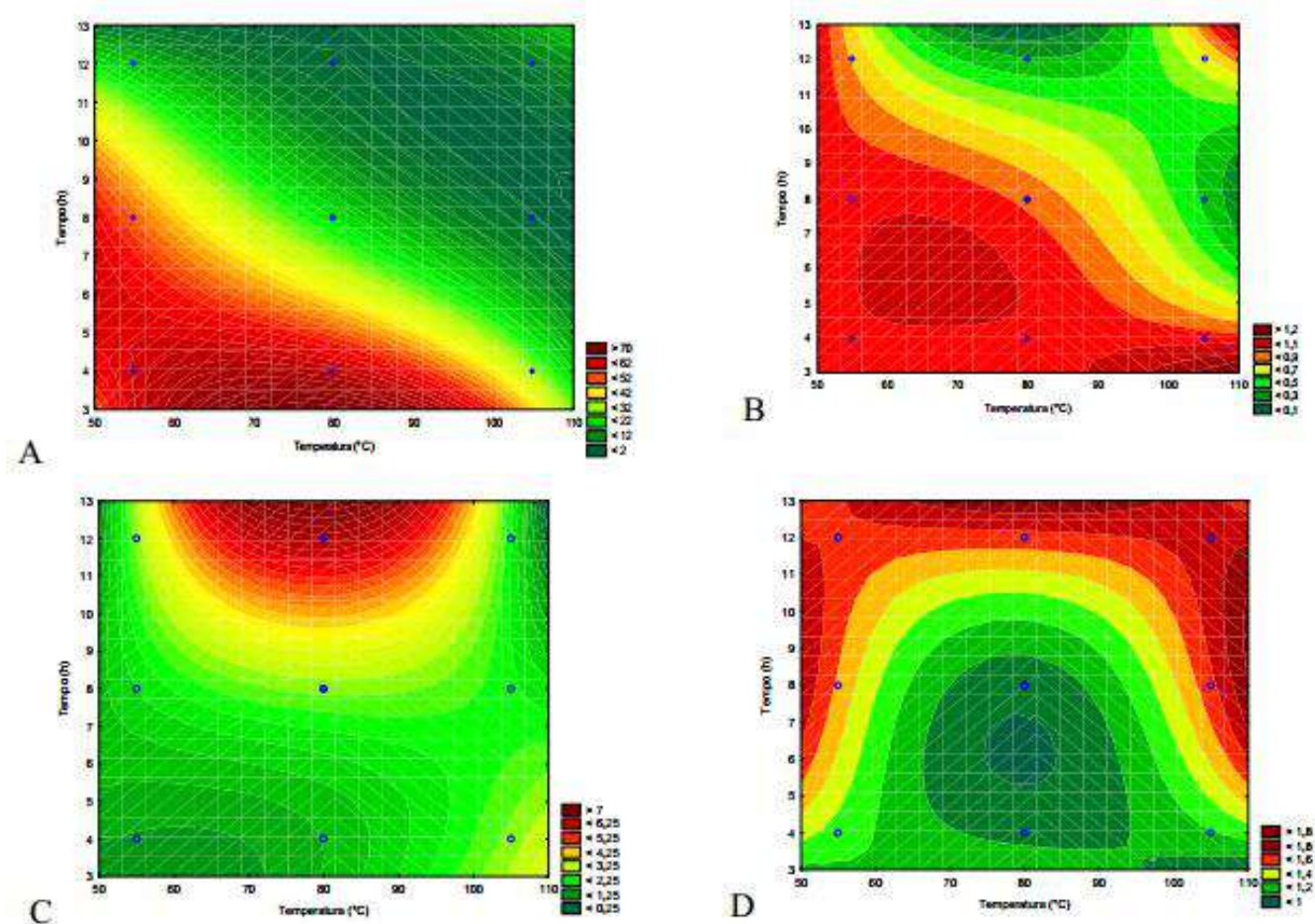
Ensaio	X_1	X_2	Umid ¹	A_w ²	CAA ³	CAO ⁴
1	55 (-1)	4 (-1)	60,6	0,98	1,21	1,26
2	55 (-1)	8 (0)	49,7	0,97	1,99	1,48
3	55 (-1)	12 (1)	17,5	0,79	2,83	1,58
4	80 (0)	4 (-1)	63,5	0,98	1,51	1,07
5	80 (0)	8 (0)	14,2	0,77	2,95	0,71
6	80 (0)	12 (1)	4,3	0,31	6,35	1,56
7	105 (1)	4 (-1)	30,9	0,95	2,85	1,19
8	105 (1)	8 (0)	4,3	0,38	2,31	1,57
9	105 (1)	12 (1)	8,6	0,67	2,27	1,65
10	80 (0)	8 (0)	30,3	0,95	2,77	1,15
11	80 (0)	8 (0)	21,3	0,89	2,80	1,25

Fonte: Dos autores, 2021

X_1 = Temperatura (°C) e X_2 = Tempo (h) (níveis reais e codificados). ¹Umidade (%), ²Atividade de água, ³Capacidade de absorção de água (g de água/g amostra), ⁴Capacidade de absorção de óleo (g de óleo/g amostra).

De acordo com os dados obtidos (Tabela 1 e Figura 1) pode-se observar que a temperatura e tempo de secagem apresentaram efeitos significativos sobre a umidade, atividade de água, capacidade de absorção de água e capacidade de absorção de óleo. Em relação a umidade pode-se observar que a variável tempo apresentou efeito linear significativo, indicando que conforme aumenta o tempo de secagem menor será a umidade do okara. Em relação a atividade de água, pode-se observar que a variável tempo apresentou efeito linear significativo, indicando que conforme aumenta o tempo de secagem menor será a atividade de água do okara. A secagem do okara até valores baixos de umidade auxiliam na manutenção de suas propriedades funcionais, sendo essencial para o armazenamento prolongado e aplicações em alimentos (WANG *et al.*, 2016). De acordo com Li, Qiong e Lu (2012) vários métodos podem ser empregados para a desidratação do okara (convecção, condução, desidratação a vácuo, com agitação, micro-ondas, liofilização, utilização de campo elétrico de alta tensão) e os métodos de secagem afetam as propriedades sensoriais e funcionais do okara, que incluem a capacidade de absorção de água e óleo.

Figura 1 - Superfície de resposta para a umidade (A), atividade de água (B), CAA (C) e CAO (D)



Fonte: Dos autores (2021)

Os dados obtidos para capacidade de absorção de água revelam que as variáveis temperatura e tempo apresentaram efeitos linear e quadráticos significativos, sendo que conforme ocorreu aumento dos níveis de temperatura e tempo, menor é a capacidade de absorção de água do okara. Isto provavelmente ocorreu devido a desnaturação das proteínas da soja, sendo que nesta condição ocorre menos capacidade de se ligar e absorver água. As principais proteínas da soja, β -conglucina (7S) e glicina (11S) desnaturam entre 65-75 °C e 85-95 °C, respectivamente (KITABATAKE; TAHARA; DOI, 1990), que foi a faixa de temperatura empregada neste estudo para a desidratação do okara. Em relação a capacidade de absorção de óleo, observa-se que as variáveis temperatura e tempo não apresentaram efeitos linear e quadráticos significativos, entretanto, observa-se que em condições de maior temperatura e tempo há uma maior capacidade de absorção de óleo do okara, possivelmente devido o menor conteúdo de água ligada no produto nesta condição. De acordo com Li, Qiao e Lu (2012) o okara apresenta capacidade de ligação de umidade de óleo que o tornam um ingrediente de baixo custo ideal para ser aplicado em alguns alimentos.

A partir dos resultados obtidos e as superfícies de respostas, aplicou-se a técnica de desejabilidade para obter a condição de temperatura e tempo que apresentasse menor umidade, menor atividade de água, maior capacidade de absorção de água e óleo. Assim, a condição de desidratação do okara com a melhor condição foi de 80 °C por 12 h. Nesta condição, o okara foi desidratado e empregado na elaboração dos cookies.

Propriedades físicas e sensoriais dos cookies elaborados com okara

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das análises da composição química do biscoito tipo cookie. Em relação ao teor de umidade, as amostras apresentaram teor semelhante, entretanto, maior umidade ($p < 0,05$). foi observada na amostra com 25% de substituição da farinha por okara. Em relação ao teor de cinzas, as amostras apresentaram diferentes resultados ($p < 0,05$), sendo que os cookies 50 e 75% apresentaram maior teor. Park, Choi e Kim (2015) formularam cookies com okara fresco usando amido, farinha de soja e hidroxipropil metilcelulose, que apresentaram maior teor de cinzas (5,3 a 6,3%), enquanto que os cookies desenvolvidos por Ostermann-Porcel, Rinaldoni e Campderrós (2017) apresentaram teor de cinzas de 0,25 a 0,79%.

A amostra contendo substituição de 75% da farinha de trigo pelo okara apresentou maior teor de proteínas (9,8%) ($p < 0,05$), indicando que o okara contribuiu para aumentar o valor nutricional do produto. O teor de lipídios das amostras com adição de okara não diferiram significativamente (p

> 0,05). Ostermann-Porcel, Rinaldoni e Campderrós (2017) desenvolveram formulações de cookies sem glúten com diferentes proporções de okara (0, 15, 30 e 50%) e observaram que adição de okara também promoveu aumento no teor de lipídios e proteínas. Cookies contendo okara desenvolvidos por Park, Choi e Kim (2015) apresentaram 11,2% de proteínas e 25,6% de lipídios.

Tabela 2 - Composição química (g/100 g) das amostras de cookie

Umidade	Cinzas		Proteínas	Lipídeos
C*	1,4 ± 0,1 ^b	1,6 ± 0,0 ^d	6,2 ± 0,0 ^c	20,8 ± 0,7 ^b
25%	1,7 ± 0,0 ^a	1,7 ± 0,0 ^c	7,3 ± 0,0 ^{bc}	21,7 ± 1,3 ^{ab}
50%	1,5 ± 0,1 ^b	2,0 ± 0,0 ^a	8,4 ± 0,0 ^b	23,1 ± 0,7 ^{ab}
75%	1,3 ± 0,0 ^b	1,9 ± 0,0 ^b	9,8 ± 0,0 ^a	24,8 ± 0,2 ^a

Fonte: Dos autores, 2021

C*=controle. Médias ± desvio padrão na mesma coluna acompanhadas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey com 5% de probabilidade.

O diâmetro dos cookies (Tabela 3) variou de 2,7 a 3,1 cm e não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$), enquanto que no estudo desenvolvido por Park, Choi e Kim (2015) variou de 2,78 a 2,84 cm. Os cookies contendo okara formulados por Li *et al.* (2020) apresentaram diâmetro entre 7,5 e 7,9 cm. Em relação ao diâmetro e rendimento, não foi observado diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as amostras de cookies. A espessura dos cookies variou de 1,5 a 2,0 cm e os cookies com adição de 50% e 75% de okara obtiveram resultados iguais, diferindo da amostra com 25% de okara e da amostra controle ($p > 0,05$). Neste estudo, a espessura dos cookies aumentou à medida que o okara foi adicionado ($p > 0,05$), conforme comportamento também observado por Li *et al.* (2020). A espessura dos cookies desenvolvidos neste estudo foram superiores ao relatado por Park, Choi e Kim (2015) e inferiores ao relatado por Li *et al.* (2020).

Tabela 3 - Propriedades físicas dos cookies com adição de okara

Amostra	Diâmetro (cm)	Rendimento (%)	Espessura (cm)	Dureza (N)
Controle	3,0 ± 0,4 ^a	89,7 ± 1,0 ^a	1,5 ± 0,2 ^c	149,2 ± 23,9 ^b
25%	3,0 ± 0,4 ^a	90,4 ± 0,9 ^a	1,8 ± 0,1 ^b	167,5 ± 20,7 ^b
50%	3,1 ± 0,3 ^a	89,8 ± 0,6 ^a	1,9 ± 0,1 ^a	169,2 ± 23,6 ^b
75%	2,7 ± 0,2 ^a	89,6 ± 4,7 ^a	2,0 ± 0,1 ^a	361,9 ± 51,0 ^a

Fonte: Dos autores, 2021

Médias ± desvio padrão na mesma coluna acompanhadas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey com 5% de probabilidade.

A dureza dos cookies variou de 149,1 a 361,9 N, e a amostra com substituição de 75% de farinha de trigo por okara apresentou maior dureza, diferindo estatisticamente das demais amostras ($p < 0,05$). O aumento da dureza com a adição do okara pode estar relacionado às propriedades de coesão dos ingredientes, e com o aumento do teor de proteínas e lipídios (Tabela 2), conforme relatado por Fustier *et al.* (2009). Grizotto *et al.*, (2010) desenvolveram cookies com substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de okara desidratada e não observaram diferenças nas propriedades físicas e em relação à amostra controle. Li *et al.* (2020) desenvolveram cookies contendo okara proveniente de processo de extração assistido por enzimas, adicionado nas proporções de 0 a 50%. Os referidos autores observaram que adição de okara nos cookies também promoveu aumento na dureza de 480 para até 710 g, o que pode ocorrer devido o aumento no teor de fibras do produto e migração da umidade no núcleo mais úmido para a superfície seca durante o assamento, ocasionando expansões e subsequentes contrações que afetam a textura do alimento. Ostermann-Porcel, Rinaldoni e Campderrós (2017) também associaram o aumento da dureza de cookies (variou de 22,08 até 37,76 N) com a presença de proteínas e fibras do okara, que contribuem com a compactação da massa, afetando sua dureza.

Os cookies não apresentaram contaminação microbiológica, considerando os microorganismos analisados. Na Tabela 4 estão apresentados os resultados do teste de aceitação sensorial. A adição de okara não alterou a aceitação do sabor, cor, aparência, textura e aceitação global, que não diferiram do cookie sem adição de okara ($p > 0,05$), indicando que a incorporação deste resíduo não afetou a aceitação sensorial. De acordo com Li, Qiao e Lu (2015) o okara tem sido aplicado em diversas formulações, sem afetar as propriedades físicas e sensoriais dos alimentos. No estudo realizado por Ostermann-Porcel, Rinaldoni e Campderrós (2017), os cookies sem glúten com adição de okara apresentaram características de cor, sabor e textura aceitáveis, sendo que os avaliadores preferiram os cookies contendo até 30% de okara e, a adição de 50% de okara nas formulações afetou a aceitabilidade global dos cookies. No estudo desenvolvido por Li *et al.* (2020) a aceitabilidade dos cookies reduziu com a incorporação de okara nas formulações.

Em relação ao teste de intenção de compra (Figura 2), pode-se verificar que as amostras controle, 25% e 50% de substituição de farinha de trigo por okara, foram citadas na maioria das vezes como “provavelmente compraria”, seguido das amostras com utilização de 75% de okara.

Para o teste de preferência, 17% dos avaliadores preferiram a amostra de 50% de okara, 24% preferem a amostra controle, 29% a amostra com 75% de okara e 30% dos avaliadores prefereriram a amostra com 25% de okara.

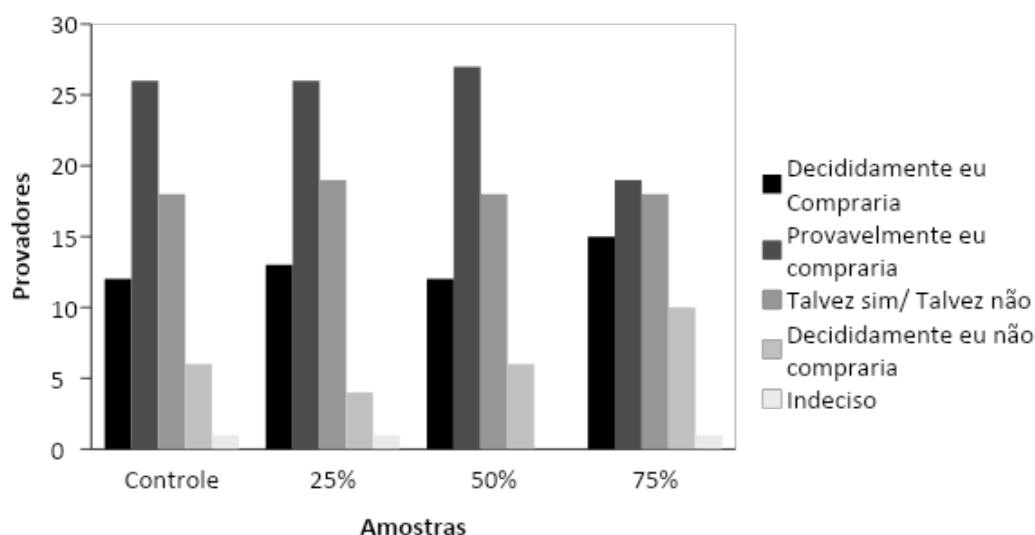
Tabela 4 - Aceitação sensorial dos cookies com adição de okara

	C*	25%	50%	75%
Sabor	7,2±1,4 ^a	7,5±1,3 ^a	7,2±1,7 ^a	7,1±1,9 ^a
Cor	6,8±1,7 ^a	7,2±1,4 ^a	7,1±1,5 ^a	7,3±1,5 ^a
Aparência	6,7±1,8 ^a	7,2±1,4 ^a	7,2±1,3 ^a	7,1±1,6 ^a
Textura	6,7±1,8 ^a	6,8±1,5 ^a	6,9±1,6 ^a	6,7±2,1 ^a
Aceitação global	7,0±1,4 ^a	7,2±1,2 ^a	7,1±1,6 ^a	7,0±1,7 ^a

Fonte: Dos autores, 2021

C*=controle. Médias ± desvio padrão na mesma linha acompanhadas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Figura 2 - Intenção de compra dos cookies com adição de okara



Fonte: Dos autores (2021)

Conclusão

A desidratação do okara a 80 °C por 12 h conferiu propriedades tecnológicas adequadas, com menor umidade e atividade de água e elevada capacidade de absorção de água e óleo. A substituição parcial da farinha de trigo pelo okara não afetou o diâmetro e o rendimento, mas conferiu maior espessura, maior dureza e aumento no teor de proteínas e lipídios dos cookies. A adição de okara nos cookies não influenciou o sabor, cor, aparência, textura e aceitação global, indicando ser uma alternativa viável para minimização dos resíduos gerados e para melhoria do valor nutricional dos produtos. Embora as amostras não tenham apresentado diferença no teste de aceitação sensorial, considerando as propriedades físicas apresentadas, recomenda-se a substituição de até 50% da farinha por okara nas formulações de cookie.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Instituto Federal de Santa Catarina pela concessão de bolsa e recursos que possibilitaram a realização deste estudo e ao CNPq pela concessão do Prêmio Jovem Cientista, oriundo da realização deste trabalho. Agradecem também a empresa Cocamar, pela doação do okara utilizado neste estudo.

Referências

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International** - Volume I and II, 18th Edition, Rev. 1, 2006.

BRASIL. IN nº 62, de 26 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 set. 2003. Disponível em: <http://www.extranet.agricultura.gov.br>. Acesso em: 18 jun. 2021.

FUSTIER, P. *et al.* Impact of commercial soft wheat flour streams on dough rheology and quality attributes of cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 2, p. 228-237, 2009.

GRIZOTTO, R. K. *et al.* Evaluation of the quality of a molded sweet biscuit enriched with okara flour. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 270-275, 2010.

GUIMARAES, R. M. *et al.* Evaluating technological quality of okara flours obtained by different drying processes. **LWT**, v. 123, p. 109062, 2020.

IBIDAPO, O. P. *et al.* Quality evaluation of functional bread developed from wheat, malted millet (*Pennisetum Glaucum*) and 'Okara' flour blends. **Scientific African**, v. 10, p. e00622, 2020.

KITABATAKE, N.; TAHARA, M.; DOI, E. Thermal denaturation of soybean protein at low water contents. **Agricultural and Biological Chemistry**, 54, 2205-2212, 1990.

LI, B.; QIAO, M.; LU, F. Composition, nutrition, and utilization of okara (soybean residue). **Food Reviews International**, v. 28, n. 3, p. 231-252, 2012.

LI, Y. *et al.* Digestibility, textural and sensory characteristics of cookies made from residues of enzyme-assisted aqueous extraction of soybeans. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2020.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food science**, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.

OLIVEIRA, R. B. **Adição do resíduo do extrato aquoso de soja (okara) em produto tipo hambúrguer formulado com carne bovina**. 2016. 116f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.



OSTERMANN-PORCEL, M. V. *et al.* Incorporation of okara into gluten-free cookies with high quality and nutritional value. **Journal of Food Quality**, v. 2017, 2017.

PARK, J.; CHOI, I.; KIM, Y. Cookies formulated from fresh okara using starch, soy flour and hydroxypropyl methylcellulose have high quality and nutritional value. **LWT-Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 660-666, 2015.

PÉREZ-LÓPEZ, E. *et al.* Soybean Okara modulates gut microbiota in rats fed a high-fat diet. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 16, p. 100-107, 2018.

PLAZZOTTA, S. *et al.* Physical, chemical, and techno-functional properties of soy okara powders obtained by high pressure homogenization and alkaline-acid recovery. **Food and Bioprocess Processing**, v. 128, p. 95-101, 2021.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. 3 ed. Food Science and Technology, International Series Elsevier Academic Press, 2004. 377 p.

TAO, X. *et al.* Effects of pretreatments on the structure and functional properties of okara protein. **Food Hydrocolloids**, v. 90, p.394-402, 2019.

WANG, G. *et al.* Optimization of air jet impingement drying of okara using response surface methodology. **Food control**, v. 59, p. 743-749, 2016.

17 Capítulo

Nanocompósitos à base de amido de fruta-de-lobo reforçados com nanofibras de celulose isoladas de cascas de fruta-de-lobo

Capítulo 17

Nanocompósitos à base de amido de fruta-de-lobo reforçados com nanofibras de celulose isoladas de cascas de fruta-de-lobo

Amanda Lélis de Souza*¹; Letícia Moraes Costa Teixeira²; Maria Betânia de Freitas Marques³; Guilherme Carneiro⁴; Franciele Maria Pelissari⁵

Resumo

Visando o uso sustentável da biodiversidade do Cerrado brasileiro, a fruta-de-lobo tem alto potencial como nova fonte vegetal para o desenvolvimento de embalagens ecologicamente corretas. Tendo em vista o aproveitamento integral da fruta-de-lobo, nanofibras de celulose (NCs) foram obtidas a partir das cascas por hidrólise ácida, utilizando diferentes concentrações de ácido sulfúrico (0,1%, 1% e 10% (v/v)). Filmes biodegradáveis à base de amido de fruta-de-lobo incorporados de NCs (5% (p/p)) como agente de reforço foram produzidos pelo método de *casting*. Os efeitos da adição das NCs sobre as propriedades dos nanocompósitos resultantes foram investigados. A presença das nanopartículas melhorou a estabilidade térmica dos filmes, devido às fortes interações intermoleculares que ocorrem entre o amido e a celulose. Os nanocompósitos produzidos exibiram aumento significativo na resistência à tração, módulo de Young e opacidade com a adição das NCs. Nanofibras de celulose isoladas a uma concentração de ácido sulfúrico de 0,1% (NC 0.1) têm potencial para serem utilizadas como agentes de reforço em filmes à base de biopolímero, uma vez que o nanocompósito adicionado dessa nanopartícula (F0.1) apresentou boa resistência mecânica (tensão na ruptura = 7,45 MPa e módulo de Young = 471,57 MPa) se comparado com o filme controle (FC) (tensão na ruptura = 5,19 MPa e módulo de Young = 274,38 MPa). Além disso, a obtenção dessa nanopartícula (NC 0.1) ocorre nas condições mais brandas do tratamento químico, sendo economicamente viável (do ponto de vista

¹Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Laboratório de Materiais Verdes, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

²Graduanda em Engenharia de Alimentos, Laboratório de Materiais Verdes, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

³Pós-doutora em Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Biologia e Ciências da Saúde, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

⁴Docente, Laboratório de Materiais Verdes, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

⁵Docente, Departamento de Farmácia, Faculdade de Biologia e Ciências da Saúde, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

*E-mail para correspondência: amandalelis247@gmail.com

energético) e apresentando vantagens ambientais. A fruta-de-lobo provou ser uma fonte renovável interessante de nanofibras (casca) e amido (polpa) para a produção de nanocompósitos.

Palavras-chave: Biopolímero. Cerrado brasileiro. Filme biodegradável. Nanopartículas. *Solanum lycocarpum*.

Introdução

Polímeros sintéticos convencionais oferecem muitas vantagens como desempenho mecânico, versatilidade, leveza, baixo custo e fácil processamento, especialmente em aplicações de embalagens de alimentos (KIM; CHOI; JIN, 2020). No entanto, esses materiais são considerados agentes altamente poluentes em razão de sua durabilidade, persistindo no meio ambiente por um longo período de tempo. A aplicação de polímeros naturais como o amido surgiu como uma alternativa a esses polímeros não biodegradáveis devido à sua abundância, biodegradabilidade e renovabilidade (SONI *et al.*, 2020). No entanto, a alta solubilidade em água e a natureza quebradiça do filme de amido limita sua aplicação.

O uso da nanotecnologia no desenvolvimento de nanocompósitos contendo cargas nanométricas pode ser uma alternativa para melhorar as propriedades mecânicas e de barreira de um determinado polímero. Além disso, materiais em escala nanométrica fornecem nanocompósitos únicos com propriedades excepcionais que não são vistas em compósitos convencionais (KHALIL; BHAT; YUSRA, 2012; PELISSARI *et al.*, 2017).

Entre os preenchedores nanométricos, os materiais de celulose têm chamado a atenção e oferecem uma linha de pesquisa atual. A celulose é um dos polímeros mais abundantes do planeta. Está presente em várias fontes, incluindo plantas, bactérias e fungos. É ecologicamente correta, biodegradável, proveniente de fontes renováveis e custo acessível. A nanofibra de celulose é uma fibra de celulose em nanoescala extraída das paredes celulares das plantas. As propriedades mecânicas das nanofibras de celulose são comparáveis às de materiais sintéticos de alto desempenho (BALASUBRAMANIAM; PATEL; NAYAK, 2020).

As nanofibras de celulose podem ser extraídas de fontes naturais por hidrólise ácida resultando em celulose purificada. Nesse processo, o ácido sulfúrico (H₂SO₄) é o ácido mais comumente utilizado, pois produz nanofibras mais estáveis em soluções aquosas devido à introdução de grupos sulfato na superfície das fibras (TIBOLLA *et al.*, 2020).

Devido à sua renovabilidade anual, os resíduos das colheitas agrícolas podem ser uma fonte valiosa de nanofibras de celulose. Diversos estudos têm demonstrado o potencial tecnológico da adição de nanoestruturas oriundas de resíduos agrícolas na melhoria das propriedades de nanocompósitos poliméricos, tais como, folha de abacaxi (CHERIAN *et al.*, 2011), palha de trigo (KAUSHIK; SINGH, 2011), casca de banana (PELISSARI *et al.*, 2017), bagaço de mandioca (TRAVALINI *et al.*, 2019), bagaço de limão (SOOFI *et al.*, 2021) entre outros. Esses nanomateriais, quando incorporados na matriz polimérica, podem efetivamente melhorar as propriedades termomecânicas, diminuir a sensibilidade dos polímeros à água e preservar a biodegradabilidade (PELISSARI *et al.*, 2017).

Atualmente, o resíduo proveniente do processamento das frutas vem ganhando cada vez mais atenção como alternativa de matéria-prima celulósica devido à sua disponibilidade. Anualmente, cerca de 800 milhões de toneladas de resíduos agrícolas secos são produzidos em todo o mundo (KASSAB *et al.*, 2020). Decorrente do processamento de frutos *Solanum lycocarpum* do Cerrado brasileiro, a casca da fruta-de-lobo é um resíduo lignocelulósico com potencial para ser aplicada como agente de reforço em compósitos de alto desempenho. Além disso, o fruto pode apresentar teor de amido variando de 1,8 a 20% dependendo do estágio de maturação e estação de coleta (PASCOAL, 2013). Essa alta concentração de amido, componente responsável pela formação da matriz polimérica, faz com que a fruta-de-lobo seja uma fonte promissora na elaboração de filmes biodegradáveis.

Para investigar o uso potencial de nanofibras de celulose como agentes de reforço em polímeros, nanocompósitos à base de amido contendo essas nanofibras foram produzidos e caracterizados. A fim de aproveitar ao máximo a fruta-de-lobo, a polpa foi usada para obter o amido que serviu de matriz para os filmes e a casca foi empregada para isolar as nanofibras de celulose. Os nanocompósitos resultantes foram caracterizados quanto às suas propriedades mecânicas, ópticas e térmicas. Ressalta-se que não há trabalhos na literatura reportando o desenvolvimento de filmes biodegradáveis à base de amido de fruta-de-lobo reforçados com nanofibras de celulose oriundas das cascas da mesma fonte.

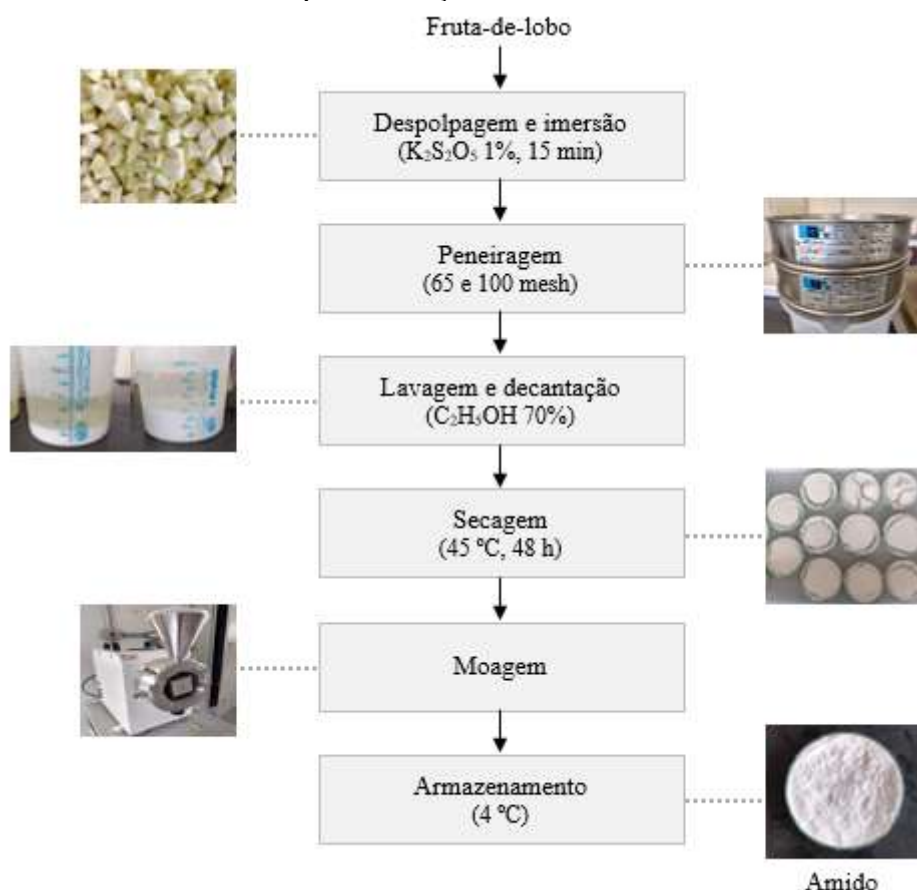
Material e Métodos

O amido da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* A. St.-Hill) foi extraído em estágio de maturação verde. As frutas foram colhidas na cidade de Diamantina – MG, distrito de Conselheiro Mata, Brasil (-18.228930, -43.610849) no período de janeiro de 2019, foram higienizadas e

armazenadas a 4 °C até a etapa de preparação do amido. Todos os reagentes químicos utilizados no decorrer do projeto são de grau analítico.

O amido da fruta-de-lobo foi obtido pela metodologia descrita por Louzada *et al.* (2021), com algumas modificações (Figura 1).

Figura 1 - Procedimento usado para obtenção do amido de fruta-de-lobo



Fonte: Dos autores, 2021.

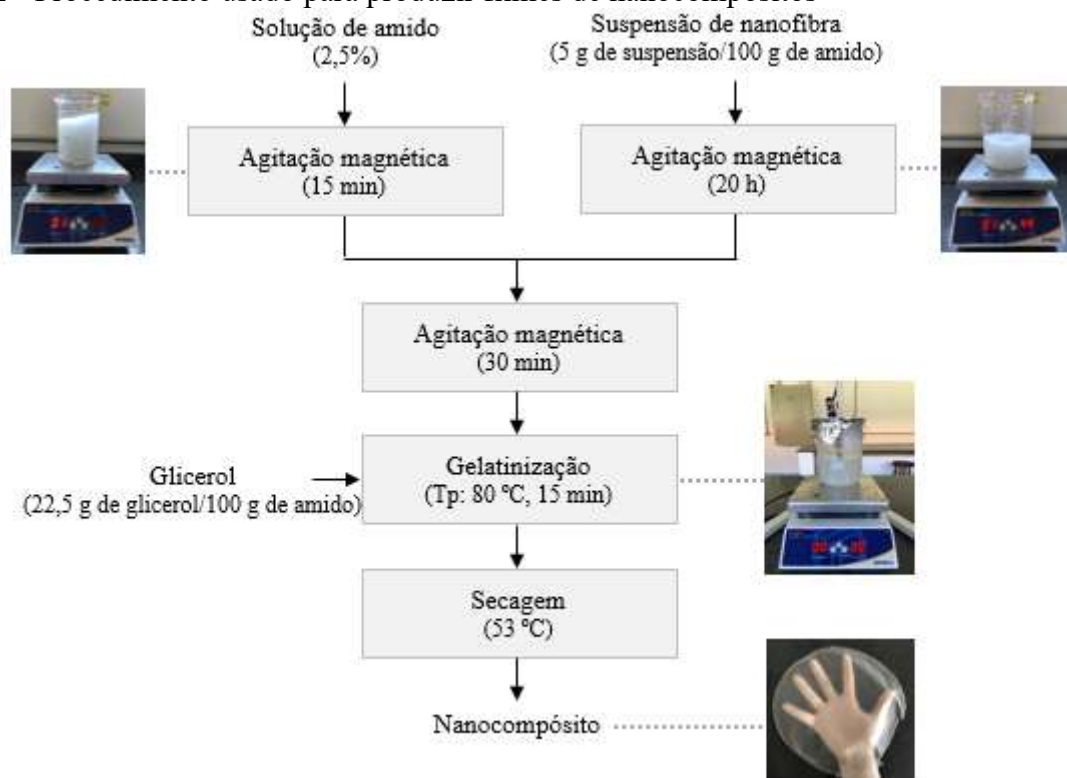
As frutas verdes foram lavadas, descascadas e as sementes retiradas. Pedacos da polpa foram imersos em solução de metabissulfito de potássio (1% (p/v)) por 15 min a fim de evitar o escurecimento enzimático. A seguir, a polpa foi desintegrada em um liquidificador na proporção de 1:3 (polpa:água destilada) para a extração do amido. O homogenato foi peneirado consecutivamente em telas de 65 e 100 malhas US, resultando em dois produtos: resíduo insolúvel e “leite” de amido. O “leite” de amido foi deixado em repouso por 3 horas e o sedimento resultante foi lavado com álcool etílico hidratado (70%) para remoção de gomas e resíduos. O material resultante foi então colocado em bandejas e seco em estufa de convecção de ar forçado (modelo TE-394/2, Tecnal Equipamentos

Científicos Ltda) a 45 °C por 48 h. O amido seco foi moído em moinho de facas (modelo 226172, Lucadema Científica Ltda) e armazenado a 4 °C em recipiente lacrado.

As nanofibras de celulose foram isoladas do farelo da casca da fruta-de-lobo usando o método descrito por Pelissari *et al.* (2017), com algumas modificações. Foram obtidas três suspensões de nanofibras no final do procedimento: as nanofibras de celulose obtida por hidrólise ácida com 0,1% de H₂SO₄ (NC 0.1), nanofibras de celulose obtida por hidrólise ácida com 1% de H₂SO₄ (NC 1) e nanofibras de celulose obtida por hidrólise ácida com 10% de H₂SO₄ (NC 10). A concentração de nanofibras nas suspensões (g de nanofibras/100 g de suspensão) foi de 0,70, 0,79 e 0,78 para NC 0.1, NC 1 e NC 10, respectivamente. Estes dados foram usados para preparar a formulação dos filmes nanocompósitos.

Os filmes nanocompósitos foram elaborados de acordo com a técnica de *casting* seguindo a metodologia descrita por Krstic *et al.* (2017). A Figura 2 demonstra o fluxograma para a obtenção dos filmes nanocompósitos.

Figura 2 - Procedimento usado para produzir filmes de nanocompósitos



Fonte: Dos autores, 2021.

O procedimento desenvolvido envolveu a dispersão da suspensão de nanofibras (5 g de nanofibras/100 g de amido) por agitação magnética (modelo TE-0851, Tecnal Equipamentos

Científicos Ltda) por 20 h. A suspensão de nanofibras foi adicionada em uma solução aquosa contendo 2,5% (p/p), (em base seca) de amido de fruta-de-lobo previamente agitada por 15 min. A suspensão resultante foi homogeneizada sob agitação mecânica por 30 min e aquecida à temperatura de processo (T_p) de 80 °C. Assim que a solução filmogênica atingiu o valor de T_p foi adicionado o glicerol como plastificante (22,5 g de glicerol/100 g de amido), e a solução foi mantida a esta temperatura por 15 min. Em seguida, 100 g da solução foram vertidas em placas de teflon (20 cm de diâmetro) para atingir uma espessura constante. Os filmes nanocompósitos foram secos em estufa de circulação forçada (modelo TE-394/2, Tecnal Equipamentos Científicos Ltda) sob temperatura de 53 °C. Um filme controle (sem nanofibras) foi produzido, para avaliar o efeito da adição de nanofibras de celulose. Os filmes nanocompósitos foram condicionados em dessecadores sob 58% UR a 25 °C, por 48 h para posteriormente serem caracterizados quanto as propriedades mecânicas, ópticas e térmicas.

Caracterização dos nanocompósitos

Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas tensão na ruptura, alongação na ruptura e módulo de Young foram realizadas em um texturômetro (Stable Micro Systems, modelo TA.TX Plus, Surrey, Inglaterra), empregando-se o programa Texture Exponent Lite. Os parâmetros foram selecionados de acordo com o método padrão da ASTM D882-12 (ASTM, 2012), sendo realizado seis determinações por cada amostra. Os corpos de prova foram cortados em dimensões de 20 mm de largura e 80 mm de comprimento, e submetidos ao teste de tração com velocidade de 1,0 mm/s, partindo-se de uma separação inicial de 70 mm até a ruptura do filme. A tensão na ruptura e a alongação na ruptura foram obtidas diretamente da curva de tensão em função da alongação, e o módulo de Young foi obtido pela tangente na região linear da curva.

Propriedades ópticas

Os filmes nanocompósitos foram submetidos à análise de cor através do colorímetro espectrofotômetro CM-5 (Konica Minolta) em modo de transmitância, utilizando o iluminante D65 (luz do dia), ângulo de observação em 10° e sistema de classificação CIELab (HUNTERLAB, 1996).

As medidas, realizadas em quadruplicata, foram expressas em termos dos parâmetros L^* (Luminosidade, variando do preto $L^* = 0$ ao branco $L^* = 100$), a^* ($+ a^* =$ vermelho e $- a^* =$ verde) e b^* ($+ b^* =$ amarelo e $- b^* =$ azul). A partir desses parâmetros, foi calculado, através da Equação 1 a diferença total de cor (ΔE^*).

$$\Delta E = [(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2]^{1/2} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde L^* e L_0 é o grau de luminosidade da amostra e o padrão (filme plástico de polietileno), respectivamente, a^* e b^* são os parâmetros croma da amostra e a_0^* e b_0^* os parâmetros croma padrão.

Outro parâmetro avaliado foi a opacidade dos filmes através da metodologia descrita por Núñez-Flores *et al.* (2012). Para isto, amostras de filme foram cortadas e posicionadas, cuidadosamente, em contato com um lado de uma cubeta, cobrindo toda sua superfície sem dobras. A leitura da absorvância foi realizada em espectrofotômetro UV-5100 (Tecnal Equipamentos Científicos Ltda) a 600 nm, utilizando uma cubeta vazia como branco. A opacidade foi calculada pela Equação 2.

$$\text{Opacidade} = \frac{A_{600}}{X} \quad (\text{Eq. 2})$$

onde A_{600} é a absorvância medida a 600 nm e X é a espessura do filme (mm).

Análise térmica

O comportamento dos nanocompósitos foi avaliado por meio de calorimetria diferencial de varredura (DSC) e termogravimetria (TG)/termogravimetria derivada (DTG). As curvas de DSC foram obtidas na célula DSC60 Shimadzu® calibrado com índio (fusão: $T_{\text{onset}} = 156,63$ °C, $\Delta H_{\text{fus}} = 28,45$ J.g⁻¹), sob atmosfera dinâmica de nitrogênio a 50 mL.min⁻¹, razão de aquecimento 10 °C.min⁻¹, no intervalo de aquecimento de 30 a 400 °C, cadinho de alumínio fechado e massa de amostra exatamente cerca de 1,5 mg. As curvas de TG/DTG foram obtidas na termobalança DTG60 Shimadzu® com razão de aquecimento de 10 °C.min⁻¹, aquecimento de 30 a 600 °C, atmosfera dinâmica de nitrogênio com vazão de 50 mL.min⁻¹, cadinho de alumina e massa de amostra exatamente cerca de 2,5 mg.

Análise estatística

Para fins comparativos das diferenças entre as médias das propriedades dos filmes de amido reforçados com nanofibras de celulose tratadas com diferentes concentrações de H₂SO₄ na etapa de

hidrólise ácida, a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey de comparações múltiplas com nível de significância de 5% foram executados usando o *software* Statistica 7.0 (StatSoft Inc, Tulsa, Oklohoma, EUA) (STATSOFT, 2004).

Resultados e Discussão

Propriedades mecânicas

A Tabela 1 apresenta as propriedades mecânicas de tensão na ruptura, alongação na ruptura e módulo de Young dos filmes; a Figura 3 ilustra as curvas tensão versus deformação correspondentes.

Tabela 1 - Propriedades mecânicas do filme de controle (FC) e nanocompósitos reforçados com nanofibras de celulose obtidas por diferentes hidrólises ácidas com 0,1% (F0.1), 1% (F1) e 10% (F10) de H₂SO₄

Amostra	Tensão na ruptura (MPa)*	Elongação na ruptura (%)*	Módulo de Young (MPa)*
FC	5,19 ± 0,34 ^c	89,33 ± 0,22 ^a	274,38 ± 13,05 ^b
F0.1	7,45 ± 0,54 ^a	49,52 ± 0,18 ^b	471,57 ± 23,41 ^a
F1	6,47 ± 0,50 ^{ab}	53,09 ± 0,49 ^b	438,95 ± 39,58 ^a
F10	6,35 ± 0,56 ^b	58,83 ± 0,13 ^b	429,15 ± 16,63 ^a

Fonte: Dos autores, 2021.

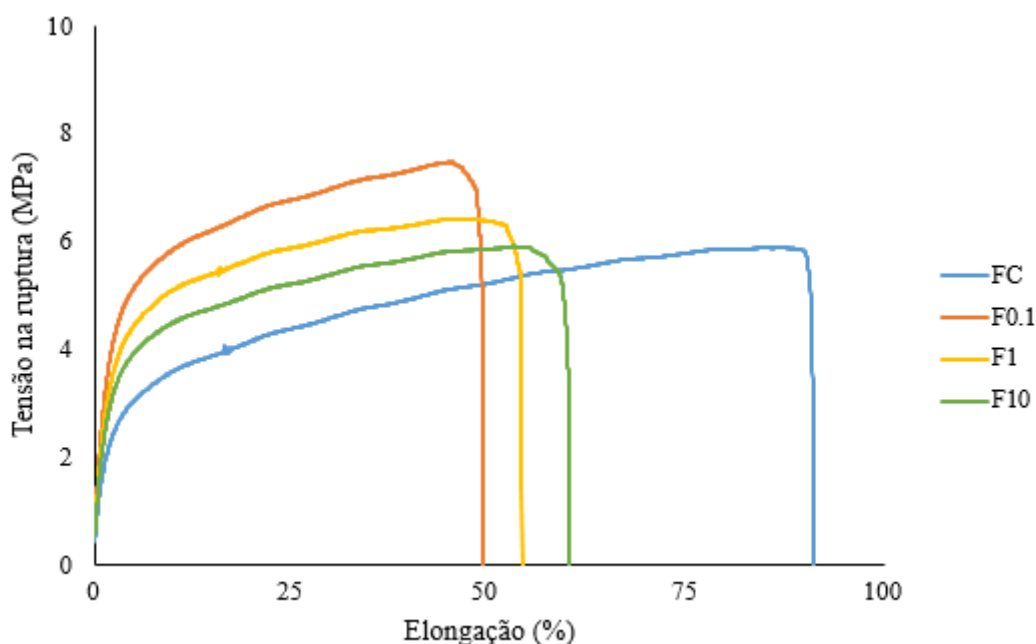
Nota: * Médias com expoentes diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística (p < 0,05).

Em comparação com o filme de controle, a tensão na ruptura e o módulo de Young dos nanocompósitos aumentaram com a adição de nanofibras de celulose, enquanto a alongação na ruptura diminuiu, promovendo a formação de filmes mais rígidos. Houve um aumento de 44% e 72% na tensão na ruptura e módulo de Young, respectivamente, para o nanocompósito F0.1 em comparação ao filme controle. A incorporação de cristalitos de celulose na matriz de amido resulta em fortes interações entre os cristalitos de celulose e entre os cristalitos de celulose e a matriz de amido, o que acaba restringindo a movimentação da matriz polimérica (LI *et al.*, 2018). As curvas típicas de propriedades de tração confirmaram a maior flexibilidade do filme controle (maior alongação na ruptura), enquanto os nanocompósitos foram mais resistentes mecanicamente. Outros autores detectaram comportamento semelhante para as características mecânicas de filmes

biodegradáveis reforçados com nanofibras de celulose (LI *et al.*, 2018; TIBOLLA *et al.*, 2020; YANG *et al.*, 2020).

O uso da concentração mais baixa de H_2SO_4 na etapa de hidrólise ácida para obtenção das nanopartículas favoreceu a formação de filmes mais resistentes, ou seja, o filme reforçado com NC 0.1 (F0.1) obteve os maiores valores de tensão na ruptura e módulo de Young. Isso ocorre porque o maior valor de potencial zeta obtido pela suspensão de nanofibra (NC 0.1 = $-19,3$ mV > NC 1 = $-17,2$ mV > NC 10 = $-10,5$ mV) evitou a formação de agregados, obtendo suspensões coloidais mais estáveis com fibras de celulose individualizadas, que promovem a formação de uma rede forte e mais ordenada de nanofibras dentro do material (YANG *et al.*, 2020).

Figura 3 - Curvas típicas do teste de tração para o filme controle (FC) e nanocompósitos reforçados com nanofibras de celulose obtidas por diferentes hidrólises ácidas com 0,1% (F0.1), 1% (F1) e 10% (F10) de H_2SO_4



Fonte: Dos autores, 2021.

Filmes reforçados com nanofibras de celulose obtidas com concentrações mais altas de ácido sulfúrico (F1 e F10) apresentaram redução nos valores de tensão na ruptura e módulo de Young, em comparação ao nanocompósito F0.1. Altas concentrações de ácido sulfúrico podem acarretar danos aos cristais de celulose (TAO *et al.*, 2019). Portanto, a degradação das fibras de celulose interferiu nas propriedades mecânicas dos nanocompósitos, causando a redução nos valores de tensão na ruptura e módulo de Young.

Propriedades ópticas

Todos os parâmetros de cor apresentaram diferença estatística significativa entre o filme controle e os nanocompósitos (Tabela 2). E a Figura 4 mostra a aparência dos nanocompósitos reforçados com nanofibras de celulose isoladas da fruta-de-lobo.

Com base nos valores L^* , b^* e ΔE^* , a incorporação de nanofibras de celulose produziu nanocompósitos mais claros e amarelados com cor menos uniforme do que o filme controle. Os valores do parâmetro a^* foram positivos e próximos de zero para todos os filmes, indicando a ausência de tons característicos de verde.

Tabela 2 - Propriedades ópticas do filme de controle (FC) e nanocompósitos reforçados com nanofibras de celulose obtidas por diferentes hidrólises ácidas com 0,1% (F0.1), 1% (F1) e 10% (F10) de H_2SO_4

Amostra	$(L^*)^*$	$(a^*)^*$	$(b^*)^*$	$(\Delta E^*)^*$	Opacidade*
FC	97,48 ± 0,14 ^c	0,07 ± 0,01 ^c	0,66 ± 0,02 ^c	3,16 ± 0,14 ^c	1,91 ± 0,01 ^b
F0.1	98,57 ± 0,05 ^a	0,15 ± 0,01 ^a	0,93 ± 0,04 ^b	4,27 ± 0,04 ^a	2,97 ± 0,06 ^a
F1	98,05 ± 0,13 ^b	0,10 ± 0,01 ^b	1,03 ± 0,07 ^{ab}	3,83 ± 0,10 ^b	3,06 ± 0,08 ^a
F10	98,05 ± 0,08 ^b	0,12 ± 0,01 ^b	1,10 ± 0,05 ^a	3,86 ± 0,09 ^b	3,06 ± 0,09 ^a

Fonte: Dos autores, 2021.

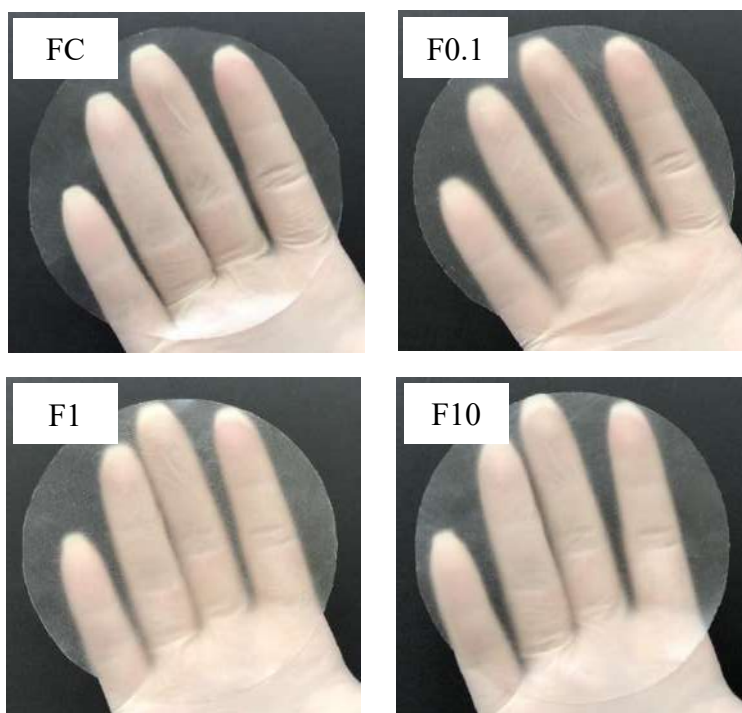
Nota: * Médias com expoentes diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ($p < 0,05$).

O filme controle foi mais transparente do que os nanocompósitos (Tabela 2), evidenciando que o reforço com nanofibras aumentou a opacidade em torno de 55–60% provavelmente devido à distribuição aleatória das nanopartículas na matriz polimérica. Os valores de opacidade corroboram com a metodologia utilizada, uma vez que Núñez-Flores *et al.* (2012) reportaram valores variando de 0,39 a 1,98 para filmes de gelatina comercial de pele de peixe e lignosulfonato de madeira de eucalipto.

Ainda, pela avaliação do aspecto visual (Figura 4) observa-se claramente que o filme controle possui maior transparência e brilho do que os nanocompósitos, confirmando que a adição de nanofibras de celulose aumentou a opacidade dos filmes. A transmitância de luz do filme controle e dos nanocompósitos na faixa de comprimento de onda de 200-800 nm foi 62,95 nm para FC, 40,09 nm para F0.1, 41,98 para F1 e 41,50 nm para F10. A luz visível cobre comprimentos de onda de 380 a 780 nm e a radiação ultravioleta (UV) tem comprimentos de onda de 200 a 380 nm (SILVERSTEIN; BASSLER; MORRIL, 1979).

O FC apresentou maior transmitância de luz na região UV comparado aos nanocompósitos. Isso pode ter ocorrido devido ao impedimento da passagem de luz através da matriz polimérica pelas nanocargas. A diminuição na transmissão de luz pode ser dependente do tipo de carga, ou seja, os efeitos do tamanho nanométrico podem resultar em uma dispersão homogênea e fortes interações entre as nanofibras e a matriz polimérica (TIBOLLA *et al.*, 2020). Os resultados estão de acordo com os valores de opacidade dos nanocompósitos, ou seja, filmes mais opacos são uma barreira mais eficaz contra a luz UV e UVB (radiação ultravioleta B). A utilização de filmes mais opacos pode ser uma alternativa na conservação de produtos que sofrem oxidação lipídica, já que se torna uma barreira extra contra a luz, um dos fatores que acelera o processo de oxidação.

Figura 4 - Aparência do filme controle (FC) e nanocompósitos reforçados com nanofibras de celulose obtidas por diferentes hidrólises ácidas com 0,1% (F0.1), 1% (F1) e 10% (F10) de H₂SO₄



Fonte: Dos autores, 2021.

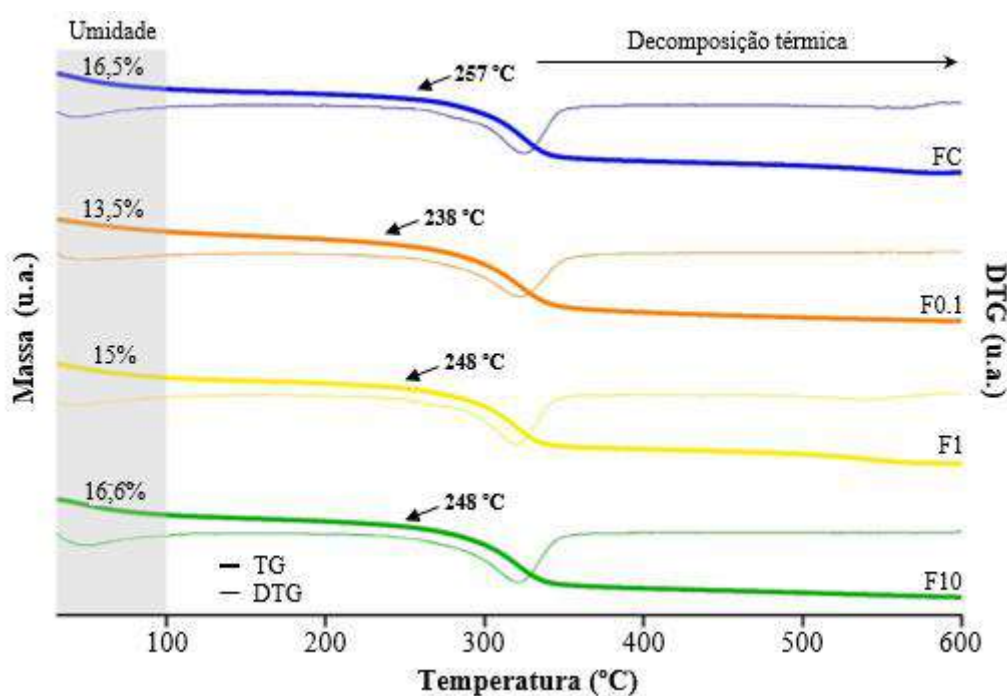
Análise térmica

Análises de termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG) foram realizadas nas amostras para investigar a estabilidade térmica dos filmes e também propriedades termomecânicas. A Figura 5 exibe as curvas de TG e DTG das amostras dos filmes.

De acordo com a literatura, este tipo de material apresenta três estágios principais de degradação térmica que ocorrem na seguinte ordem: 1) a partir de 100 °C a água absorvida do ambiente e a água disponível dentro do material é evaporada; 2) a 290 °C a fase rica em glicerol é evaporada; e 3) a 330 °C, a degradação térmica máxima da fase rica em amido é frequentemente observada (GUTIÉRREZ *et al.*, 2016; GUTIÉRREZ; ALVAREZ, 2017).

À medida que os filmes foram aquecidos, houve redução no peso do material inicial (FC reduziu em 16% da massa inicial, F0.1, F1 e F10 em 13%, 15% e 16%, respectivamente), devido à perda de voláteis. Pode-se observar que a evaporação da umidade do filme controle ocorreu por primeiro, em comparação com os filmes nanocompósitos, como mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Curvas de termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTG) do filme controle (FC) e nanocompósitos reforçados com nanofibras de celulose obtidas por diferentes hidrólises ácidas com 0,1% (F0.1), 1% (F1) e 10% (F10) de H₂SO₄



Fonte: Dos autores, 2021.

Em 238 °C iniciou-se a decomposição térmica do filme F0.1, na temperatura de 248 °C os filmes F1 e F10 começaram a se decompor e a decomposição térmica do filme controle (FC) deu início na temperatura de 257 °C. Todos os filmes apresentaram comportamento semelhante no início da degradação. Acima de 400 °C, a degradação completa é observada para os nanocompósitos e o filme controle. De acordo com as curvas de TG/DTG, a maior temperatura de degradação ocorreu

entre 280 e 380 °C para todas as amostras e é possível evidenciar que os nanocompósitos têm estabilidade térmica ligeiramente mais alta em comparação com o filme controle. O maior índice de cristalinidade das nanofibras de celulose se comparado ao farelo de fruta-de-lobo é outro fator que contribui para a estabilidade térmica dos nanocompósitos (YANG *et al.*, 2020). Ademais, os nanocompósitos mostraram-se eficientes para serem usados em temperaturas de processamento inferiores a 230 °C.

Conclusão

Os resultados sugerem que as nanofibras de celulose desempenham um papel fundamental em filmes nanocompósitos à base de amido e têm um grande potencial para aplicações em embalagens de alimentos. Os nanocompósitos mostraram uma melhora significativa nas propriedades ópticas, mecânicas e térmicas em comparação com o filme de amido controle, sendo interessante seu uso como embalagem para produtos alimentícios que necessitem de prevenção da oxidação lipídica, proteção contra ganho de peso, preservação das características de textura e sabor durante o período de armazenamento.

A melhora no desempenho dos nanocompósitos pode ser explicada pelas semelhanças químicas entre o amido e a celulose e o efeito do tamanho nanométrico das fibras. No entanto, as diferentes amostras de nanofibras de celulose (NC 0.1, NC 1 e NC 10) incorporadas na matriz de amido não apresentaram diferenças expressivas nas características dos nanocompósitos, principalmente nas propriedades mecânicas (tensão na ruptura, alongação na ruptura e módulo de Young). Assim, pode-se considerar que a amostra NC 0.1 tem potencial para ser utilizada como agente de reforço em filmes à base de biopolímero, uma vez que seu nanocompósito (F0.1) apresentou melhores propriedades mecânicas (tensão na ruptura = 7,45 MPa e módulo de Young = 471,57 MPa). Ademais, a obtenção dessa nanopartícula ocorre nas condições mais brandas do tratamento químico, sendo economicamente viáveis (do ponto de vista energético) e apresentando vantagens ambientais. As pequenas diferenças observadas nas propriedades dos nanocompósitos em relação ao tratamento químico não justificam a utilização de processos mais drásticos. Este trabalho apresentou uma possível utilização de um subproduto proveniente do processamento da fruta-de-lobo como um produto inovador para futuras aplicações na indústria alimentícia.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Apoio ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). E ao apoio da UFVJM.

Referências

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting (D882-12). *In: Annual Book of ASTM Standards*, West Conshohocken, PA: ASTM International, 2012.

BALASUBRAMANIAM, S. L.; PATEL, A. S.; NAYAK, B. Surface modification of cellulose nanofiber film with fatty acids for developing renewable hydrophobic food packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 26, 2020.

CHERIAN, B. M. *et al.* Cellulose nanocomposites with nanofibres isolated from pineapple leaf fibers for medical applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 4, p. 1790-1798, 2011.

GUTIÉRREZ, T.J.; ALVAREZ, V.A. Bionanocomposite films developed from corn starch and natural and modified nano-clays with or without added blueberry extract. **Food Hydrocolloids**, v. 77, p. 407-420, 2017.

GUTIÉRREZ, T. J. *et al.* Effect of beet flour on films made from biological macromolecules: Native and modified plantain flour. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 82, p. 395-403, 2016.

HUNTERLAB. CIE L*a*b* color scale: Applications note. v. 8, n. 7, 1996.

KASSAB, Z. *et al.* Cellulosic materials from pea (*Pisum Sativum*) and broad beans (*Vicia Faba*) pods agro-industrial residues. **Materials Letters**, v. 280, 2020.

KAUSHIK, A.; SINGH, M. Isolation and characterization of cellulose nanofibrils from wheat straw using steam explosion coupled with high shear homogenization. **Carbohydrate Research**, v. 346, n. 1, p. 76-85, 2011.

KHALIL, H. P. S. A.; BHAT, A. H.; YUSRA, A. F. I. Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 2, p. 963-979, 2012.

KIM, J. K.; CHOI, B.; JIN, J. Transparent, Water-stable, Cellulose Nanofiber-based Packaging Film with a Low Oxygen Permeability. **Carbohydrate Polymers**, v. 249, 2020.



KRSTIC, M. *et al.* Formulation and characterization of nanofibers and films with carvedilol prepared by electrospinning and solution casting method. **European Journal Pharmaceutical Sciences**, v. 101, p. 160-166, 2017.

LI, M. *et al.* Preparation and characterization of nanocomposite films containing starch and cellulose nanofibers. **Industrial Crops and Products**, v. 123, p. 654-660, 2018.

LOUZADA, L. B. *et al.* Effect of casting process conditions on mechanical properties and water solubility of films made from wolf fruit and its optimization. **Journal of Polymers and the Environment**, 2021.

NÚÑEZ-FLORES, R. *et al.* Role of lignosulphonate in properties of fish gelatin films. **Food Hydrocolloids**, v. 27, p. 60-71, 2012.

PASCOAL, A. M. *et al.* Extraction and chemical characterization of starch from *S. lycocarpum* fruits. **Carbohydrate Polymers**, v. 98, p. 1304-1310, 2013.

PELISSARI, F. M. *et al.* Nanocomposites based on banana starch reinforced with cellulose nanofibers isolated from banana peels. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 505, p. 154-167, 2017.

SILVERSTEIN, R. M.; BASSLER, G. C. MORRIL, T. C. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. Rio de Janeiro: Ed. 6, LTC, 2000.

SONI, R. *et al.* Effect of starch retrogradation on wet strength and durability of cellulose nanofiber reinforced starch film. **Polymer Degradation and Stability**, v. 177, 2020.

SOOFI, M. *et al.* Preparation of nanobiocomposite film based on lemon waste containing cellulose nanofiber and savory essential oil: A new biodegradable active packaging system. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 169, p. 352-361, 2021.

STATSOFT. **STATISTICA (Data Analysis Software System)**, version 7, 2004.

TAO, P. *et al.* Enzymatic pretreatment for cellulose nanofibrils isolation from bagasse pulp: Transition of cellulose crystal structure. **Carbohydrate Polymers**, v. 214, p. 1-7, 2019.

TIBOLLA, H. *et al.* Starch-based nanocomposites with cellulose nanofibers obtained from chemical and mechanical treatments. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 161, p. 132-146, 2020.

TRAVALINI, A. P. *et al.* Cassava starch films reinforced with lignocellulose nanofibers from cassava bagasse. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 139, p. 1151-1161, 2019.

YANG, M. *et al.* Preparation of lignin containing cellulose nanofibers and its application in PVA nanocomposite films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 158, p. 1259-1267, 2020.



18 Capítulo

Performance da polpa de abóbora moranga em massa alimentícia tipo talharim: avaliação das propriedades tecnológicas e dos teores de carotenoides

Capítulo 18

Performance da polpa de abóbora moranga em massa alimentícia tipo talharim: avaliação das propriedades tecnológicas e dos teores de carotenoides

Edneia Correia de Souza*¹; Camila Raimunda Carmindo²; Keyla Carvalho Pereira³; Nathália de Andrade Neves⁴; Kele Aparecida Costa Vespermann^{5,6}; Marcio Schmiele⁶

Resumo

Os consumidores estão cada vez mais procurando por alimentos saudáveis. Dentro desse segmento, a abóbora apresenta-se como um alimento com alto valor nutricional e barato. Aumentar o valor nutricional de massas alimentícias, além de agregar valor à abóbora, trazem vários benefícios econômicos e à saúde dos consumidores. O objetivo deste trabalho foi desenvolver massas alimentícias do tipo talharim com adição de polpa de abóbora da variedade moranga e determinar as propriedades de cor instrumental, cozimento e textura instrumental e do teor de carotenoides totais. Foram adicionadas na composição das massas alimentícias diferentes porcentagens de polpa de abóbora (0, 10, 20 e 30%, denominadas de formulações F0, F10, F20 e F30, respectivamente). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste Skott-Knott para comparação de médias com nível de significância de 5%. Os resultados indicaram que houve diferença na coloração das amostras, principalmente na tonalidade amarelo-alaranjada com o uso da polpa de abóbora, sendo que este parâmetro é extremamente vantajoso do ponto de vista de aceitação do consumidor em função da memória sensorial. Para os testes de cozimento, verificou-se que a adição de polpa de abóbora resultou em maiores tempos ótimos de cozimento (F30 = 6,5 min), entretanto, aumentando significativamente o teor de sólidos solúveis na água de cozimento (F30 = 10,46%). A amostra F10 apresentou baixa perda de sólidos (5,16%) e o maior aumento de peso (210%). Para os dados de textura instrumental, a formulação F10 apresentou os melhores resultados de firmeza (F10 = 2,36 N), favorecendo a elaboração de uma massa alimentícia *al dente*. Por fim, as massas alimentícias

¹Graduanda, Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

²Graduanda, Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

³Técnica em Assuntos Educacionais. Instituto de Ciência e Tecnologia. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

⁴Técnica em Assuntos Educacionais. Instituto de Ciência e Tecnologia. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

⁵Agente Local de Inovação. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

⁶Professor(a). Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia, Instituto de Ciência e Tecnologia. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

* E-mail para correspondência: edneiasouza505@gmail.com

apresentaram significativos aumentos nas concentrações de carotenoides totais. Desta forma, este estudo apresentou melhora das propriedades tecnológicas e nutricionais das massas alimentícias adicionadas de 10% de polpa de abóbora.

Palavras-chave: Carotenos. Inovação. Sustentabilidade. Textura. Vitamina A.

Introdução

Os consumidores têm optado pelo consumo de alimentos saudáveis e, para atendê-los, é possível modificar a composição dos produtos alimentícios através de adição de frutos e hortaliças (NEVES *et al.*, 2020; RAMOS *et al.*, 2020) nas formulações, aumentando assim o valor nutricional do produto, incorporando ingredientes com compostos bioativos, com funcionalidades fisiológicas e agregando valor às matérias-primas não convencionais (SOUZA *et al.*, 2021).

Além do apelo funcional, tecnológico, fisiológico e nutricional, o uso de matérias-primas oriundas do agronegócio está em ampla expansão, pois valorizam o desenvolvimento regional, a agricultura familiar e a sustentabilidade, destacando-se a manutenção da capacidade produtiva do agroecossistema, a conservação dos recursos naturais e da biodiversidade, o fortalecimento da organização social, a diminuição da pobreza, o fortalecimento das comunidades locais, a preservação das tradições e do conhecimento tradicional associado (BORGES *et al.*, 2020). Neste âmbito, as massas alimentícias podem ser matrizes alimentícias promissoras para a inclusão de matérias-primas com valores nutricionais aumentados, como por exemplo, a abóbora moranga (*Cucurbita máxima* Duchesne) (ANDRESSA *et al.*, 2020).

As massas alimentícias são alimentos bastante populares e versáteis, uma vez que podem ser consumidas de diversas maneiras, como em molhos, carnes, lasanha, sopas, entre outros (JAEKEL; SCHMIELE; CHANG, 2020). Além disso, as massas alimentícias apresentam grande vida de prateleira, preço acessível, consumo por todas as classes sociais e tendo como principais características de qualidade a cor e as propriedades de cozimento e textura.

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária através da Resolução Diretoria Colegiada nº 263, de 22 de setembro de 2005, a massa alimentícia é um produto obtido da farinha de trigo (*Triticum aestivum* L. e/ou de outras espécies do gênero *Triticum*) e ou derivados de trigo *durum* (*Triticum durum* L.), e/ou derivados de outros cereais, leguminosas, raízes e ou tubérculos, resultantes do processo de empasto e amassamento mecânico, sem fermentação (BRASIL, 2005b).

As massas alimentícias podem ser adicionadas de outros ingredientes, desde que não descaracterizem o produto. Quando obtida a partir da substituição parcial da farinha de trigo deve ser



acrescentada à designação. As massas alimentícias também podem conter corantes, ovos e conservantes (BRASIL, 2005b). No caso do presente estudo, a massa alimentícia deverá ser designada de massa alimentícia com abóbora.

Com a demanda cada vez maior por alimentos mais saudáveis, o consumo das abóboras vem se consolidado cada vez mais, pois é um alimento que apresenta grande riqueza em vitaminas, minerais, fibras, carotenoides, propriedades antioxidantes e água, possuindo assim, diversas aplicações como em tratamento da diabetes e redução de riscos de doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer (GIL; PICCOLI; STEFFENS, 2019).

Além disso, a abóbora possui expressivo teor de amido, sendo que este polissacarídeo pode apresentar-se parcialmente resistente a digestão. Este amido resistente pode ser encontrado na forma naturalmente presente, denominado de amido resistente tipo 2, como na forma induzida através da gelatinização (por cozimento) e posterior retrogradação, conhecido como amido resistente tipo 3 (BEMILLER, 2020; TASIGUANO *et al.*, 2019).

Muitas pesquisas mostram que os compostos bioativos (principalmente os carotenoides) da abóbora são capazes de atuar na eliminação de radicais livres, por isso podem ser utilizados como antioxidantes (NANTHACHAI *et al.*, 2020; RINALDI *et al.*, 2021). Estes carotenos (α -, β - e γ -caroteno) e a xantofila (β -criptoxantina) são precursores de vitamina A, responsáveis pela prevenção da degeneração macular e da xerofthalmia, também conhecida como cegueira noturna (BUZIGI; PILLAY; SIWELA, 2021). Além disso, os carotenoides possuem propriedades benéficas por favorecerem a resistência do organismo à algumas doenças, uma vez que podem neutralizar o oxigênio singlete, o qual é responsável por danos irreversíveis às células do corpo (ALONSO-GARRIDO *et al.*, 2021). Ademais, os minerais presentes como fósforo e magnésio são micronutrientes essenciais para o fortalecimento de ossos e dentes (NANTHACHAI *et al.*, 2020).

O cultivo de abóbora do tipo moranga apresenta grande importância social e econômica principalmente no Brasil, uma vez que há a demanda de grande quantidade de mão-de-obra desde o cultivo até a comercialização. Somado a isto, a abóbora faz parte da dieta básica de populações de várias regiões brasileiras e do mundo. O Brasil é conhecido como um dos maiores exportadores de alimentos do mundo. No entanto, grande parte da produção é desperdiçada gerando toneladas de lixo, devido às falhas durante produção, colheita, transporte, armazenamento e comercialização. A utilização da polpa de abóbora como ingrediente não convencional em massas alimentícias apresenta-se como alternativa inovadora e com potencial para a diminuição de desperdícios desta matéria-prima. Além disso, o uso e agregação de valor a este fruto poderá beneficiar a renda familiar e à saúde dos consumidores, por serem ricas em vitaminas, minerais e fitoquímicos, componentes essenciais na prevenção de doenças degenerativas (GIL; PICCOLI; STEFFENS, 2019).



Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de massas alimentícias do tipo talharim à base de farinha de trigo refinada com adição de polpa de abóbora do tipo moranga. Além da caracterização da farinha de trigo refinada, o produto final foi avaliado quanto às características tecnológicas de cor instrumental e propriedades de cozimento e de textura e avaliação do teor de carotenoides totais.

Material e Métodos

Matéria-prima

As matérias-primas utilizadas para o desenvolvimento deste estudo foram a farinha de trigo refinada e a abóbora tipo moranga. Ambas foram adquiridas no comércio local de Diamantina (MG).

Caracterização centesimal e reológica da farinha de trigo refinada

A composição centesimal da farinha de trigo foi realizada em triplicata, determinando-se os teores de umidade (método 44-15.02), cinzas (método 08-12.01), lipídeos (método 30-25.01) e proteínas (método 46-11.02, N=5,7) de acordo com metodologia da *American Association of Cereal Chemists International* (AACCI, 2010). Os teores de carboidratos digeríveis (açúcares e amido) e de fibra alimentar total foram determinados de acordo com os métodos 982.14 e 978.10, respectivamente, da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019).

As propriedades reológicas da farinha de trigo foram determinadas em farinógrafo AT (Brabender, Duisburg, GER), conforme método 54-21.02 para a farinografia. Os parâmetros registrados foram absorção de água (%), tempo de desenvolvimento da massa (min.), estabilidade (min.) e índice de tolerância à mistura (unidades farinográficas). A análise de extensografia foi determinado conforme método 54-10.01 (AACCI, 2010) em extensógrafo E (Brabender, Duisburg, GER), avaliando-se os valores de energia (cm²), resistência à extensão (R₅₀) e resistência máxima (R_{max}) dado em unidades extensográficas, extensibilidade (mm) e número proporcional (unidades extensográficas por mm), considerando-se as leituras em 45 minutos. A análise de extensografia é realizada nos tempos de 45, 90 e 135 minutos. No entanto, neste trabalho apresentaremos somente os dados de 45 minutos, pois a produção de massas alimentícias é um processamento com um tempo relativamente curto. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Formulação e elaboração das massas alimentícias

Os testes foram desenvolvidos através da elaboração de 4 formulações de massa alimentícia, sendo uma amostra padrão (somente farinha de trigo refinada) e as demais acrescidas de polpa de abóbora do tipo moranga. A quantidade de água foi adicionada de forma a ser suficiente para a hidratação da massa, definida visualmente e pelo tato. As formulações estão descritas no Quadro 1.

As massas alimentícias foram processadas de acordo com a metodologia descrita por Schmiele *et al.* (2013). A farinha de trigo refinada foi misturada em batedeira planetária Orbit Kitchen 600 (Cadence, Navegantes, BRA) com misturador tipo raquete e hidratada através de uma adição lenta e gradual de água (ou polpa de abóbora + água) sob agitação por 5 minutos. A amostra foi mantida em repouso por 7 minutos para equilíbrio hídrico e a seguir extrusada em extrusora AELI-520 (Braesi, Caxias do Sul, BRA), utilizando-se matriz do tipo talharim. A massa alimentícia foi disposta em varais recobertos com folha de alumínio e a desidratação foi realizada em estufa de secagem TE 394/1 (Tecnal, Piracicaba, BRA) a 50 °C sem renovação de ar por 2 horas com presença de uma bandeja de água na parte inferior da câmara de secagem. Após essa etapa, a bandeja de água foi retirada e a secagem final foi realizada a 60 °C com renovação de ar até que a umidade final fosse inferior a 12%. A massa de tagliatelle seca foi acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenada em temperatura ambiente e sob proteção da luz até o momento das análises.

Quadro 1 – Identificação e formulação das massas alimentícias, em base farinha

Formulação 1 (F0)	100% de farinha de trigo
Formulação 2 (F10)	100% de farinha de trigo + 10% de polpa de abóbora
Formulação 3 (F20)	100% de farinha de trigo + 20% de polpa de abóbora
Formulação 4 (F30)	100% de farinha de trigo + 30% de polpa de abóbora

Fonte: Dos autores, 2021.

Cor instrumental

Para este teste foram utilizados os fios de macarrão inteiros dispostos em um colorímetro espectrofotômetro M5-Konica (Minolta, Chiyoda, JAP) e as medições foram efetuadas em triplicata. O teste foi realizado seguindo o procedimento descrito por Jaekel, Schmiele e Chang (2020). As condições do teste foram realizadas com iluminante D65, ângulo de visão de 10 ° e modo de calibração RSIN (*Reflectance Specular Included*), avaliando-se o sistema CIEL*a*b*. Segundo Harder (2010), a relação entre os parâmetros a^* e b^* é conhecida como croma e indica a distância

entre a origem dos eixos das coordenadas e pode ser calculado pela Equação 1. O ângulo de saturação formado entre as coordenadas a^* e b^* (Hue-Angle), obtido através da Equação 2, indica a saturação da cor do objeto (Harder, 2010). A variação de cor (ΔE) indica a diferença da coloração das amostras em relação a amostra padrão, sendo um excelente indicativo de controle de qualidade quando se objetiva alterar a composição de um alimento do qual o consumidor já apresenta uma memória sensorial (NEVES *et al.*, 2020). Esta variação de cor pode ser calculada através da Equação 3, conforme apresentado por Jaekel, Schmiele e Chang (2020).

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$H^\circ = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^{*2}) + (\Delta a^{*2}) + (\Delta b^{*2})} \quad (\text{Eq. 3})$$

O sistema CIEL*a*b* permite identificar a cor real das amostras, conforme disponível pelo acesso virtual da página da internet “NixTM Color Sensor” através do endereço eletrônico <https://www.nixsensor.com/free-color-converter/> (SOUZA *et al.*, 2021).

Propriedades de cozimento

Nesta análise buscou-se observar o tempo de cozimento (n=1) de cada massa alimentícia e as quantidades de água absorvida (n=3) e de sólidos perdidos pela mesma durante a cocção (n=3). Estas características foram determinadas conforme método nº 66-50.01 (AACCI, 2010).

Textura instrumental

Para esta análise foi utilizado o método nº 66-50.01 (AACCI, 2010). A massa foi cozida pelo tempo determinado no item anterior para cada amostra e, em seguida, a água de cozimento drenada em uma peneira por 1 min. Para medir a textura das amostras, oito fios de massa alimentícia foram dispostos lado a lado em texturômetro TAXT Plus (Stable Micro Systems, Godalming, GBR), sobre a plataforma (HDP/90) e cisalhadas com *probe A/LKB light knife blade*. Os parâmetros de velocidade foram para pré-teste 2,0 mm/s, teste 0,17 mm/s e pós-teste 10,0 mm/s, altura do *probe* de 20 mm e distância de 19 mm. As análises foram determinadas com sete repetições.

Teor de carotenoides totais

Os teores de carotenoides totais das massas alimentícias cruas foram determinados através do método espectrofotométrico, conforme descrito por Hussain *et al.* (2021), com modificações. As massas alimentícias foram trituradas em moinho de bolas. Em seguida, 5 gramas de amostra foram suspensas em 20 mL de solução acetona:hexano (1:1 v/v) e submetidas a agitação em mesa agitadora por 30 minutos. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 2000 x g por 10 minutos em centrífuga 206BL (Fanem, Guarulhos, BRA) e a fase orgânica coletada em funil de separação. Para a extração exaustiva, o processo foi repetido por mais duas vezes. A acetona foi particionada através da lavagem com água e a fase composta por hexano e carotenoides foi transferida para balão volumétrico de 100 mL e o volume final aferido com hexano. A absorbância das amostras foi determinada, em quadruplicata, em espectrofotômetro de absorção UV-M5 1 (Bel Photonics, Monza, Itália) com comprimento de onda de 450nm, considerando o índice de absorvidade molar em hexano do β -caroteno de 2710. O hexano padrão foi utilizado como branco. Os resultados foram expressos em mg de β -caroteno/100 g de massa alimentícia.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância no SISVAR e, quando diferenças significativas foram observadas, o teste de Skott-Knott foi adotado para comparação de médias ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Caracterização centesimal e reológica da farinha de trigo refinada

A farinha de trigo apresentou resultados de composição centesimal (b.u.) de $12,54 \pm 0,04\%$ de umidade, $12,37 \pm 0,02\%$ de proteína, $1,39 \pm 0,04\%$ de lipídeos, $0,47 \pm 0,02\%$ de minerais, $70,94 \pm 0,74\%$ de amido e $1,74 \pm 0,12\%$ de fibra alimentar total (solúvel+insolúvel). De acordo com a Instrução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a farinha de trigo é classificada como Tipo 1 quando o teor de umidade é inferior a 15%, o teor de proteínas é superior a 7,5% e o teor de cinzas é inferior a 0,8% (BRASIL, 2005a).

As propriedades farinográficas da farinha de trigo refinada apresentaram valores de absorção de água de $60,63 \pm 0,12\%$, de tempo de desenvolvimento da massa de $10,90 \pm 0,62$ minutos, de

estabilidade de $24,30 \pm 0,50$ minutos e de índice de tolerância à mistura de $1,33 \pm 0,47$ unidades farinográficas. Os resultados para as propriedades extensográficas foram de 174 ± 4 cm² para a área, de 396 ± 53 unidades extensográficas para a resistência à extensão (R_{50}), de 655 ± 19 unidades extensográficas para a resistência máxima à extensão (R_{max}), de 151 ± 1 mm para a extensibilidade e de $2,61 \pm 0,35$ unidades extensográficas por mm para o número proporcional.

Os padrões reológicos avaliados indicam que a farinha pode ser classificada como muito forte, sendo adequada para a aplicação em massas alimentícias. As farinhas de trigo com grande força de rede de glúten devem apresentar absorção de água acima de 58%, tempo de desenvolvimento maior que 10 minutos, estabilidade acima de 15 minutos e índice de tolerância à mistura abaixo de 15 unidades farinográficas. Para os parâmetros extensográficos, são preconizados valores para área maior que 150cm², resistência à extensão (R_{50}) acima de 560 unidades extensográficas, com uma extensibilidade menor que 155 mm e o número proporcional maior que 2,5 unidades extensográficas por mm (CAUVAIN, 2015; SCHMIELE *et al.*, 2012; SEHN; STEEL, 2017).

Cor instrumental





Os dados obtidos para os parâmetros L^* , a^* , b^* , croma (C^*) e ângulo de saturação (h°) estão apresentados na Tabela 1. Com o teste de médias foi possível identificar que as formulações F10 e F20 não apresentaram diferença de luminosidade. A amostra F30 foi a que mais se distanciou da luminosidade da amostra padrão (F0), sendo a menor entre as amostras ($p < 0,05$). De forma geral, pode-se inferir que quanto maior a adição de polpa de abóbora, menor foi a luminosidade da massa alimentícia obtida, assim como observado por Nanthachai *et al.* (2020) em seu estudo sobre o efeito da adição de pó de abóbora nas qualidades do macarrão instantâneo. O maior efeito para favorecer a luminosidade é dada pelo amido. Com o uso da polpa de abóbora, os carotenoides presentes mascaram os valores de luminosidade da massa alimentícia por proporcionarem um envolvimento sobre os grânulos de amidos, fazendo com que ocorra a diminuição dos valores de L^* .

Em relação ao parâmetro a^* , o acréscimo de polpa de abóbora foi diretamente proporcional aos valores apresentados, de forma que quanto mais polpa foi adicionada a massa, maior a tonalidade vermelho/alaranjada das massas alimentícias ($p > 0,05$). O mesmo ocorreu para o parâmetro b^* , onde ocorre maior intensidade da tonalidade amarelo/alaranjada das amostras em função da presença de uma maior concentração de pigmentos naturais da abóbora, os carotenoides.

De acordo com Souza, Neves e Schmiele (2019), as amostras comerciais de macarrão espaguete possuem valores de b^* de 18,44 e 21,36 para massas com sêmola de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico e farinha de trigo integral; e com farinha de trigo integral e glúten de trigo,

respectivamente. Estes valores se aproximam dos valores obtidos para as amostras F0 e F10. Ainda segundo Souza, Neves e Schmiele (2019), espaguete contendo farinha de trigo tipo 2 enriquecida com ferro e ácido fólico possui parâmetro b^* igual a 26,00, valor este que se aproxima das médias obtidas para as formulações F20 e F30.

Tabela 1 – Resultados experimentais da cor instrumental para as massas alimentícia (n=3)

Parâmetro	F0	F10	F20	F30
L^*	62,07 ± 0,02 ^a	59,60 ± 0,01 ^b	60,01 ± 0,01 ^b	57,15 ± 0,02 ^c
a^*	02,85 ± 0,05 ^c	03,51 ± 0,20 ^c	04,25 ± 0,10 ^b	05,27 ± 0,07 ^a
b^*	17,14 ± 0,04 ^c	22,98 ± 0,12 ^b	27,87 ± 0,04 ^a	30,82 ± 0,06 ^a
Croma (C*)	17,38 ± 0,04 ^c	23,25 ± 0,12 ^b	28,20 ± 0,04 ^a	31,27 ± 0,06 ^a
Ângulo de saturação (h°)	80,54 ± 0,01 ^{ns}	81,37 ± 0,01 ^{ns}	81,35 ± 0,01 ^{ns}	80,30 ± 0,01 ^{ns}
Variação de cor (ΔE)	-	06,37 ± 0,82 ^c	11,02 ± 1,20 ^b	14,80 ± 1,70 ^a
Cor real das massas alimentícias [§]				

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: F0 - 100% de farinha de trigo; F10 - 100% de farinha de trigo + 10% de polpa de abóbora; F20 - 100% de farinha de trigo + 30% de polpa de abóbora; F30 - 100% de farinha de trigo + 30% de polpa de abóbora.

Média de três repetições ± desvio padrão. Letras distintas na mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$); ns = não significativo.

[§]Representação visual obtida pelo Nix™ Color Sensor, disponível no endereço eletrônico <<https://www.nixsensor.com/free-color-converter/>>.

Em relação ao croma, as amostras F20 e F30 não apresentaram diferenças entre si. Para o ângulo de saturação não foi observada diferença entre as formulações desenvolvidas. Considerando-se que a farinha utilizada para produção das amostras foi a farinha branca refinada, a coloração do macarrão produzido deve-se exclusivamente a estes carotenoides presentes na polpa de abóbora, com coloração no comprimento de onda do UV visível que apresentam tonalidades que iniciam no amarelo, intensificam-se no alaranjado, mas que podem possuir tonalidades avermelhadas. Dentre estes carotenoides destacam-se o β -caroteno e a β -criptoxantina (precursores de vitamina A) e a zeaxantina e a luteína (CHÁVEZ-SERVIA, *et al.*, 2020; KAUR *et al.*, 2020).

A variação de cor observada nas amostras indicou que com maiores concentrações de polpa de abóbora, as diferenças entre as cores são mais evidentes. Segundo Mokrzycki e Tatol (2012), valores de ΔE maiores que 5, qualquer julgador (treinado ou não treinado) ou um consumidor habitual do produto terá a habilidade de observar as diferenças entre as amostras. A coloração amarelada (maiores valores de b^*) das massas alimentícias com maiores teores de polpa de abóbora do presente estudo representam dados satisfatórios, pois as marcas comerciais em geral utilizam farinha de trigo

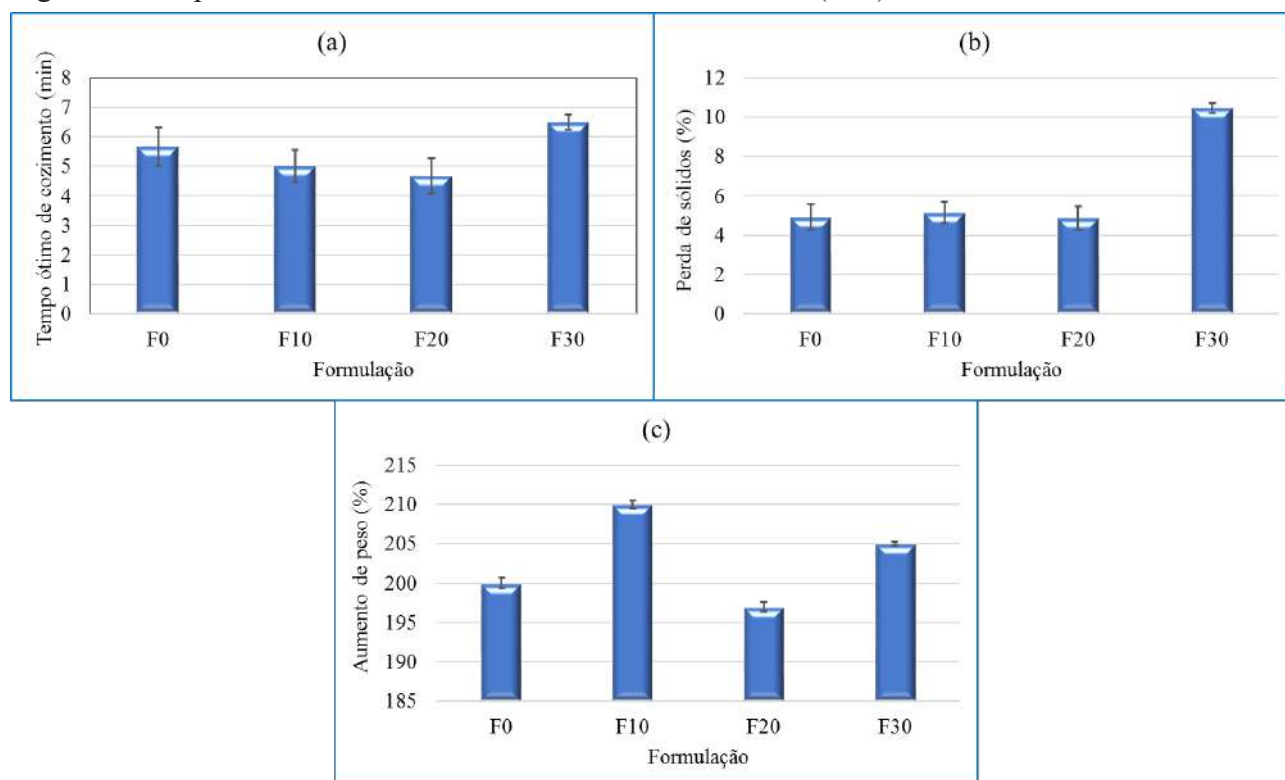
de *grano durum* (presença natural de carotenoides), ovos e/ou corantes para intensificar a cor dos produtos, atendendo assim às exigências dos consumidores (SOUZA; NEVES; SCHMIELE, 2019).

Propriedades de cozimento

Para identificar as características que cada amostra de massa alimentícia possui durante a cocção, foram realizados testes de tempo de cozimento (Figura 1-a), de perdas de sólidos na água de cozimento (Figura 1-b) e aumento de peso durante o cozimento (Figura 1-c). Foi observado que a massa alimentícia padrão (F0) possui tempo de cozimento de 5,67 minutos, aumento de peso de 200% e perda de sólidos de 4,92%.

De acordo com a comparação de médias, os dados para aumento de peso e perda de sólidos não apresentaram diferença entre as amostras. Isto indica que mesmo com a adição de polpa de abóbora, as massas alimentícias mantiveram adequadas características de cozimento. Todavia, é importante observar que com um aumento da polpa de abóbora na composição da massa alimentícia, esta tende a perder mais sólidos durante o cozimento, quando comparado com a amostra padrão (F0) e a absorção de água tende a diminuir em teores de polpa maior que 10% ($p < 0,05$).

Figura 1 – Propriedades de cozimento das massas alimentícias (n=3)



Fonte: Dos Autores, 2021.

Legenda: F0 – 100% de farinha de trigo; F10 – 100% de farinha de trigo + 10% de polpa de abóbora; F20 – 100% de farinha de trigo + 20% de polpa de abóbora; F30 – 100% de farinha de trigo + 30% de polpa de abóbora.

A maior absorção de água pode ser creditada à maior presença de grupos hidroxilas existentes na estrutura da fibra da polpa, permitindo a retenção de água pela formação de pontes de hidrogênio (MINAROVICHOVÁ *et al.*, 2017). Com teor de polpa de abóbora maior que 10%, a diminuição na absorção de água no cozimento pode ocorrer por uma umidificação maior da massa devido ao aumento da polpa na formulação.

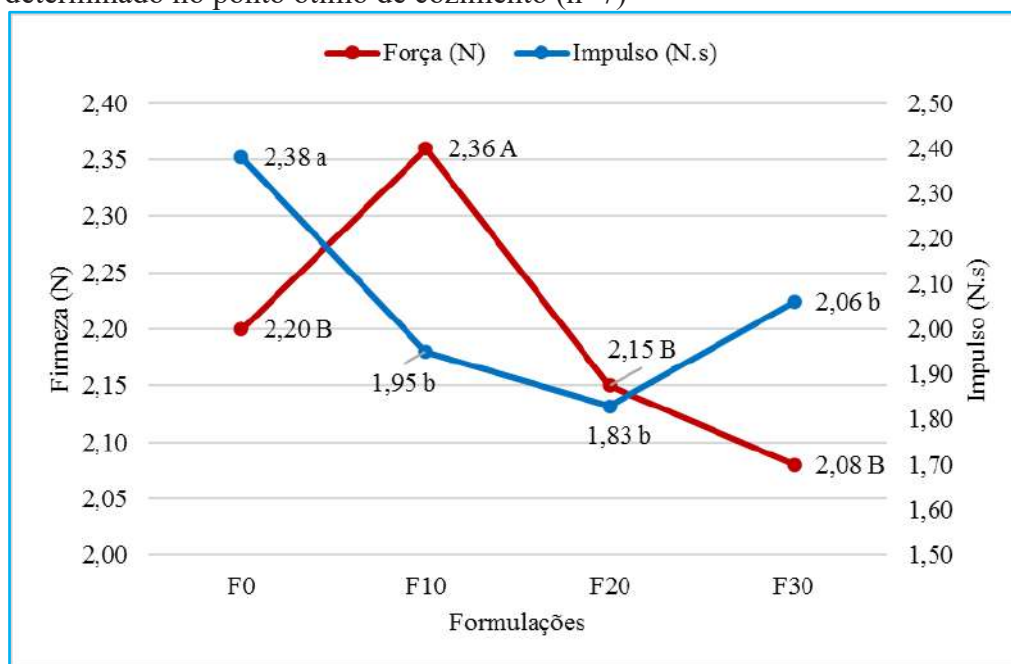
Os tempos de cozimentos foram de 5,67, 5,00, 4,67 e 6,50 minutos para as formulações F0, F10, F20 e F30, respectivamente. Observe que existe um decréscimo neste tempo até o teor de 20% de polpa na massa, aumentando na massa com 30% de polpa. Minarovičová *et al.* (2017) argumentam que o cozimento da massa depende da quantidade e qualidade do glúten presente na farinha utilizada e que as fibras precisam de maior tempo para hidratar, de forma que estas competem pela água com o glúten, sendo necessário algum tempo para que haja um equilíbrio entre estes componentes. Assim, pode-se inferir que com um maior acréscimo de polpa e, conseqüentemente, a presença de um maior teor de fibras, o tempo necessário para a estabilização do cozimento seja maior, assim como ocorreu com a formulação F30.

Textura instrumental

A textura instrumental das massas alimentícias avaliou os parâmetros de firmeza, caracterizada pela força total para o cisalhamento do produto cozido, simulando a primeira mordida que o consumidor necessita para ingerir o produto, sendo normalmente identificada como uma massa *al dente* quanto maior será o valor deste parâmetro para a massa alimentícia cozida pelo tempo ótimo. Outro parâmetro importante e diretamente proporcional à firmeza é o impulso, que significa a força exercida por um determinado tempo para realizar o cisalhamento da amostra com os dentes incisivos. Os valores médios para a firmeza e impulso das massas alimentícias estão apresentados na Figura 2.

Observou-se que a firmeza da formulação adicionada de 10% de polpa de abóbora (F10) foi superior ($p < 0,05$) em relação as demais amostras, as quais foram semelhantes entre si. Em relação ao impulso, a adição de polpa de abóbora resultou em dados semelhantes para todas as amostras e inferiores estatisticamente ($p < 0,05$) em relação a amostra padrão. De maneira geral, podemos inferir que o aumento da firmeza na formulação F10 possa ter sido resultado da presença de vitamina C na polpa da abóbora. Esta vitamina denominada de ácido ascórbico é utilizada na panificação como agente oxidantes, responsável pelo fortalecimento da rede de glúten através da oxidação dos grupamentos sulfidrila (2R-SH) em ligações covalentes do tipo dissulfeto (R-S-S-R), favorecendo assim a interação proteína-proteína (CAUVAIN, 2015).

Figura 2 – Dados de firmeza e impulso da textura instrumental das massas alimentícias cozidas conforme determinado no ponto ótimo de cozimento (n=7)



Fonte: Dos Autores, 2021.

Legenda: F0 – 100% de farinha de trigo; F10 – 100% de farinha de trigo + 10% de polpa de abóbora; F20 – 100% de farinha de trigo + 30% de polpa de abóbora; F30 – 100% de farinha de trigo + 30% de polpa de abóbora.

Médias acompanhadas de letras maiúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para o parâmetro firmeza.

Médias acompanhadas de letras minúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para o parâmetro impulso.

Este efeito foi minimizado nas formulações F20 e F30 em função da maior concentração dos demais componentes da polpa da abóbora como carboidratos (principalmente fibras alimentares), proteínas não formadoras da rede de glúten, lipídeos e demais componentes minoritários, resultando assim na diluição das proteínas formadoras da rede de glúten presentes na farinha de trigo, além do impedimento histórico que esses componentes podem proporcionar durante a etapa de extrusão, a qual é responsável pela formação de sistema helicoidal complexo de todos os componentes da matriz alimentícia, a qual resulta na estruturação das massa alimentícias (JAEKEL; SCHMIELE; CHANG, 2020; MINAROVIČOVÁ *et al.*, 2017; SCHMIELE *et al.*, 2012).

Carotenoides totais

Na amostra padrão composta somente por farinha de trigo refinada não foi detectada a presença de carotenoides totais, ou o teor de destes pigmentos encontrava-se abaixo do limite de detecção pelo método utilizado. Durante a fase de moagem do trigo e preparação da farinha de trigo refinada, esta passa pela etapa de branqueamento através da aplicação de peróxido de benzoíla,

responsável pela oxidação dos pigmentos naturalmente presentes na farinha, resultando na descoloração (CAUVAIN, 2015). As amostras com adição de polpa de abóbora apresentaram teores de carotenoides totais (expressos em β -caroteno) de $10,46 \pm 0,50$, $20,95 \pm 0,65$ e $31,43 \pm 0,89$ mg por 100 g de massa alimentícia (em base úmida).

Segundo Kulczyński e Gramza-Michałowska (2019), o β -caroteno é responsável por aproximadamente 40% dos carotenoides totais encontrados na abóbora da espécie *Cucurbita maxima*. Considerando que cada grama de β -caroteno é convertido em 0,167 grama de equivalente de retinol (RE - vitamina A), as formulações F10, F20 e F30 poderão fornecer até 447, 896, 1343 μ g de RE por porção de massa alimentícia, considerando a porção de 80 gramas. De acordo com a Resolução Diretoria Colegiada n.º. 269, de 22 de setembro de 2005, da Agência de Vigilância Sanitária, a ingestão recomendada para um indivíduo adulto é de 600 μ g de RE (BRASIL, 2005c), o que significa que uma porção de F10, F20 e F30 fornecerão 0,74, 1,49 e 2,24 vezes, respectivamente, o teor de vitamina A necessário na dieta de pessoas adultas. No entanto, é válido ressaltar que parte destes carotenoides poderão ser degradados durante a etapa de cozimento, reduzindo assim o potencial vitamínico.

Conclusão

Os resultados indicaram que as formulações F10 e F20 não apresentaram diferença de luminosidade, sendo a amostra F30 a que mais se distanciou em luminosidade da amostra padrão (F0). Os resultados obtidos para aumento de peso e perda de sólidos não apresentaram diferença significativa, indicando que a adição da polpa de abóbora manteve as características de cozimento das massas alimentícias. Devido ao aumento da polpa de abóbora na composição, a massa alimentícia apresentou maior perda de sólidos durante o cozimento, quando comparado com a amostra padrão (F0). A absorção de água diminuiu com teores de polpa maiores que 10%. Em relação à firmeza e ao impulso, os dados indicam que a melhor concentração de polpa de abóbora foi de 10%, resultando em maior firmeza, caracterizando uma massa alimentícia *al dente*. Considerando os teores de carotenoides, uma porção de massa alimentícia das formulações F20 e F30 fornece a quantidade de vitamina A diária necessária para uma pessoa adulta. No entanto, uma dieta equilibrada apresentará outras fontes de vitamina A, sendo assim, a formulação ideal, considerando todos os parâmetros estudados para se obter uma massa alimentícia com adequadas propriedades tecnológicas e nutricionais foi a F10. Este estudo comprova a potencialidade da introdução de abóbora nas formulações de massas alimentícias, além de agregar valor nutricional e diminuir o desperdício.



Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Instituto de Ciência e Tecnologia pelo suporte institucional. Agradecemos ainda à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo auxílio financeiro (código 001).

Referências

AACCI. American Association of Cereal Chemists International. **Approved Methods of Analysis**. 11st ed. AACC: St. Paul, 2010.

ALONSO-GARRIDO, M. *et al.* *In vitro* blood brain barrier exposure to mycotoxins and carotenoids pumpkin extract alters mitochondrial gene expression and oxidative stress. **Food and Chemical Toxicology**, v. 153, 112261, 2021.

ANDRESSA, I. *et al.* **Pumpkin applied to the food industry**. In: KERRICK, E. D. (ed.). *Cucurbita: biology, distribution and habitat*. New York: Nova Science, p. 87-128, 2020.

AOAC. Association of Official Analysis Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**, 21st ed. AOAC: Gaithersburg, 2019.

BEMILLER, J. N. Resistant starch. In: WELTI-CHANES, J. *et al.* (eds). **Science and Technology of Fibers in Food Systems**. Cham: Springer, p. 153-186, 2020.

BORGES, I. M. S. *et al.* Family farming: analysis of sustainability through social economic and environmental indicators. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. e54942832, 2020.

BRASIL. Instrução Normativa nº 8, de 02 de junho de 2005a. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de farinha de trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 jun. 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/pocs/instrucao-normativa-no-8-de-02-de-junho-de-2005-farinha-de-trigo/view>. Acesso em: 19 jun. 2021.

BRASIL. RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005b. Aprova o 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: 19 jun. 2021.

BRASIL. RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005c. Regulamento técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR) para proteína, vitaminas e minerais para indivíduos e diferentes grupos populacionais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-269-de-22-de-setembro-de-2005.pdf/view>. Acesso em: 19 jun. 2021.



BUZIGI, E.; PILLAY, K.; SIWELA, M. Potential of pumpkin to combat vitamin A deficiency during complementary feeding in low and middle income countries: variety, provitamin A carotenoid content and retention, and dietary reference intakes. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, 1896472, 2021.

CAUVAIN, S. **Technology of breadmaking**. 3^a ed. Witney: Springer International Publishing, 2015.

CHÁVEZ-SERVIA, J. L. *et al.* **Traditional production systems, phytochemical composition of fruit, seeds and flowers, and nutritional-nutraceutical potential of four Mexican cucurbits**. In: KERRICK, E. D. (ed.). *Cucurbita: biology, distribution and habitat*. New York: Nova Science, p. 87-128, 2020.

GIL, Y. A. C.; PICCOLI, C.; STEFFENS, C. Aproveitamento integral de alimentos: avaliação físico-química de bolos à base de abóbora de pescoço (*Cucurbita moschata*). **Revista da Associação Brasileira de Nutrição**, v. 10, n. 1, p. 109-116, 2019.

HARDER, M. N. C. *et al.* Coloração de cortes cozidos de frangos alimentados com urucum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 507-509, 2010.

HUSSAIN, A. *et al.* Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 45, e15542, 2021.

JAEKEL, L. Z.; SCHMIELE, M.; CHANG, Y. K. Impactos do amido resistente e da enzima transglutaminase nas características tecnológicas de espaguetes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e891986219, 2020.

KAUR, S. *et al.* Functional and nutraceutical properties of pumpkin – a review. **Nutrition and Food Science**, n. 50, v. 2, p. 384-401, 2020.

MINAROVÍČOVÁ, L. *et al.* Effect of pumpkin powder incorporation on cooking and sensory parameters of pasta. **Potravinárstvo: Slovak Journal of Food Sciences**, v. 11, n. 1, p. 373-379, 2017.

MOKRZYCKI, W.; TATOL, M. Color difference Delta E - A survey. **Machine Graphics and Vision**, v. 20, p. 383-411, abr. 2011.

NANTHACHAI, N. *et al.* Development of pumpkin powder incorporated instant noodles. **Current Research in Nutrition and Food Science Journal**, v. 8, n. 2, p. 524-530, 2020.

NEVES, N. A. *et al.* Sourdough and jaboricaba (*Plinia cauliflora*) for improvement on pan bread characteristics. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e90691110552, 2020.

RAMOS, S. A. *et al.* Development of cookies with fruit co-products. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e5799108918, 2020.

RINALDI, M. *et al.* Comparison of physical, microstructural and antioxidative properties of pumpkin cubes cooked by conventional, vacuum cooking and sous vide methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 6, p. 2534 – 2541, 2021.

SCHMIELE *et al.* Gluten-free pasta with high protein content obtained by conventional processing. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 908-914, 2013.

SCHMIELE, M. *et al.* Rheological properties of wheat flour and quality characteristics of pan bread as modified by partial additions of wheat bran or whole grain wheat flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 10, p. 2141-2150, 2012.

SEHN, G. A. R.; STEEL, C. J. Classification of whole wheat flour using a dimensionless number. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, p. 3827-3836, 2017.

SOUZA, E. C.; NEVES, N. A.; SCHMIELE, M. Análise e caracterização de um padrão de identidade e qualidade do macarrão comercial. In: JORNADA REGIONAL SUDESTE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 4., 2019, Diamantina. **Anais [...]**, Diamantina: Even3, 2019. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/ivjea/145279-analise-e-caraterizacao-de-um-padrao-de-identidade-e-qualidade-do-macarrao-comercial/>>. Acesso em: 21 mai. 2021.

SOUZA, I. G. *et al.* Root and tuber flours to improve nutritional quality in instant noodles. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e23610414086, 2021.

TASIGUANO, B. L. *et al.* Efecto del tempo de cocción del zapallo (*Cucurbita máxima*) y la adición de glucosa oxidasa en el aumento de almidón resistente del pan de molde. **Información Tecnológica**, v. 30, n. 3, p. 167-178, 2019.

19 Capítulo

Produção e caracterização
de nanopartículas lipídicas
de óleo de semente de romã

Capítulo 19

Produção e caracterização de nanopartículas lipídicas de óleo de semente de romã

Amanda Tibães Lopes*¹; Maria Nunes Medeiros ¹; Guilherme Carneiro ²; Franciele Maria Pelissari³

Resumo

O óleo de semente de romã (OSR), obtido a partir da prensagem a frio das sementes da romãzeira (*Punica granatum*), vem ganhando atenção devido a seus efeitos benéficos à saúde, associados à sua composição rica em ácidos linolênicos conjugados e a suas propriedades antioxidantes, anticarcinogênicas, anti-aterogênica e anti-diabetes. Apesar disso, a utilização de óleos vegetais pela indústria é limitada pela baixa solubilidade aquosa e a elevada possibilidade de degradação oxidativa desses compostos, limitações que podem ser contornadas por meio da utilização da nanoencapsulação. Este trabalho teve como objetivo a produção e caracterização de carreadores lipídicos nanoestruturados (NLC) de OSR, para o aproveitamento das propriedades funcionais desse óleo. As nanopartículas foram produzidas pelo método de homogeneização a quente seguido por sonicação. As amostras foram caracterizadas quanto ao diâmetro médio, índice de polidispersão (IP), potencial zeta (PZ), espectroscopia no infravermelho (FTIR) e análise de difração de raios X (DRX). Os valores de tamanho demonstraram que a diferença de proporção dos componentes das formulações não influenciou no diâmetro médio das partículas. Os valores de IP de NLS B ($0,39 \pm 0,02$) e NLC 1:1 ($0,34 \pm 0,02$), foram estatisticamente iguais, enquanto NLC 4:1 ($0,26 \pm 0,02$) foi a formulação mais monodispersa entre as três. Em relação ao PZ, o menor valor encontrado foi para NLC 1:1 ($-25,1 \pm 2,9$ mV), enquanto as amostras NLS B ($-33,3 \pm 1,5$ mV) e NLC 4:1 ($-36,4 \pm 1,2$ mV) foram estatisticamente iguais, indicando estabilidade de dispersão coloidal das formulações. As análises de DRX e FTIR evidenciaram a compatibilidade entre os componentes das nanopartículas e a manutenção nas características do OSR mesmo após o aquecimento. Esses resultados indicam que a encapsulação e uma encapsulação satisfatória dos compostos na matriz lipídica de OSR em NLC foi realizada e que suas aplicações podem ser promissoras.

Palavras-chave: Antioxidante. Carreadores lipídicos nanoestruturados. Encapsulação. Nanopartículas lipídicas sólidas. Óleos vegetais.

¹ Laboratório de materiais verdes, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

² Laboratório de desenvolvimento farmacêutico, Departamento de Farmácia, UFVJM.

* E-mail para correspondência: amanda.tibaes@ufvjm.edu.br

Introdução

A romãzeira (*Punica granatum*), pertencente à família *Punicaceae*, é um arbusto ramoso que atinge de 3 a 5 m de altura, com folhas simples, brilhantes, cartáceas, dispostas em grupos de 2 ou 3, de 4-8 cm de comprimento e com flores que emergem em florescências (DEGASPARI; DUTRA, 2011; SOUSA *et al.*, 2018). Suas infrutescências, as romãs, são consumidas popularmente como frutas frescas, bebidas, produtos alimentares (doces, geleias, molhos) e extratos nos quais são usados como ingredientes botânicos em medicamentos fitoterápicos e suplementos alimentares (GOULA; ADAMOPOULOS, 2012).

Na medicina popular por muitos séculos, a romã é conhecida como uma fonte importante de compostos bioativos e fitoquímicos, e devido o reconhecimento de suas propriedades pelo mundo científico, pesquisas acerca das suas aplicações vem surgindo a cada ano (JUHAIMI; ÖZCAN; GHAFOR, 2017). Devido às suas propriedades nutricionais e medicinais, nos últimos anos o óleo de semente de romã (OSR) foi investigado como ingrediente funcional na indústria de alimentos (VERARDO *et al.*, 2014; BIAŁEK *et al.*, 2017). As propriedades antioxidantes do óleo prensado a frio foram comparadas às do vinho tinto, chá verde e do antioxidante sintético hidroxil anisol butilado (BHA) e se mostraram significativamente superiores (SIANO *et al.*, 2016; TOZETTO *et al.*, 2017).

O ácido punícico (PuA; ácido cis-9, trans-11, cis-13 octadecatrienóico) é o componente majoritário do óleo de semente de romã, sua principal fonte natural. Pertence à família de ácidos linolênicos conjugados (CLNA), sendo categorizado como um ácido graxo poli-insaturado (PUFA) (ALCARAZ-MÁRMOL *et al.*, 2015; GARAIOVA *et al.*, 2017). Por muitos anos, os CLNA, em geral, atraíram considerável atenção devido a seus inúmeros efeitos benéficos à saúde e foram investigados devido às suas propriedades anticarcinogênicas, anti-aterogênica, anti-obesidade, anti-diabetes e atividade antioxidante (COSTANTINI *et al.*, 2014; VERARDO *et al.*, 2014; BIAŁEK *et al.*, 2016; HOLIC *et al.*, 2018).

A indústria de alimentos utiliza a encapsulação para contornar problemas de formulação que podem surgir da instabilidade química ou física de ingredientes ativos ou devido à incompatibilidade entre o ingrediente ativo e uma matriz (JANSEN-ALVES *et al.*, 2018). Além disso, estas técnicas permitem aos fabricantes: explorarem novas tendências de consumo; adição de ingredientes funcionais; substituição de conservantes sintéticos por naturais; aplicação de compostos ativos para suplementação; enriquecimento de produtos e entrega de prebióticos e probióticos (DAS; CHAKRABORTY, 2016; PANTHARI; KHARKWAL, 2016).

No caso da utilização de óleos vegetais, a baixa solubilidade aquosa e a elevada possibilidade de degradação oxidativa constituem situações indesejadas para aplicação alimentar desses compostos,



limitações que podem ser contornadas por meio da incorporação dos óleos em nanopartículas lipídicas. Com a utilização da nanoencapsulação, é possível proteger compostos sensíveis de condições externas, como pH, luz, temperatura e reações enzimáticas, que podem danificar a sua estrutura, diminuindo a função do material ativo (KHORASANI *et al.*, 2019). Ademais, as técnicas de nanoencapsulação tornam possível o desenvolvimento de novos materiais de embalagens de alimentos, proporcionando o fornecimento prolongado de componentes bioativos com ações antimicrobiana ou antioxidante e provendo propriedades mecânicas e de barreira aprimoradas a estes materiais (KHORASANI; DANAEI; MOZAFARI, 2018; ALMEIDA, 2019).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo a produção e caracterização de carreadores lipídicos nanoestruturados (NLC) de óleo de semente de romã, para o aproveitamento das propriedades antioxidantes e funcionais desse óleo para o desenvolvimento posterior de embalagens ativas biodegradáveis.

Material e Métodos

Matérias-primas

O óleo de semente de romã prensado a frio, foi adquirido com a empresa Piping Rock (New York, EUA). O Compritol® 888 ATO (berrenato de glicerila; mistura de mono-, di- e triglicerídeos do ácido berrênico (C22)) foi fornecido pela Gattefossé (Lyon, França). Tween® 80 de grau superrefinado (Polissorbat 80; monooleato de sorbitano etoxilado) foi cedido pela Croda Inc (Edison, EUA) e a lecitina de soja pela empresa Cargill (Krefeld, Alemanha). Todos os demais reagentes químicos utilizados no decorrer do projeto serão de grau analítico.

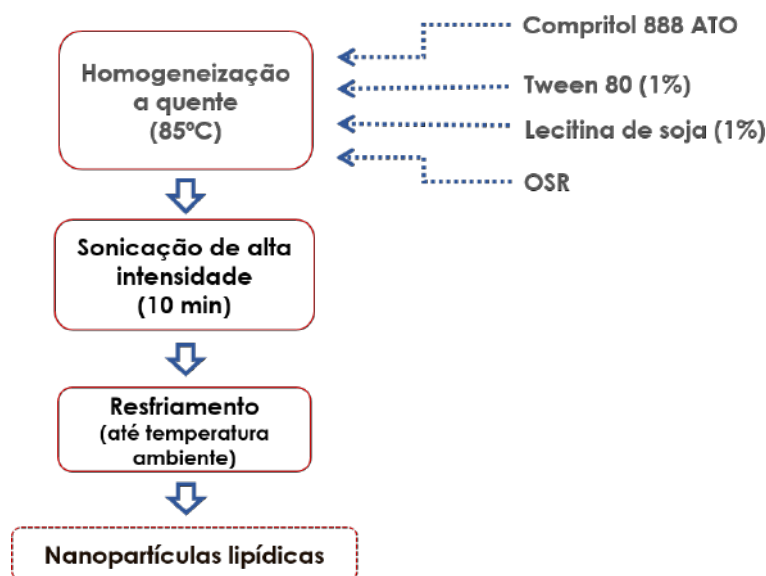
Produção das nanopartículas de óleo de semente de romã

A produção das NLC, se deu com a utilização do glicerídeo derivado do ácido berrênico, compritol 888 ATO, como lípide sólido para composição de matriz e o óleo de semente de romã como o lípide líquido. A composição do sistema tensoativo, que representa 1% da formulação, foi baseada em estudos preliminares que indicaram a utilização de Tween 80 e lecitina de soja, em proporção de 1:1 (ALMEIDA *et al.*, 2021). Foram elaboradas formulações com 5% de lípides totais, com variações nas proporções de 4:1 e de 1:1 entre Compritol e OSR. Além das formulações citadas, foram produzidas nanopartículas lipídicas sólidas (NLS), sem adição do OSR, para fins de comparação.



Inicialmente, lípido sólido e emulsificantes foram submetidos ao processo de homogeneização a quente, no qual foram aquecidos juntos a 85 °C, até completa fusão e homogeneização. Em seguida, o OSR foi adicionado a esta mistura, homogeneizado e então disperso em 10 mL de água previamente aquecida à mesma temperatura, sob agitação manual por 2 min. O processo está esquematizado na Figura 1. Posteriormente, o volume da formulação foi padronizado com água de forma a obter 20 mL de formulação total. O pH das soluções obtidas foi então ajustado para $7,0 \pm 0,05$ com soluções de hidróxido de sódio ou ácido clorídrico 0,1 M e as suspensões obtidas foram armazenadas a 4 °C.

Figura 1 - Processo de obtenção de micro e nanopartículas lipídicas



Fonte: Dos autores, 2021.

Caracterização físico-química das nanopartículas

O diâmetro médio e o índice de polidispersão (IP) foram determinados pela técnica de espalhamento dinâmico da luz (DLS, do inglês Dynamic Light Scattering), a 25 °C, com 173° para incidência do laser, utilizando um contador de partículas com raio laser monocromático Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments; Worcestershire, Inglaterra). O mesmo equipamento foi empregado para a determinação do potencial zeta (PZ), utilizando a técnica de DLS associada à mobilidade eletroforética, em ângulo fixo de 173° e temperatura de 25 °C. As formulações foram diluídas em proporção 1:10 antes da leitura. As determinações foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos como média \pm DP.

Para as análises posteriores de espectroscopia de absorção na região do infravermelho (FTIR) e análise de difração de raios X (DRX), 10 mL das suspensões de nanopartículas foram secas em

liofilizador com sistema condensador operando em $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, pressão de 0,012 mbar, por 24 h. As amostras foram previamente congeladas por 48 h.

Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Para a análise de FTIR foi utilizado o espectrofotômetro com transformada de Fourier Varian modelo 640-IR (Santa Clara, United States), equipado com modo de reflectância total atenuada (ATR, Pike Technologies, modelo GladiATR), na região de 400 a 4000 cm^{-1} , com resolução 4 cm^{-1} e 32 acumulações. Foram obtidos espectros de absorção dos componentes da formulação e das nanopartículas liofilizadas. Além disso, a estabilidade térmica do OSR foi avaliada por FTIR antes e depois de seu aquecimento a $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, para verificar possíveis sinais de degradação durante o processo de produção das nanopartículas.

Difração de raios X

A análise de difração de raios X (DRX) foi realizada a partir do difratômetro RXD-6000 (Shimadzu, Quioto, Japão), submetendo as amostras previamente liofilizadas e o Compritol® 888 ATO à análise direta no equipamento. Empregou-se a radiação $\text{Cu K}\alpha$ ($\lambda = 1,540560\text{ \AA}$) e 2θ variando de 10 a 50° , com velocidade de varredura de $0,06^{\circ}\text{ }2\theta\cdot\text{s}^{-1}$.

Análise estatística

Valores de médias e desvios-padrão (DP) foram calculados em todas as etapas dos experimentos. O estudo estatístico foi realizado por meio de Análise de Variância (ANOVA) *one-way* seguido de teste Tukey ao nível de 5% de significância. Para o tratamento de dados foi utilizado o software GraphPad Prism 6.0.

Resultados e Discussão

Caracterização físico-química das nanopartículas

Os resultados da caracterização físico-química das amostras de nanopartículas estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da caracterização físico-química das formulações de nanopartículas

Parâmetros	NLS B	NLC 4:1	NLC 1:1
Tamanho (nm)	325 ± 4 ^a	308 ± 18 ^a	313 ± 3 ^a
IP	0,39 ± 0,02 ^a	0,26 ± 0,02 ^b	0,34 ± 0,02 ^a
Potencial Zeta (mV)	-33,3 ± 1,5 ^a	-36,4 ± 1,2 ^a	-25,1 ± 2,9 ^b

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: NLS: Nanopartículas lipídicas sólidas; NLC: Carreadores lipídicos nanoestruturados; MLS: Micropartículas lipídicas sólidas; MLC: Carreadores lipídicos microestruturados; IP: Índice de polidispersão.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha (comparação entre amostras) não diferem significativamente a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Quanto ao tamanho, as formulações de nanopartículas não apresentaram diferença significativa a partir do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, demonstrando que a diferença de proporção dos componentes das formulações não influenciou no diâmetro médio das partículas.

A formulação de proporção 4:1 de lípides (NLC 4:1), apresentou o menor índice de polidispersão (IP) entre as amostras, enquanto a formulação composta por lípides sólido e líquido em mesma proporção (NLC 1:1) e a formulação branco (NLS B), são estatisticamente iguais a partir do mesmo teste. O IP tem um efeito importante na estabilidade física das suspensões, sendo que valores menores que 0,3, demonstram distribuição de tamanho estreita e monodispersa, o que pode favorecer a estabilidade física das nanopartículas e impossibilitar o fenômeno de agregação, em contrapartida, valores maiores que 0,5 indicam uma distribuição muito ampla de tamanhos (LAKSHMI; KUMAR, 2010; TAMJIDI *et al.*, 2013; DANAEI *et al.*, 2018). Os resultados indicam que NLC 4:1 é a formulação mais monodispersa entre as três, mas que todos os sistemas podem ser considerados monodispersos.

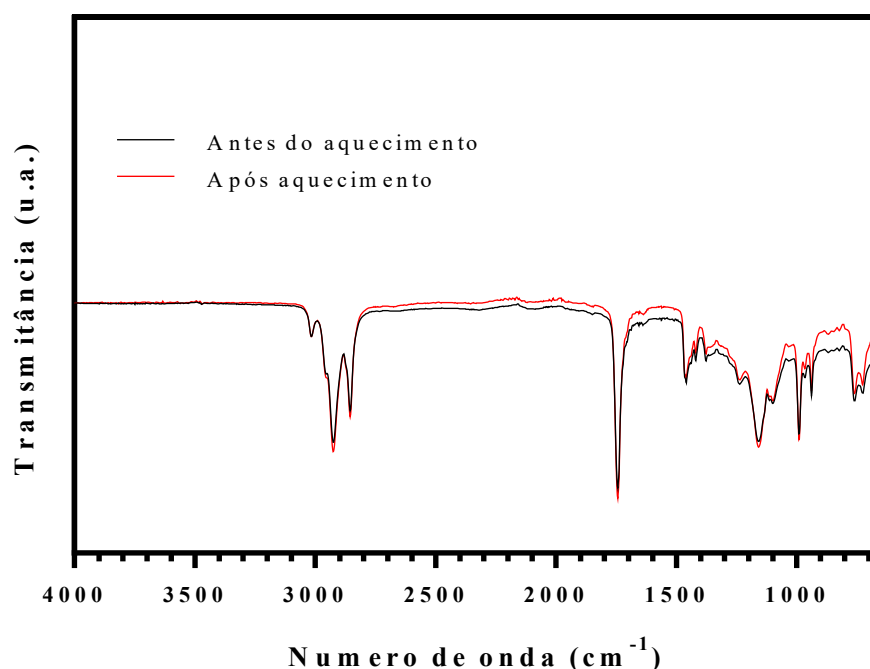
Em relação ao potencial zeta (PZ), o menor valor encontrado foi para a formulação NLC 1:1 e não foi identificada diferença significativa entre as amostras NLS B e NLC 4:1. Em módulo, PZ apresentou valores altos (>25mV), indicando uma possível estabilidade de dispersão coloidal de todas as formulações. Quanto maior o valor de PZ em módulo, maior a probabilidade de a suspensão ser estável porque as partículas carregadas se repelem, superando a tendência natural de agregação (HEURTAULT *et al.*, 2003; LAKSHMI; KUMAR, 2010).

Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

O método de obtenção das micro e nanopartículas lipídicas envolve a etapa de fusão do lípido sólido e emulsificação, que ocorre a 85 °C. Para avaliar a manutenção da qualidade do OSR, uma alíquota de óleo foi aquecida até a temperatura de processo e submetida a análise direta no FTIR. A

Figura 2, expõe a sobreposição dos espectros do OSR antes e após o aquecimento. A partir dessa comparação é possível presumir que o aquecimento até a temperatura de 85 °C não alterou as características do óleo, visto que os espectros apresentaram as mesmas características.

Figura 2 - Espectros de absorção no IV do óleo de semente de romã antes e após aquecimento a 85 °C



Fonte: Dos autores, 2021.

Os espectros de absorção na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) para os componentes das formulações e para as formulações de nanopartículas estão expostos nas Figura 3 e Figura 4, respectivamente.

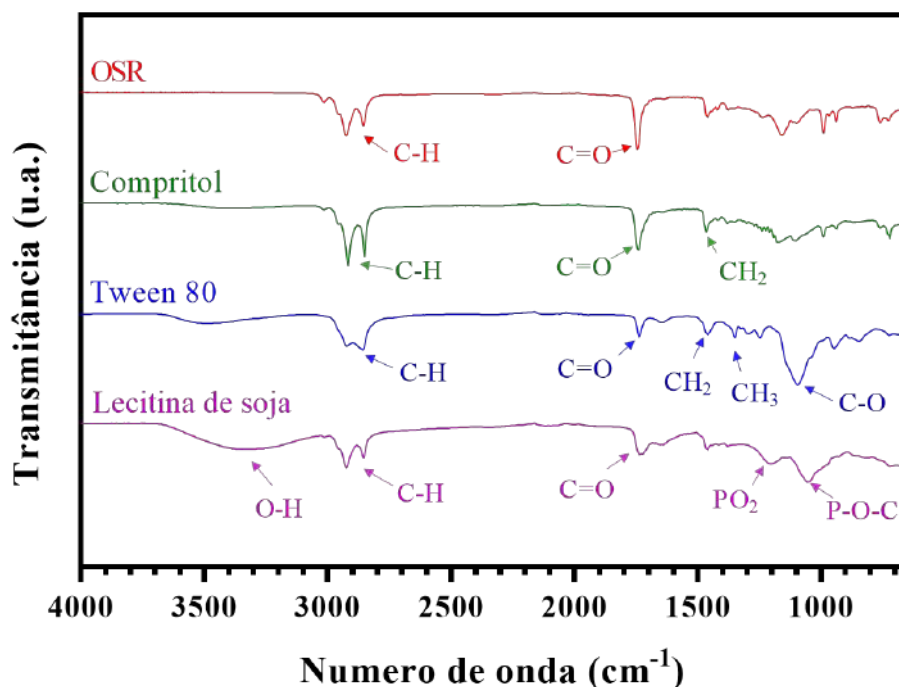
O espectro de absorção do OSR apresentou alongamento C-H em 2920 e 2854 cm^{-1} . O OSR prensado a frio apresenta quantidades consideráveis de ácidos graxos livres, a banda de absorção observada em 1740 cm^{-1} está correlacionada aos alongamentos C=O presentes nesses compostos. Os números de onda na região de 1464 a 983 cm^{-1} e em torno de 722 cm^{-1} estão associados a polifenóis e tocoferóis, presentes no OSR (HIRRI *et al.*, 2016; UNCU *et al.*, 2020).

Com base em sua composição química, o Compritol 888 ATO é uma mistura de diferentes ésteres de ácido berrênico com glicerol. Dessa forma, esse composto revelou bandas de absorção de C-H em 2920 e 2850 cm^{-1} e alongamento C=O em 1740 cm^{-1} , característico de carbonila de grupamentos ácidos, presentes no ácido berrênico. Foram observados diversas bandas vibracionais a partir de 1500 cm^{-1} , que podem ser relacionadas a grupos metileno (-CH₂) (ABURAHMA; BADR-ELDIN, 2014; ALMEIDA, 2019; RAHMAN; ZIDAN; KHAN, 2010).

Da mesma forma, para o Tween 80, as bandas de absorção em 2930 e 2856 cm^{-1} , estão associadas ao estiramento C-H e em 1740 cm^{-1} , uma banda referente ao alongamento C=O de grupos éster pode ser observada. Os números de onda 1458 e 1350 cm^{-1} , estão correlacionadas às vibrações CH₂ de CH₃, respectivamente, e ainda no mesmo espectro, é possível observar a banda de absorção em 1098 cm^{-1} , correlacionada ao alongamento C-O de ésteres (LI *et al.*, 2012).

O espectro obtido a partir da análise da lecitina de soja apresentou uma banda larga entre 3650 e 3100 cm^{-1} , atribuída ao alongamento -OH. Entre 1765 e 970 cm^{-1} , foram evidenciadas as três bandas fosfolipídicas presentes na fosfatidilcolina, sendo elas: entre 1750 e 1720 cm^{-1} , originária da vibração C=O; entre 1200 e 1140 cm^{-1} , indicando a vibração do PO₂; e entre 1140 e 970 cm^{-1} característica da ligação P-O-C (NZAI; PROCTOR, 1999).

Figura 3 - Espectros de absorção no IV dos componentes das formulações de nanopartículas

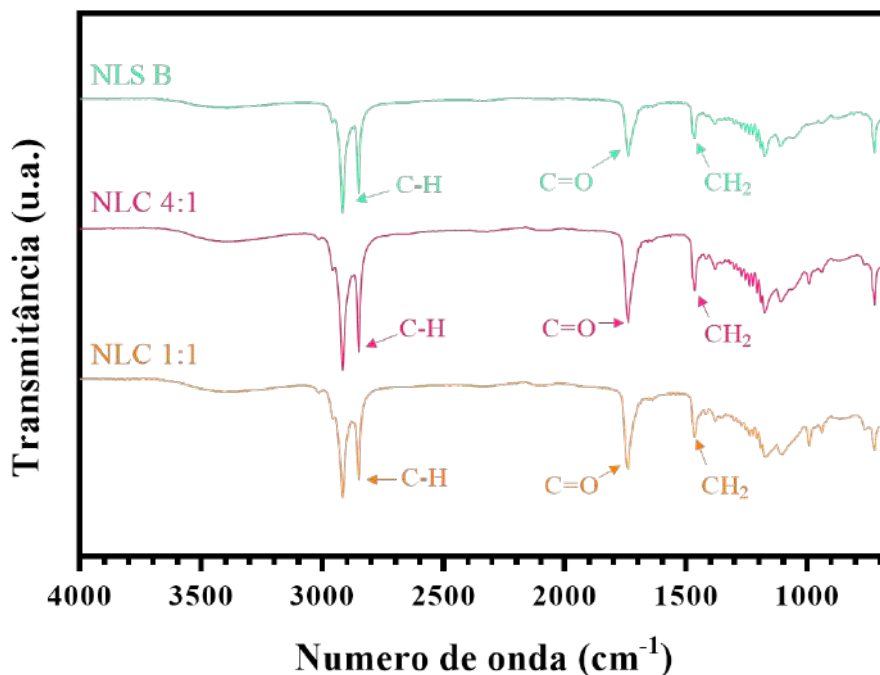


Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: OSR: Óleo de semente de romã.

Os espectros correspondentes as formulações NLS B, NLC 4:1 e NLC 1:1, apresentaram estiramentos semelhantes, com bandas de absorção de C-H em 2920 e 2850 cm^{-1} , alongamento C=O em 1740 cm^{-1} e a partir de 1460 cm^{-1} , referente às vibrações CH₂. Não foram observadas alterações nos picos característicos de Compritol 888 ATO, quando comparados aos espectros das formulações, o que pode indicar a ausência de incompatibilidade entre os componentes das nanopartículas e encapsulação satisfatória dos compostos na matriz lipídica (RAHMAN; ZIDAN; KHAN, 2010).

Figura 4 - Espectros de absorção no IV das formulações de nanopartículas lipídicas



Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: NLS: Nanopartículas lipídicas sólidas; NLC: Carreadores lipídicos nanoestruturados.

Difração de raios X

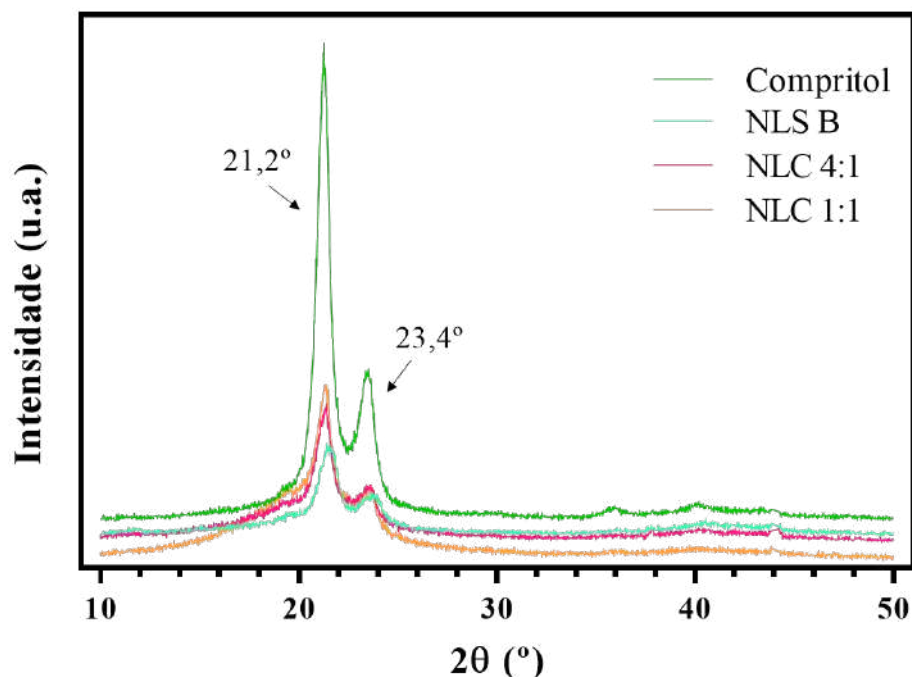
A análise de difração de raios X (XRD) estabelece informações sobre arranjos de rede cristalina de um composto sólido (RANDALL; ROCCO; RICOU, 2010). A Figura 5 apresenta os difratogramas obtidos para o Compritol e para as amostras de nanopartículas liofilizadas.

Compritol 888 ATO apresentou dois picos de difração, sendo o mais intenso situado em 21,2°, um pico de menor intensidade em 23,4° com espaçamentos curtos característicos da forma β' (FINI *et al.*, 2011; HAMDANI; MOËS; AMIGHI, 2003; KALLAKUNTA *et al.*, 2018).

Com relação aos espectros referentes às formulações liofilizadas (NLS B, NLC 4:1 e NLC 1:1), picos de menor intensidade e característicos do Compritol podem ser observados em ângulos de difração de 2θ próximos a 21,2° e 23,4°. A menor intensidade desses picos em comparação com o Compritol, pode indicar presença de uma trama lipídica menos ordenada (ALMEIDA, 2019). A ausência de picos agudos nesses espectros pode indicar amorfização dos componentes das formulações na matriz lipídica ou evidenciar a presença de substâncias amorfas, como a lecitina de soja, na composição das nanopartículas (CHAUDHARI; MURTY; BANERJEE, 2021; SHAVETA *et al.*, 2020). Ainda nos espectros de NLC 4:1 e NLC 1:1, um pico de intensidade consideravelmente inferior pode ser observado em 19,9° indicando a possível formação de formas β_i , o que confirma a

presença de uma rede cristalina menos organizada para essas amostras (FINI *et al.*, 2011; KALLAKUNTA *et al.*, 2018).

Figura 4 - Difratoograma do Compritol e das amostras de nanopartículas lipídicas contendo óleo de semente de romã após liofilização



Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: NLS: Nanopartículas lipídicas sólidas; NLC: Carreadores lipídicos nanoestruturados.

Conclusão

As formulações NLS B, NLC 4:1 e NLC 1:1 apresentaram diâmetro médio na faixa nanométrica, enfatizando que o método de homogeneização a quente associado à sonicação de alta intensidade, foi empregado de forma satisfatória. Os valores de IP encontrados indicam a obtenção de formulações homogêneas, que podem ser consideradas monodispersas e os altos valores de PZ negativo encontrados, são preditivos de uma formulação estável. O estudo de FTIR permitiu certificar a manutenção das características do óleo, mesmo após o aquecimento inerente ao processo de obtenção das nanopartículas. Os espectros no infravermelho podem indicar também a ausência de incompatibilidade entre os componentes das nanopartículas e uma encapsulação satisfatória desses componentes na matriz lipídica. A partir da análise dos difratogramas das formulações, foi possível averiguar a presença de picos semelhantes aos do Compritol, mas com intensidade menor, indicando a presença de uma trama lipídica menos ordenada, indícios que corroboram com a encapsulação do óleo bioativo.

A incorporação do OSR em nanocarreadores se mostrou efetiva considerando os resultados de FTIR e DRX e estudos a cerca do teor de encapsulação, propriedades térmicas, microscopia eletrônica de varredura e análise de capacidade antioxidante dos carreadores lipídicos nanoestruturados são necessários para propiciar a aplicação dessas estruturas de forma mais direcionada, inclusive no desenvolvimento de embalagens ativas biodegradáveis, área de alto potencial de inovação na indústria de alimentos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pela estrutura que permitiu a realização das atividades, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Referências

ABURAHMA, M. H.; BADR-ELDIN, S. M. Compritol 888 ATO: A multifunctional lipid excipient in drug delivery systems and nanopharmaceuticals. **Expert Opinion on Drug Delivery**, v. 11, n. 12, p. 1865–1883, dez. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25152197/>. Acesso em: 4 fev. 2021.

ALCARAZ-MÁRMOL, F. *et al.* Determination of fatty acid composition in arils of 20 pomegranates cultivars grown in Spain. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 712-718, 2015.

ALMEIDA, O. P. **Carreadores lipídicos nanoestruturados como agentes potenciais para veiculação de óleo de cártamo**. 2019. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Departamento de Farmácia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

ALMEIDA, O. P. *et al.* Encapsulation of safflower oil in nanostructured lipid carriers for food application. **Journal of Food Science and Technology**, p. 1-10, mar. 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-021-05078-5>. Acesso em: 1 jun. 2021.

BIAŁEK, A. *et al.* Influence of pomegranate seed oil and bitter melon aqueous extract on polyunsaturated fatty acids and their lipoxygenase metabolites concentration in serum of rats. **Prostaglandins and Other Lipid Mediators**, v. 126, p. 29-37, 2016.

BIAŁEK, A. *et al.* Pomegranate seed oil influences the fatty acids profile and reduces the activity of desaturases in livers of Sprague-Dawley rats. **Prostaglandins and Other Lipid Mediators**, v. 131, n. December 2016, p. 9-16, 2017.



CHAUDHARI, V. S.; MURTY, U. S.; BANERJEE, S. Nanostructured lipid carriers as a strategy for encapsulation of active plant constituents: Formulation and *in vitro* physicochemical characterizations. **Chemistry and Physics of Lipids**, v. 235, p. 105037, mar. 2021.

COSTANTINI, S. *et al.* Potential anti-inflammatory effects of the hydrophilic fraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil on breast cancer cell lines. **Molecules**, v. 19, n. 6, p. 8644–60, jun. 2014. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24962397>. Acesso em: 6 out. 2019.

DANAEI, M. *et al.* Impact of particle size and polydispersity index on the clinical applications of lipidic nanocarrier systems. **Pharmaceutics**, v. 10, n. 2, maio 2018. Disponível em: [/pmc/articles/PMC6027495/?report=abstract](http://pmc/articles/PMC6027495/?report=abstract). Acesso em: 8 fev. 2021.

DAS, A.; CHAKRABORTY, R. Role of encapsulation in food and nutrition. In: **Food Engineering: Emerging Issues, Modeling, and Applications**. New York: Apple Academic Press, 2016. p. 77-92.

DEGASPARI, C. H.; DUTRA, A. P. C. Propriedades fitoterápicas da romã (*Punica granatum* L.). **Visão Acadêmica**, v. 12, n. 1, p. 36-46, 2011.

FINI, A. *et al.* Theophylline-Loaded Compritol Microspheres Prepared by Ultrasound-Assisted Atomization. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 100, n. 2, p. 743–757, fev. 2011. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002235491532311X>. Acesso em: 9 fev. 2021.

GARAIOVA, M. *et al.* Metabolic engineering of *Schizosaccharomyces pombe* to produce punicic acid, a conjugated fatty acid with nutraceutical properties. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 101, n. 21, p. 7913-7922, 2017.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A method for pomegranate seed application in food industries: Seed oil encapsulation. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 4, p. 639-652, 2012.

HAMDANI, J.; MOËS, A. J.; AMIGHI, K. Physical and thermal characterisation of Precirol® and Compritol® as lipophilic glycerides used for the preparation of controlled-release matrix pellets. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 260, n. 1, p. 47-57, 9 jul. 2003.

HEURTAULT, B. *et al.* Physico-chemical stability of colloidal lipid particles. **Biomaterials**, v. 24, n. 23, p. 4283-4300, out. 2003.

HIRRI, A. *et al.* Prediction of Polyphenol Fraction in Virgin Olive Oil Using Mid-Infrared Attenuated Total Reflectance Accessory–Mid-Infrared Coupled With Partial Least Squares Regression. **International Journal of Food Properties**, v. 19, n. 7, p. 1504-1512, jul. 2016. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2015.1059854>. Acesso em: 6 fev. 2021.

HOLIC, R. *et al.* Bioactivity and biotechnological production of punicic acid. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, n. 8, p. 3537–3549, 2018.

JANSEN-ALVES, C. *et al.* Microencapsulation of Propolis in Protein Matrix Using Spray Drying for Application in Food Systems. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 7, p. 1422-1436, 2018.

JUHAIMI, F. A.; ÖZCAN, M. M.; GHAFOR, K. Characterization of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed and oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 10, p. 1-18, 2017.

KALLAKUNTA, V. R. *et al.* Effect of formulation and process variables on lipid based sustained release tablets via continuous twin screw granulation: A comparative study. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 121, p. 126-138, ago. 2018.

KHORASANI, S. *et al.* Recent Trends in the Nanoencapsulation Processes for Food and Nutraceutical Applications. **Reference Module in Food Science**, jan. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965229405#bib103>. Acesso em: 18 out. 2019.

KHORASANI, S.; DANAEI, M.; MOZAFARI, M. R. Nanoliposome technology for the food and nutraceutical industries. **Trends in Food Science & Technology**, v. 79, p. 106-115, set. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092422441830116X#bib14>. Acesso em: 18 out. 2019.

LAKSHMI, P.; KUMAR, G. A. Nanosuspension technology: A review. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 2, n. 4, p. 35-40, 2010.

LI, H. J. *et al.* Large-scale synthesis and self-organization of silver nanoparticles with Tween 80 as a reductant and stabilizer. **Nanoscale Research Letters**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2012. Disponível em: </pmc/articles/PMC3503618/?report=abstract>. Acesso em: 4 fev. 2021.

NZAI, J. M.; PROCTOR, A. Soy lecithin phospholipid determination by fourier transform infrared spectroscopy and the acid digest/arseno-molybdate method: A comparative study. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 76, n. 1, p. 61-66, 1 jan. 1999. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1007/s11746-999-0048-9>. Acesso em: 4 fev. 2021.

PANTHARI, P.; KHARKWAL, H. Microencapsulation for controlled gastrointestinal delivery of probiotics and prebiotics. In: KHARKWAL, H.; JANASWAMY, S. (Ed.). **Natural Polymers for Drug Delivery**. 1. ed. [s.l.] CABI, 2016. p. 107-116.

RAHMAN, Z.; ZIDAN, A. S.; KHAN, M. A. Non-destructive methods of characterization of risperidone solid lipid nanoparticles. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 76, n. 1, p. 127-137, set. 2010.

RANDALL, C. S.; ROCCO, W. L.; RICO, P. XRD in pharmaceutical analysis: A versatile tool for problem-solving. **American Pharmaceutical Review**, v. 13, n. 6, p. 52-59, set. 2010.

SHAVETA, S. *et al.* Development of solid lipid nanoparticle as carrier of pioglitazone for amplification of oral efficacy: Formulation design optimization, in-vitro characterization and in-vivo biological evaluation. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 57, p. 101674, jun. 2020.

SIANO, F. *et al.* Physico-chemical properties and fatty acid composition of pomegranate, cherry and pumpkin seed oils. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 5, p. 1730-1735, 2016.

SOUSA, N. C. F. *et al.* Propriedades farmacológicas de *Punica granatum* L (romã): uma revisão de literatura. **Revista Ceuma Perspectivas**, v. 31, n. 1, p. 57, 2018.

TAMJIDI, F. *et al.* Nanostructured lipid carriers (NLC): A potential delivery system for bioactive food molecules. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 19, p. 29-43, jul. 2013.

TOZETTO, J. T. *et al.* Extract of *Punica granatum* L.: An alternative to bht as an antioxidant in semissolid emulsified systems. **Quimica Nova**, v. 40, n. 1, p. 97-104, 2017.

UNCU, O. *et al.* Evaluation of three spectroscopic techniques in determination of adulteration of cold pressed pomegranate seed oils. **Microchemical Journal**, v. 158, p. 105128, 1 nov. 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0026265X20316362>. Acesso em: 6 fev. 2021.

VERARDO, V. *et al.* Pomegranate seeds as a source of nutraceutical oil naturally rich in bioactive lipids. **Food Research International**, v. 65, p. 445-452, nov. 2014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996914002932>. Acesso em: 3 out. 2019.



20 Capítulo

Obtenção e avaliação
sensorial de iogurte
com geleia

Capítulo 20

Obtenção e avaliação sensorial de iogurte com geleia

Wilton Amaral dos Santos^{*1}; Laís Fernandes de Oliveira²; Gabriela Fernandes Aquino²; Daniela Caetano³; Bruna Castro Porto³

Resumo

O iogurte é um leite fermentado que se destaca pelo seu valor nutritivo, digestibilidade e benefícios à saúde. Atualmente o mercado de alimentos visa atender consumidores mais exigentes, não somente por produtos sensorialmente atrativos, mas que apresentem elevado valor nutritivo e propriedades funcionais. Devido a sua boa acessibilidade por todas as classes sociais e custo baixo, o iogurte é um produto bastante consumido pela população brasileira. Entretanto, o iogurte natural não adoçado possui elevada acidez, o que reduz a sua atratividade. Sendo assim, a adição de geleia visa solucionar esse problema e manter a característica de saudabilidade por ser elaborada com frutas. Dentre os sabores de frutas bastante apreciados pelos consumidores brasileiros têm-se a uva e o maracujá. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi formular um iogurte adicionado de geleia de uva e geleia de maracujá e, verificar sua aceitação sensorial entre os consumidores de iogurte. Para o teste de aceitação foi utilizada uma escala hedônica de nove pontos variando de 1 (desgostei muitíssimo) a 9 (gostei muitíssimo). Para o teste de intenção de compra foi realizada como forma de avaliação uma escala de cinco pontos, variando de 5 (certamente compraria) o produto a 1 (certamente não compraria) o produto. Os resultados sensoriais dos iogurtes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey com significância de 5% de probabilidade. De acordo os resultados, os produtos apresentaram padronização e boa aceitação.

Palavras-chave: Bebida láctea. Desenvolvimento de produto. Formulação caseira. Teste de aceitação

Introdução

Atualmente, os consumidores de alimentos estão cada vez mais preocupados com o tipo de dieta que estão consumindo. Décadas atrás, o alimento era considerado apenas uma fonte de energia

¹Discente, Curso Superior em Tecnologia em Produção de Cachaça, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais.

²Discente, Curso Técnico em Agroindústria, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais.

³Docente, Curso Técnico em Agroindústria, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais.

*E-mail para correspondência: wiltonasantos1997@gmail.com

e nutrientes essenciais à manutenção da vida. Alguns estudos têm dado ênfase ao valor nutricional dos ingredientes lácteos, assim como à importância de uma dieta com a inclusão desses produtos, principalmente quando aliados a outros nutrientes funcionais (COSTA *et al.*, 2016).

O consumo de alimentos lácteos vem aumentando em todo o mundo, grande parte disso se deve aos seus inúmeros benefícios como auxiliar na absorção de gordura, digestão, e na restauração da microbiota intestinal, além de apresentar quantidades elevadas de proteínas, lipídios, vitaminas, ferro, cálcio, fósforo e outros minerais e estar associado à diminuição da pressão arterial entre obesos ou indivíduos com sobrepeso (FERREIRA *et al.*, 2016).

O iogurte é um leite fermentado obtido através da fermentação láctea simbiótica realizada por duas bactérias específicas *Streptococcus salivarius* subsp. *Thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, é um produto que possui elevado valor nutricional e qualidade degustativa, podendo ser adicionado de outras substâncias alimentícias que promovam alterações e diversidade sensoriais, podendo ser um excelente substituinte para quem tem intolerância a leite *in natura* (RIBEIRO *et al.*, 2014).

Um incremento do consumo deste produto pode ser promovido com o emprego de técnicas sensoriais que ajustem as características fundamentais deste alimento, de forma que atenda às expectativas do consumidor (BOLINI; MORAES, 2004). O desenvolvimento de novos produtos dedicado ao mercado de iogurte está relacionado a formulação de novos sabores, em que as frutas recebem destaque. A adição de polpas de frutas tem sido bem aceita pela indústria, pois mantém a característica de saudabilidade, representando um nicho de mercado a ser explorado (SANTOS *et al.*, 2008).

Uma característica que contribui com a aceitação mercadológica desse tipo de produto, além da acidez, é a aromatização que pode ser feita com grande variedade de frutas *in natura*, polpas de frutas ou sucos empregados na preparação do iogurte, e isso tem conquistado de maneira especial o público consumidor (MARTINS; RUDGE; MEIRA, 2008). O acréscimo dessas substâncias alimentícias ao iogurte garante a frequência de consumo de produtos lácteos, tão indicados pelo elevado teor de cálcio, por pessoas que não apreciam o sabor do leite (LINS *et al.*, 2015).

Além da diversidade de produtos comercializados no mercado varejista para agradar ao público mais diverso, há uma tendência em se elaborar o produto em casa. Na internet é possível obter receitas para fabricação de alimentos dos mais simples aos mais elaborados. O iogurte é um dos produtos que os consumidores conseguem facilmente obterem em casa. O uso de frutas no preparo de novas formulações de iogurtes é de extrema importância para o setor de alimentos, pois além de agregar valor ao produto, pode ajudar o indivíduo em questões relacionadas à promoção da saúde.

A uva é uma fruta muito utilizada pela indústria alimentícia para produção de vinho, geleias, sorvetes, sucos e uvas-passas. Os componentes principais da fruta são açúcares, ácidos orgânicos, pectinas, gomas, vitaminas, minerais, compostos aromáticos e compostos fenólicos. A uva é uma fruta que apresenta elevada propriedade antioxidante, devido a presença de compostos flavonoides e não flavonoides, o que lhe proporciona ação anticarcinogênica, redução dos riscos de doenças cardiovasculares, propriedades antiviral, antitumoral, anti-inflamatória e atividade enzimática modulada (PERIN; SCHOTT, 2011).

O maracujá é uma fruta largamente encontrada em todo o território nacional brasileiro, sendo muito utilizado de diversas formas na elaboração de novos produtos, ornamentações, sucos e em procedimentos medicinais. A fruta possui ação antioxidante que advém da presença de minerais, vitaminas e outros compostos bioativos, como os compostos fenólicos e carotenoides (ROTILI *et al.*, 2013; KONTA *et al.*, 2014). Muito indicado pelo seu efeito funcional, o maracujá tem sido utilizado na medicina tradicional por ofertar benefícios a saúde dos indivíduos, como exemplo, a sua ação benéfica no tratamento da hipertensão (KONTA *et al.*, 2014). O crescimento do mercado de iogurtes adicionado de frutas e a apreciação dos sabores uva e maracujá pelo público consumidor brasileiro de alimentos, impulsionaram a verificação da adição de geleia de uva e geleia de maracujá ao iogurte com o objetivo de promover o desenvolvimento de novos produtos através da diversificação de sabores.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi desenvolver um iogurte com adição de geleia de maracujá e outro com geleia de uva a fim de aumentar o valor nutricional e a atratividade deste produto lácteo, além de agregar valor aos subprodutos das frutas e verificar a sua aceitação sensorial frente a consumidores de iogurte.

Material e métodos

Os iogurtes adicionados de geleia de maracujá ou geleia de uva foram elaborados na Planta de Vegetais e a análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG) -*Campus Salinas*.

Material

Para a produção do iogurte com geleia de maracujá e do iogurte com geleia de uva foram utilizados leite integral UHT (Cemil®, Brasil), maracujás, uvas roxas e iogurte natural integral (Itambé, Brasil) adquiridos no mercado varejista de Salinas – MG. O açúcar (sacarose) foi fornecido



pelo IFNMG - *Campus* Salinas.

Formulação

Para a produção de iogurte, é necessário que ocorra a fermentação da lactose com consequente produção de ácido láctico a fim de proporcionar características sensoriais e de conservação, podendo ocorrer com a adição dos micro-organismos *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*, ou pela introdução de iogurte natural não esterilizado, pois contém os mesmos microrganismos de forma viável, no leite. Com o objetivo de proporcionar aos leitores a produção de formulação caseira, o iogurte foi preparado de acordo com o segundo método supracitado.

Inicialmente, 1 L de leite integral foi aquecido até atingir 80 °C e, em seguida, foi resfriado até 50 °C. A temperatura foi medida com auxílio de um termômetro digital. Após atingir 50 °C adicionou-se ao leite 170 g de iogurte natural e a mistura foi agitada manualmente com auxílio de uma colher metálica previamente lavada e higienizada até completa homogeneização. Posteriormente, o produto foi colocado em um recipiente plástico com tampa, previamente lavado, higienizado e seco, o qual foi envolvido por filme polimérico de policloreto de vinila (PVC) para maior manutenção da temperatura. O recipiente permaneceu em repouso para que passasse pelo processo de fermentação de aproximadamente 12 horas.

Para o processo de obtenção da geleia de maracujá, foram extraídos 400g de polpa de maracujá, os quais foram adicionados em uma panela, juntamente com 360g de açúcar (sacarose) cristal, 20 mL de suco de limão e 100 mL de água potável. A panela foi levada ao aquecimento em fogão elétrico até que atingisse a consistência de geleia. Essa consistência foi observada ao pingar um pouco de geleia em um copo de vidro transparente com água e esse pingo não se desfazer até chegar ao fundo copo.

Para a produção da geleia de uva, 400 g da fruta, 360 g de açúcar (sacarose) cristal, 20 mL de suco de limão e aproximadamente 100 mL de água foram colocados em uma panela e levados ao fogo até atingir a consistência de geleia conforme descrito na geleia de maracujá. Em seguida, as geleias foram colocadas em depósitos plásticos diferentes e mantidas sob refrigeração até o momento da análise sensorial.

Teste de aceitação e atitude de compra

Durante o preparo das amostras para a realização da avaliação sensorial, aproximadamente 15 g de iogurte foram colocados em copinhos plásticos de poliestireno com capacidade volumétrica de



50 mL que foram acrescidos de aproximadamente 5 g de geleia de uva ou 5 g de geleia de maracujá. Foram preparadas 66 amostras de cada, totalizando 132 amostras. No teste de aceitação foram avaliados os atributos cor, sabor, aroma, textura e impressão global em escala hedônica estruturada de nove pontos: 1- desgostei muitíssimo; 2 - desgostei muito; 3 - desgostei moderadamente; 4 - desgostei pouco; 5 - nem gostei, nem desgostei; 6 - gostei pouco; 7 - gostei moderadamente; 8 - gostei muito; 9 - gostei muitíssimo. No teste de atitude de compra, foi utilizada uma escala estruturada de cinco pontos: 1 - certamente não compraria; 2 - provavelmente não compraria; 3 - não sei se compraria; 4 - provavelmente compraria; 5 - certamente compraria.

Para a realização da análise sensorial, os provadores foram dispostos em cabines individuais iluminadas com luz branca e as amostras balanceadas para que fossem entregues em todas as possibilidades de apresentação o mesmo número de vezes. As duas amostras codificadas com três dígitos foram dispostas em uma bandeja, contendo uma cuspeira, copo com água potável e bolacha água e sal para limpeza do palato a ser realizada entre a degustação das amostras e ficha de avaliação.

A análise contou com a presença de 66 provadores voluntários, discentes e servidores do IFNMG - *Campus* Salinas, que assinaram um termo de aceite de participação comprovando a ausência de alergias e intolerâncias em relação aos ingredientes adicionados nos produtos. Na ficha de avaliação também continham perguntas pessoais relacionadas à caracterização dos provadores, como nome, idade e sexo. Além de perguntas relacionadas à frequência e à razão de consumo de iogurte. O trabalho foi aprovado e registrado no CEP/UNIMONTES sob o CAAE- 12998819.9.0000.5146.

Resultados e discussão

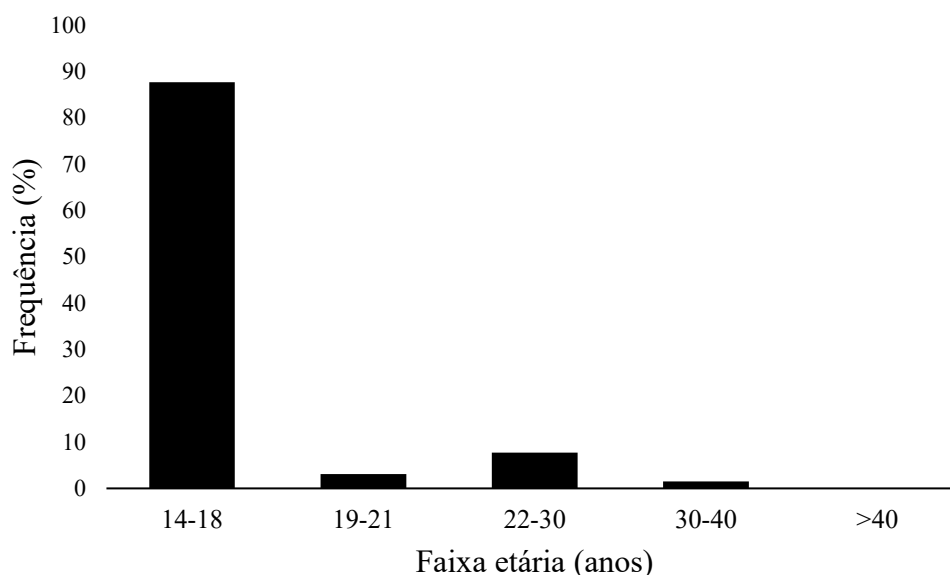
A apresentação dos resultados e discussão foi realizada em relação ao perfil dos consumidores, teste de aceitação e de atitude de compra para os iogurtes adicionados de geleia de maracujá e geleia de uva.

Perfil dos consumidores

Observou-se que dentre os 66 provadores, 28% pertenciam ao sexo feminino, enquanto 72% pertenciam ao sexo masculino. Em relação à faixa etária, a maioria dos provadores possuía de 14 a 18 anos, como pode ser observado na Figura 1. A alta frequência da população adolescente se deve a maior presença dos estudantes dos cursos técnicos integrados ao ensino médio presentes no IFNMG – *Campus* Salinas.



Figura 1 - Faixa etária dos provadores



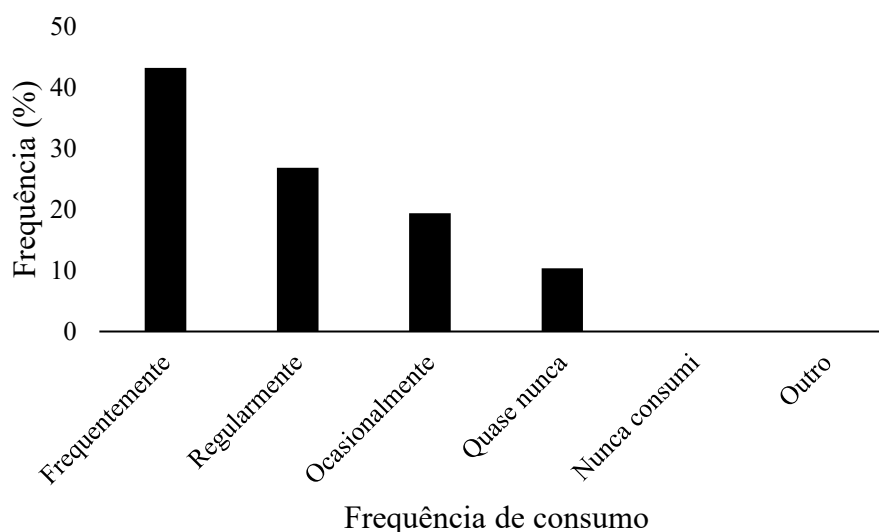
Fonte: Dos autores, 2020.

Em um estudo com iogurte grego adicionado de polpa de pitaya, Lima (2018) notou que a maioria dos participantes tinham entre 18 e 25 anos e representaram 85 dos participantes (70,2%). Além do mais, a maioria dos consumidores pertencia ao sexo feminino, correspondendo a 58,3%.

Em relação a frequência consumo, observa-se através da Figura 2 que o iogurte é um produto bastante consumido pela população investigada, pois 43,3% disseram consumir iogurte frequentemente, 26,9% consomem regularmente, 19,4% ocasionalmente e 10,4% quase nunca. Em estudo realizado por Gonçalves *et al.* (2018), ao questionar sobre a frequência com que os provadores consumiam iogurte (esporádica, diária, semanal, mensal e anual), 37% responderam que consumiam semanalmente.

Quanto a razão de consumo de iogurte apresentada na Figura 3, a grande maioria (47 de 66 respondentes) disse consumir por achar gostoso, 10 por achar o iogurte um complemento alimentar, 5 por ser um hábito familiar e 1 disse consumir iogurte por outro motivo não especificado. Três pessoas deixaram essa pergunta sem resposta. Conforme pesquisa realizada por Leite (2011), os fatores que mais influenciaram a motivação de consumo de iogurtes funcionais dos consumidores, estão relacionados à manutenção de uma vida saudável (mais mencionado), prevenção de doenças (segundo colocado), e aumento do bem-estar físico e mental (terceiro mais reportado). Os outros fatores como melhoria de aparência e hábito ou tradição não diferiram estatisticamente.

Figura 2 - Frequência de consumo de iogurte



Fonte: Dos autores, 2020.

Figura 3 - Razão pela qual os provadores consomem iogurte



Fonte: Dos autores, 2020.

Teste de aceitação e atitude de compra

Pode-se observar que o iogurte com geleia de maracujá e o iogurte geleia de uva apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em todos os atributos investigados, com exceção da impressão global, conforme pode ser observado na Tabela 1. O iogurte com geleia de maracujá foi o preferido somente em relação ao atributo cor. Sendo assim, para os atributos aroma, sabor e textura, o iogurte com geleia de uva foi o que apresentou maior aceitação.

Tabela 1 - Teste de aceitação de iogurte com geleia de uva e maracujá

Atributos	Tipo de geleia		MDS
	Uva	Maracujá	
Cor	7,08 ^a	7,48 ^b	0,36
Aroma	7,64 ^a	7,52 ^b	0,42
Sabor	7,44 ^a	7,11 ^b	0,53
Textura	7,35 ^a	7,24 ^b	0,39
Impressão Global	7,55 ^{a*}	7,52 ^a	0,40

Fonte: Dos autores, 2020.

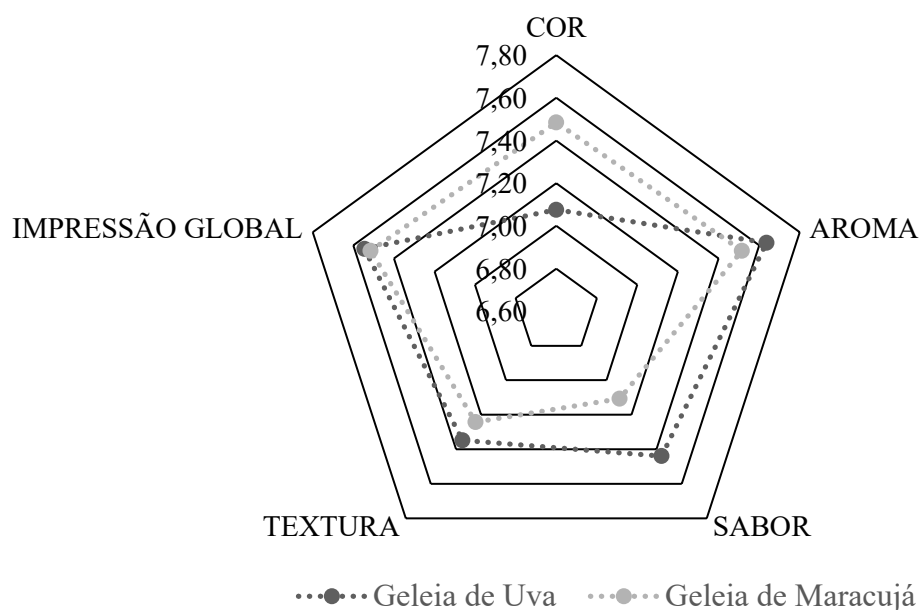
Legenda: MDS = mínima diferença significativa.

Nota*: As letras iguais na mesma linha significam que os valores não se diferem a um nível de 5% de significância.

A maior aceitação do aroma e do sabor do iogurte com geleia de uva pode estar relacionada ao cheiro e gosto mais adocicados da uva em relação à acidez do maracujá. Como as geleias foram produzidas com a mesma quantidade de açúcar e polpa, a uva, pode ser naturalmente mais doce que o maracujá, conservou essa característica de forma mais proeminente. Esses resultados também podem ser observados pela Figura 4. Embora o iogurte com geleia de maracujá tenha apresentado menor valor para a maioria dos atributos, os consumidores enquadraram o produto entre gostei moderadamente (nota 7) e gostei muitíssimo (nota 8). Em estudo realizado por Santos (2016), foram encontrados resultado médios em cada atributo, entre os pontos 6,1 e 7,1, correspondendo ao termo hedônico “gostei pouco” e “gostei moderadamente”. Pode-se afirmar que as formulações de iogurte avaliadas apresentam bom potencial de consumo, uma vez que os resultados de aceitação para os diferentes atributos foram acima de 70% (DUTCOSKY, 2011).

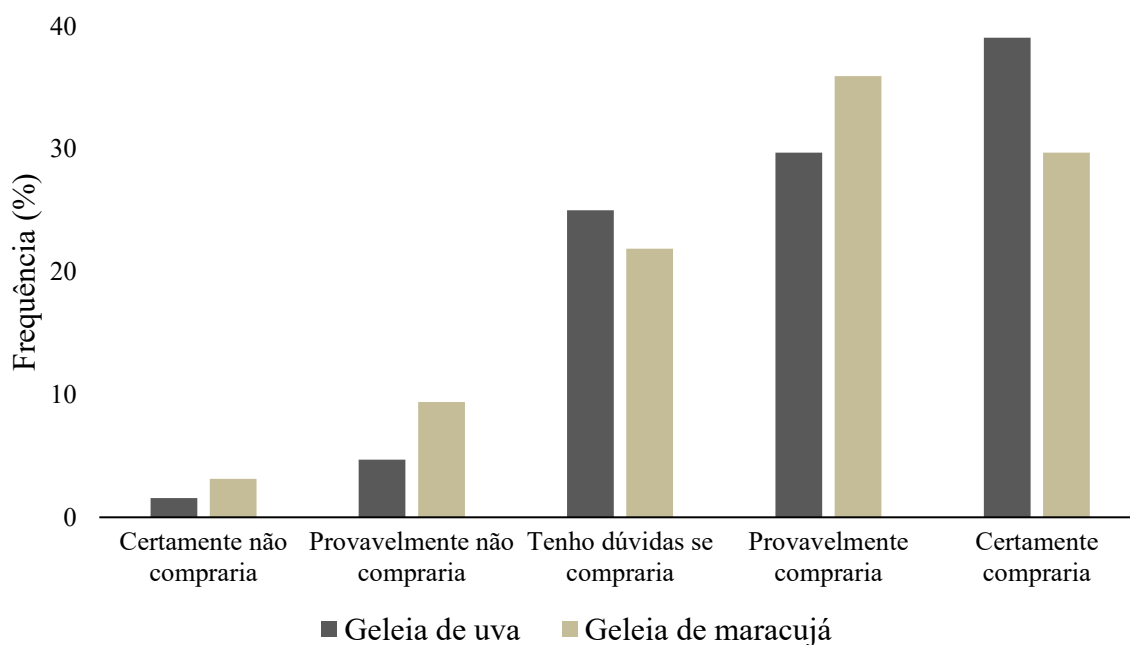
Na Figura 5 está apresentada a atitude de compra dos provadores em relação aos iogurtes adicionados de geleia de maracujá e geleia de uva. Dos 66 provadores, 25 e 19 disseram que certamente comprariam o iogurte com geleia de uva e iogurte com geleia de maracujá; 19 e 23 provavelmente comprariam o iogurte com geleia de uva e iogurte com geleia de maracujá; 16 e 14 têm dúvidas se comprariam o iogurte com geleia de uva e iogurte com geleia de maracujá; 3 e 6 provavelmente não comprariam o iogurte com geleia de uva e iogurte com geleia de maracujá; e, 1 e 2 certamente não comprariam o iogurte com geleia de uva e iogurte com geleia de maracujá, respectivamente. Em um trabalho realizado por Domingues *et al.* (2018), em que se utilizou geleia de uvaia em duas formulações de iogurte, F1 (iogurte tipo grego com geleia de uvaia) e a formulação F2 (iogurte tipo grego com geleia de uvaia acrescida de morango), a formulação F2 obteve 94% da frequência de respostas entre os conceitos “Certamente compraria” e “Provavelmente compraria”, indicando uma maior intenção de compra positiva.

Figura 4 - Comparação entre o teste de aceitação para iogurte adicionado de geleia de uva e iogurte adicionado de geleia de maracujá



Fonte: Dos autores, 2020.

Figura 5 - Atitude de compra dos provadores em relação ao iogurte com geleia de uva e com geleia de maracujá



Fonte: Dos autores, 2020.

Conclusão

O trabalho atingiu as expectativas do grupo, pois, agradou a maioria dos provadores, tornando-se uma opção de consumo para os consumidores que não apreciam o sabor do iogurte natural ou que desejam diversificar seu paladar.

Diante dos resultados obtidos conclui-se que os índices de aceitabilidade dos produtos de acordo com os aspectos analisados pelos provadores revelaram dados satisfatórios, sendo que o iogurte adicionado geleia de uva obteve maiores escores em relação ao iogurte adicionado geleia de maracujá. Nenhuma das amostras ficaram com média abaixo da nota 6. Podendo-se concluir que as amostras foram aprovadas pelo público avaliador em todos os aspectos analisados, apresentando baixos índices de rejeição.

Agradecimentos

A todos os professores da área técnica que contribuíram para a nossa formação acadêmica e profissional, em especial as professoras Bruna Castro Porto e Daniela Caetano, por todo o empenho, compreensão, flexibilidade, por ter se doado de forma imensurável para a efetivação desse trabalho. Agradecemos também aos integrantes do grupo que se empenharam para que o produto obtivesse um bom resultado e ao IFNMG – *Campus* Salinas pela estrutura física para que esse trabalho pudesse ter sido realizado.

Referências

BOLINI, H. M. A.; MORAES, P. **Tese mostra que análise sensorial incrementaria produção de iogurte**. Campinas: Jornal da Unicamp. Ed. 253, p. 11. 2004.

COSTA, M. F. *et al.* Desenvolvimento e comportamento reológico de diferentes tipos de iogurte grego prebiótico. *In: IV SEMINÁRIO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA NA ÁREA DE ALIMENTOS*, 2016, Campinas - SP, Galoá, **Anais[...]**.

DOMINGUES, I. De C. *et al.* Análise sensorial e intenção de compra de iogurte tipo grego com geleia de uvaia. *In: ANAIS DA JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IF SUL DE MINAS*, 10, 2018, Muzambinho- MG. **Anais [...]**, Inconfidentes, 2018, Inconfidentes, IF SUL DE MINAS, 2018.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**, 3. ed., Curitiba, Champagnat, 2011. 426 p.

FERREIRA, M. A. C; *et al.* Desperdício de iogurte por embalagens. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 3, p. 24-27. 2016.

GONÇALVES, N. M. *et al.* Iogurte com geleia de cajá (*Spondias mombin* L.) adicionado de probióticos: avaliação microbiológica e aceitação sensorial. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 12, n. 1, p. 54-63, 2018.

KONTA, E. M. *et al.* Evaluation of the antihypertensive properties of yellow passion fruit pulp (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) in spontaneously hypertensive rats. **PhytotherapyResearch**, v. 28, p. 28-32, 2014.

LEITE, R.C. **O comportamento do consumidor de nível superior de produtos lácteos funcionais**. 2011. 90f. Dissertação (Mestrado em agronegócios) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LIMA, P. S. **Desenvolvimento de iogurte grego sabor pitaya (*Hylocereus costaricensis*) enriquecido com pólen apícola**. 2018. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus Teresina Central*, Teresina-PI, 2018.

LINS, A. D. F. *et al.* Impacto sob a aceitação sensorial de iogurtes enriquecidos com polpa de maracujá adoçados com açúcar e mel. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 103-108, 2015.

MARTINS, O. A.; RUDGE, A. C.; MEIRA, D. R. Alteração do pH, ácido lático e indicadores microbiológicos em diferentes marcas de iogurtes comercializadas na cidade de Botucatu, São Paulo, Brasil. **PUBVET**, v. 2, n.19, Art. 224, 2008.

PERIN, C. E.; SCHOTT, I. B. **Utilização de farinha extraída de resíduos de uva na elaboração de biscoito tipo cookie**. 2011. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Francisco Beltrão, 2011.

RIBEIRO, K. G. *et al.* Avaliação microbiológica de iogurte de erva doce. **Blucher Food Science Proceedings**, v. 1, n. 1, p. 335-336, 2014.

ROTILI, M. C. C. *et al.* Composição, atividade antioxidante e qualidade do maracujá-amarelo durante armazenamento. **Seminário de Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 227-240, 2013.

SANTOS, V. Elaboração e avaliação de iogurte tipo sundae adicionado de geleia de mangaba (*Hancornia speciosa*). 2016. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Tecnologia em Laticínio, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, NossaSenhora da Glória – SE, 2016.

SANTOS, C. T. *et al.* Influência da concentração de soro na aceitação sensorial de bebida lacteal fermentada com polpa de manga. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 55-60, 2008.



21 Capítulo

Corante antociânico de
repolho roxo obtido por
atomização spray dryer
e secador de bandeja

Capítulo 21

Corante antociânico de repolho roxo obtido por atomização *spray dryer* e secador de bandeja

Gilcenir Ramos dos Santos¹; Jideane Menezes Santos*²; Andrea Gomes da Silva³; Angela da Silva Borges⁴; Flavia Escapini Fanchiotti⁵; Patrícia Beltrão Lessa Constant⁶

Resumo

O consumo de produtos com substâncias naturais vem crescendo substancialmente. Tais substâncias trazem benefícios à saúde e podem ser encontradas em diversas espécies vegetais com grande capacidade bioativa, responsáveis pela prevenção de doenças cardiovasculares e cancerígenas. Dentre esses vegetais destaca-se o repolho roxo, hortaliça presente na nossa culinária, rica em antocianina, um excelente pigmento natural, solúvel em água que confere a coloração vermelha a alimentos, podendo ser utilizado na indústria alimentícia em substituição aos corantes sintéticos. Devido a sua instabilidade, pela ação da luz, calor e variações do meio onde estão presentes, o uso da antocianina é ainda restrito. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo obter um pigmento, extraído a partir do repolho roxo, mediante atomização – *spray dryer* e por secador de bandeja, utilizando como veículo estabilizante o carboidrato maltodextrina. Para tanto, avaliou-se teores de antocianinas e cor do repolho roxo *in natura*, seu extrato e dos corantes em pó. Foram determinados também atividade de água e umidade. Todos os corantes apresentaram baixa umidade e teor de água, condições que dificultam o desenvolvimento de microrganismos. O uso de qualquer um dos métodos de desidratação avaliados não caracterizou diferença significativa quanto ao teor antociânico. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Palavras-chave: Antioxidantes. Extração. Técnicas de Secagem.

¹ Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe.

² Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe.

³ Professora Titular, Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

⁴ Professora Adjunta, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe.

⁵ Professora Adjunta, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco.

⁶ Professora Adjunta, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe.

* E-mail para correspondência: jideanemenezes@hotmail.com

Introdução

As cores são adicionadas aos alimentos para restituir a aparência original do produto após as etapas de processo de produção, estocagem e embalagem; para tornar o alimento visualmente mais atraente e para conferir ou reforçar as cores já presentes nos alimentos (VELOSO, 2012), além de influenciar na percepção do sabor do alimento (MÜLLER-MAATSCH *et al.*, 2019).

O uso de corantes artificiais em alimentos é frequente, vários estudos têm demonstrado que tais corantes possuem grande potencial carcinogênico e mutagênico (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Desta forma, os corantes naturais estão sendo alvo de estudo por possuírem flavonóides do tipo antocianinas que são bastante reativas, porém facilmente degradáveis (COSTA, 2005).

Efeitos benéficos que as antocianinas podem nos proporcionar, são demonstrados por diversos pesquisadores, a saber: Stoclet *et al.* (2004) afirmam serem as mesmas capazes de prevenir enfermidades cardiovasculares e circulatórias. Melo, Lima e Maciel (2006) afirmam que as antocianinas possuem capacidades antioxidantes e propriedades anti-inflamatórias, sendo capazes de prevenir a fadiga visual.

As antocianinas são responsáveis pela cor de várias flores e frutas vermelhas. Estes compostos são de interesse para a indústria de alimentos porque eles podem ter algumas aplicações como corantes naturais em alimentos (CARVALHO *et al.*, 2010). Tem a característica de proporcionar diferentes colorações a depender do pH no qual estão inseridas (ARRUDA *et al.*, 2019). A extração desses pigmentos, em diversos estudos, ocorre em temperaturas inferiores a 30 °C, com utilização de pressão reduzida, meio ácido e emprego de diversos solventes; o mais comumente utilizado é o etanol, em virtude da baixa toxicidade (KHAZAEI *et al.*, 2016).

Retomando de forma mais objetiva as informações referentes à antocianina, registra-se que trata de um corante natural com propriedades que superam a cor que produz, pela sua diversidade de aplicações, onde é importante destacar que é um composto químico delicado, devido a sua vulnerabilidade ante a “ação de luz, calor, micro-organismos e variações de condições do meio onde estão presentes, como o pH” (ROSSI *et al.*, 2011). A mesma pode ser empregado na produção de alimentos e farmacológicos (SHANKARANARAYANAN; NAKKEERAN, 2018).

Ao tempo que há esclarecimentos acerca da desvinculação da cor vermelha a existência de antocianina, há os que defendem a cor roxa, como indicador da presença dessa substância, o que se confirma com o repolho roxo (NOGUEIRA, 2012).

O repolho é uma planta herbácea, formada por inúmeras folhas arredondadas e cerosas que se imbricam, dando origem a uma cabeça compacta, que constitui a parte comestível da planta

(FILGUEIRA, 2008). É classificado segundo a forma em achatada e pontuda e segundo a cor da cabeça em verde ou branca e roxa (TIVELLI; PURQUEIRO; KANO, 2010).

O repolho roxo, além de colorir a mistura, destaca-se pelo elevado teor de antocianinas e compostos fenólicos, contribuindo para a prevenção de doenças cardiovasculares, bem como de alguns tipos de câncer (SINGH *et al.*, 2006) sendo uma hortaliça adequada para extração de corante natural (SCHAFRANSKI; RODRIGUES, 2017).

O emprego da secagem em matrizes alimentícias tem como finalidade diversificar e modificar alimentos existentes, possibilitando um maior tempo de prateleira, armazenamento sob temperatura ambiente e conseqüentemente diminuição de gastos com a cadeia do frio; Contudo, alguns efeitos negativos podem surgir principalmente na qualidade nutricional e sensorial decorrentes de diversos fatores relacionados com a técnica, como a temperatura, tempo e teor de umidade do alimento (ALVES; NICOLETI, 2016). Diversos métodos de secagem têm sido aplicados entre eles a liofilização, atomização, secagem convencional e secagem em leito de espuma (CARDOSO; LOBO, 2021).

Para a obtenção de corantes em pó usam-se processos de desidratação, tais como secagem por atomização *spray dryer* – onde um produto no estado fluido passa para o estado sólido em forma de pó (KAJIYAMA; PARK, 2008) e quando chega ao seu estado seco, o ar já se resfriou o que diminui o risco de degradação pela temperatura (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010) – e por secador de bandejas – onde as condições do sistema podem ser controladas pela temperatura e umidade do ar aquecido (PARK; ANTONIO; OLIVEIRA, 2007).

Estudiosos defendem que têm sido utilizadas várias técnicas no processo de desidratação, a exemplo das mencionadas nessa produção – *spray dryer* e secador de bandeja – compreendendo que são tecnologias, que tem contribuído para o solucionamento de questões que envolvem o contexto dos alimentos.

Nessa perspectiva o estudo concentrou esforços com objetivo de obter um corante que é reconhecido pelo seu valor nutritivo e medicamentoso, para ser utilizado com êxito na indústria alimentícia.

Material e Métodos

Os repolhos roxos foram obtidos na Central de Abastecimento da Cidade de Aracaju (CEASA-SE) e transportados para o Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) onde foram realizados os experimentos.



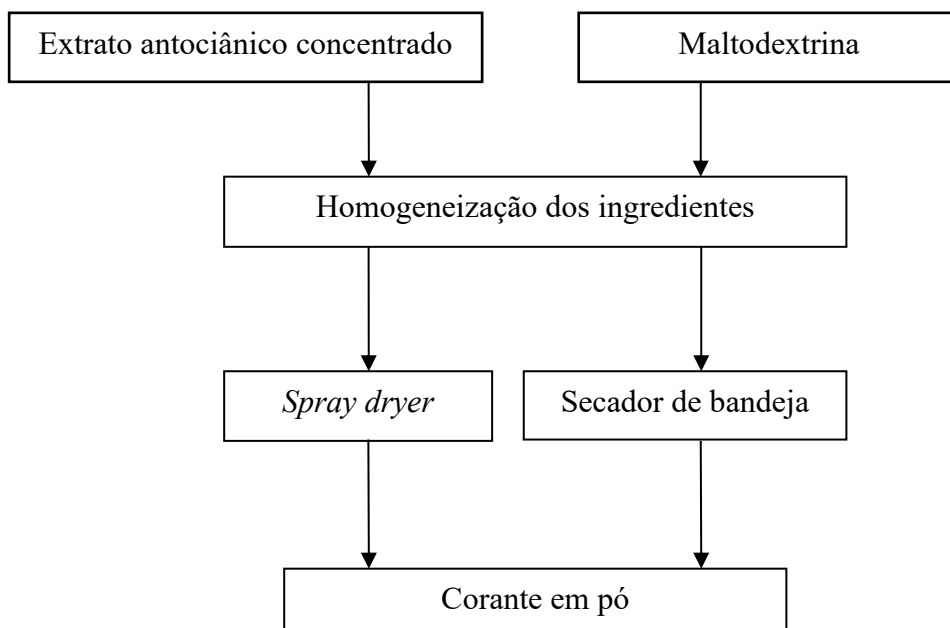
A matéria prima foi lavada com água corrente para remover o excesso de sujidades presentes e posteriormente, sanitizada com hipoclorito de sódio 1%. Para a obtenção do extrato antociânico concentrado foram destinados 6 repolhos e 1 repolho para análises *in natura*.

Inicialmente houve a maceração da matéria prima, o repolho roxo, em etanol 70% acidificado com HCl 1 N, nas seguintes condições: pH 2,0; proporção de 1:2 (hortaliça:etanol); temperatura em torno de 30 °C; ausência de luz e por um período de 48 horas de acordo com a metodologia descrita por Constant (2003). Após esse tempo, o extrato foi filtrado e concentrado sob pressão reduzida à temperatura de 38 ± 1 °C. Para tanto foi utilizado o evaporador rotatório (QUIMIS), até se obter um volume final correspondente a 20% do volume original. Tal extrato concentrado foi congelado em frasco âmbar a temperatura de -18 °C.

No procedimento para o preparo dos corantes foi utilizado como veículo a maltodextrina, empregada na concentração de 30%, ou seja, foram dissolvidos 30 g do carboidrato para cada 100 mL de extrato antociânico concentrado. Houve a homogeneização da formulação em liquidificador por 1 minuto e posterior ajuste do pH das soluções para 1,5 com HCl. Logo após, os extratos concentrados contendo a maltodextrina, foram submetidos à secagem por atomização – *spray dryer* e por secador de bandeja.

A Figura 1 mostra o fluxograma de obtenção do corante em pó a partir do extrato antociânico concentrado do repolho roxo.

Figura 1 - Fluxograma de obtenção do corante em pó



Fonte: Dos autores, 2021.

A desidratação por atomização - *spray dryer* (LM MSD 1.0, LABMAQ) foi realizada com as seguintes condições: vazão do ar do compressor de 4 bar; vazão do ar de 30 L/min; soprador de 4 m³/min; vazão de alimentação da bomba peristáltica de 0,24 L/h; temperatura do ar de entrada 170 ± 10 °C e de saída 90 ± 5 °C. A secagem teve duração de 1 h e 20 min para um volume de 0,3 L de extrato antociânico concentrado com a maltodextrina.

Para a obtenção do corante submetido à desidratação em secador de bandeja (ME100, Desidratador Pardal) uma amostra de 0,3 L de extrato antociânico concentrado com a maltodextrina foi espalhada em papel celafone incolor e colocada sob as bandejas do desidratador em temperatura de 40 °C por aproximadamente 28 h. As amostras obtidas por atomização - *spray dryer* e por secador de bandeja foram pesadas, armazenadas em sacos metalizados e congeladas em freezer a temperatura de -18 °C.

Foram determinados pH, umidade, atividade de água (aw) e teor de antocianina do repolho roxo *in natura*, do extrato antociânico concentrado e dos corantes em pó. Em seguida foi realizada a caracterização colorimétrica apenas dos corantes desidratados e do extrato antociânico concentrado. Para tanto, as análises foram realizadas em triplicata de modo a obter um resultado significativo.

O pH foi determinado utilizando-se o método potenciométrico conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). As leituras foram realizadas em pHmetro de bancada (Quimis) devidamente calibrado com soluções-tampão de pH 4,0 e 7,0.

A umidade foi determinada conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), com emprego de calor, baseando-se na perda de peso do material submetido ao aquecimento a 105 °C em estufa até peso constante.

A atividade de água foi determinada utilizando o equipamento Aqualab (4TEV/BrasEq), seguindo as orientações do fabricante.

A avaliação colorimétrica foi feita diretamente sobre a superfície do produto em quatro pontos distintos, pela escala Hunter (CIELAB), tomando-se como base os valores de L* (luminosidade (claro/escuro)); a* (cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+)); b* (cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+)). Foram avaliados também os parâmetros c* (chroma) que representa a saturação (0° no centro, aumentando de intensidade a medida que se distancia desse) e h* (hue) que representa ângulo de tonalidade (iniciando em 0°, que seria +a* (vermelho), 90° seria +b* (amarelo), 180° seria -a* (verde) e 270° seria -b* (azul)). Para tanto utilizou-se um colorímetro portátil digital (MINOLTA CR - 10).

O teor de antocianinas dos corantes em pó foi determinado pelo método pH diferencial segundo metodologia de Fuleki e Francis (1968a; 1968b) com adaptações. No método de pH

diferencial foram utilizadas soluções tampão pH 1,0 e pH 4,5. A solução com pH 1,0 foi preparada a partir da mistura de soluções de KCl (0,2 N) e HCl (0,2 N), na proporção 25:67. Já a solução com pH 4,5 foi preparada a partir de solução de acetato de sódio (1 N), HCl (1 N) e água na proporção 100:60:90. Alíquotas dos corantes em pó e extrato antociânico concentrado foram transferidas para balões volumétricos de 10 mL, tendo seus volumes completados com as soluções tampões pH 1,0 e pH 4,5. As absorvâncias foram medidas a 510 nm após um tempo em repouso de 2 horas.

Para determinação de um possível efeito deletério da alta temperatura empregada no processo de secagem por atomização em *spray drier* sobre o pigmento, foram efetuadas análises espectrofotométricas e colorimétricas, tanto no extrato concentrado como nos corantes em pó, antes e após a secagem.

O delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) foi utilizado para avaliar o efeito de dois tratamentos (tipos de processo de secagem: atomização – *spray dryer* e secador de bandeja) com um tipo de formulação (maltodextrina adicionada ao extrato antociânico concentrado).

As análises foram feitas em triplicatas e os resultados foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade utilizando o programa ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, 2014).

Resultados e Discussão

Os resultados da caracterização físico-química do repolho roxo *in natura*, do extrato antociânico concentrado e dos corantes em pó obtidos por atomização - *spray dryer* e por secador de bandeja encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização físico-química do repolho roxo *in natura*, do extrato antociânico concentrado e dos corantes em pó

Parâmetros	<i>In natura</i>	Extrato	CSD	CSB
pH	5,91±0,04 ^a	4,54±0,02 ^b	2,25±0,03 ^c	2,07±0,04 ^c
Umidade (%)	90,90±0,10 ^b	94,64±0,14 ^a	2,32±0,12 ^d	7,21±0,11 ^c
Atividade de água	0,96±0,01 ^b	0,99±0,01 ^a	0,24±0,01 ^d	0,42±0,02 ^c

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: CSD – Corante em pó por *Spray Dryer*; CSB – Corante em pó por Secador de Bandeja.

Nota: As médias seguidas pela mesma letra na mesma linha, não diferiram entre si ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) no teste de Tukey.

A medida do pH fornece uma indicação da estabilidade das antocianinas. O valor de pH encontrado nesse trabalho de 5,91, é um valor que, em princípio, permite uma degradação rápida do

pigmento. Coutinho (2002), em sua pesquisa realizada com suco de repolho roxo *in natura*, relatou o valor de 5,2 sendo um resultado próximo ao encontrado no presente trabalho para o repolho roxo *in natura* que foi de 5,91 e pouco superior ao valor do extrato antociânico concentrado (4,54). Sakulnarmrat, Wongsrikaew e Konczak (2021) verificaram no estudo de microencapsulação de extrato rico em antocianina de repolho roxo valores de pH entre 5,11 a 5,36 e 5,42 a 5,68 para extrato concentrado e pó encapsulado respectivamente. Foi constatado que o pH do extrato foi inferior ao do repolho roxo *in natura* e apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) pelo teste de Tukey. Resultado esperado uma vez que foi adicionado HCl no extrato para facilitar a extração de antocianina e para favorecer sua estabilidade no produto final.

De acordo com Pereira, Queiroz e Figueirêdo (2006), o pH influi diretamente no sabor dos produtos, e é preferível se ter um valor inferior a 4,5, pois ele impede a proliferação de microrganismo no produto final. Nesse trabalho todos os corantes em pó obtiveram valores inferiores a 4,5.

A umidade de um alimento tem relação direta com a atividade de água. Os resultados mostraram que o repolho roxo *in natura* possui uma elevada umidade e atividade de água, 90,9% e 0,96, respectivamente, indicando que pode sofrer processo de deterioração facilmente. No extrato concentrado foi encontrado um valor superior de 94,64 e 0,99 para umidade e atividade de água, respectivamente. Almeida *et al.* (2015) apresentaram no estudo de obtenção de corante do repolho roxo teores de umidade relativamente similares aos obtidos no presente trabalho: 90,03, 95,5 e 97,8% para repolho roxo *in natura*, extrato alcoólico e extrato aquoso respectivamente. O corante submetido à secagem por *spray dryer* obteve uma menor umidade (2,32%) e o corante desidratado por secador de bandeja apresentou 7,21% indicando que possui maior capacidade de retenção de água. Segundo Meloni (2003), uma hortaliça de boa qualidade deve possuir teor de umidade em torno de 5% para minimizar a deterioração de cor, sabor e odor. A atividade de água é uma das propriedades mais importante para a conservação de alimentos. Nesse trabalho os corantes em pó apresentaram baixa atividade de água, 0,24 e 0,42 para os corantes desidratados por *spray dryer* e secador de bandeja, respectivamente. As diferenças significativas ($p < 0,01$) observadas entre os corantes, quanto à umidade e atividade de água devem ter ocorridas devido ao método de secagem. Thi e Hwang (2016) verificaram os efeitos de três métodos: liofilização, secagem em estufa e secagem ao sol e, observaram que a liofilização foi mais eficaz para preservar os teores de antocianinas, por sequência a secagem em estufa e secagem ao sol, pois métodos que empregam tratamento térmico prolongado contribuem para perdas de compostos bioativos. De acordo com Porte, Leão e Porte (2011) “durante o processo de secagem podem ocorrer diferentes graus de colapso, que determinarão a estrutura do produto final”.



Analisando a atividade de água e a umidade observou-se que essas apresentaram resultados dentro da faixa estabelecida para ser considerado um alimento seco (SANTOS *et al.*, 2012). Alimentos com atividade de água inferior a 0,6 são microbiologicamente estáveis, ou seja, nenhum microrganismo pode crescer (ORDÓÑEZ, 2005). O teor de umidade nos corantes em pó encontra-se dentro do valor máximo, de 15%, estipulado pela legislação (BRASIL, 2005).

A Tabela 2 mostra os teores de antocianinas do repolho roxo *in natura*, do extrato antociânico concentrado e dos corantes em pó.

Tabela 2 – Teores de antocianinas (mg/100 g) do repolho roxo *in natura*, do extrato antociânico concentrado e dos corantes em pó

Formulados	Antocianinas
<i>In Natura</i>	31,56±1,12 ^c
Extrato	98,75±0,34 ^a
CSD	88,18±1,46 ^b
CSB	89,30±1,31 ^b

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: CSD – Corante em pó por *Spray Dryer*; CSB – Corante em pó por Secador de Bandeja.

Nota: As médias seguidas pela mesma letra não diferiram estatisticamente entre si ao nível de 1% no teste de Tukey.

O teor de antocianinas do extrato antociânico concentrado do repolho roxo obteve 98,75 mg/100 g, valor este superior ao do repolho roxo *in natura* que foi de 31,56 mg/100 g, havendo assim diferença significativa ($p < 0,01$). Teixeira, Stringheta e Oliveira (2008), encontraram para o repolho roxo teores inferiores ao do presente trabalho, 24,36 mg/100g e Xu *et al.* (2010) encontraram valores superiores de 69,0 mg/100 g, usando metanol acidificado com 0,5% de ácido acético. Pesquisa feita por Lopes, Quadri e Quadri (2006) encontraram teores de 175 mg/100 g de antocianinas em repolho roxo. Já Almeida *et al.* (2015) verificaram teores de antocianina de 6,58 mg/100 g para o repolho roxo *in natura*, 4,58 mg/100 g para o extrato por método alcoólico e 5,33 mg/100 g para o extrato aquoso. Araújo (2019) obteve 21,47 e 17,43 mg/100 g para o repolho roxo *in natura* e extrato etílico de repolho roxo, respectivamente.

Segundo Macheix, Fleurit e Billot (1990), o teor de antocianina pode ser influenciado por fatores climáticos, como temperatura e iluminação. Para Teixeira, Stringheta e Oliveira (2008), a razão da variação dos resultados se dá em função da diferença de metodologia empregada. Em trabalho realizado por Xu *et al.* (2010) com casca de berinjela, usando etanol 70% e HCl para ajuste de pH 2,0 encontraram teores de 60,0 mg de antocianina/100 g.

Quanto aos resultados de antocianinas dos corantes não houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre o corante desidratado por atomização *spray dryer* (88,18 mg/100 g) e o desidratado por secador de bandeja (89,30 mg/100 g). Acredita-se que tal diferença possa estar associada à alta temperatura empregada no processo de secagem por atomização.

A Tabela 3 mostra os resultados dos teores de antocianinas e qualificação da cor para o extrato líquido formulado com 30% de maltodextrina e para os corantes em pó obtido por secagem através do *spray dryer* (CSD) e do secador de bandeja (CSB).

Tabela 3 – Características colorimétricas e teor de antocianinas para os corantes em pó antes e após a secagem

Formulados	ACY	a*	b*	L	c*	h*
Extrato	98,75±0,34 ^a	+62,3±1,0	+10,9±1,2	59,8±1,2	55,2±1,1	27,3±1,2
CSD	88,18±1,46 ^b	+43,5±0,9	+9,5±1,0	44,2±1,0	44,4±1,1	12,4±1,1
CSB	89,30±1,31 ^b	+37,4±1,1	+7,3±1,2	27,8± 1,5	38,1±0,9	11,1±1,0

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: ACY – Antocianinas (mg/100 g); CSD – Corante em pó por *Spray Dryer*; CSB – Corante em pó por Secador de Bandeja.

Durante a secagem, pode-se observar perda de coloração em todos os corantes. A maior redução da coloração vermelha se deu com o CSB, cerca de aproximadamente 40%, e o CSD, 30,17% resultado esperado devido o procedimento de cada método de secagem. Os corantes tornaram-se menos saturados e conseqüentemente sofreram redução da tonalidade, condição que confirma degradação do pigmento durante o processamento e/ou manipulação das amostras.

Verificou-se redução do teor antociânico de 10,70% do CSD, sendo o corante que mais perdeu pigmento, o CSB perdeu em torno de 9,57%.

Dependendo da composição do extrato a antocianina pode sofrer mudanças básicas quanto a sua coloração, podendo ficar menos intensa, pela perda da coloração, ou mudar de tonalidade devido à formação de compostos degradativos. Portanto, deve-se levar em consideração as variações de c*, as quais correspondem à saturação, e as variações de h* que correspondem à tonalidade (CONSTANT, 2003).

Conclusão

No presente estudo foi possível verificar que os valores de pH para ambos os corantes foram inferiores a 4,5 o que contribui para prevenir o crescimento de microrganismos indesejáveis. A



umidade do corante obtido por atomização - *spray dryer* apresentou menor valor (2,32%) diferentemente do obtido por secador de bandeja o qual obteve valor relativamente alto (7,21%), indicando possuir uma maior capacidade de retenção de água, um fator indesejável em alimentos desidratados. Na atividade de água também houve diferença significativa entre os corantes, a desidratação por secador de bandeja promoveu quase o dobro de atividade de água em relação à atomização – *spray dryer*. Para a coloração vermelha, a maior redução se deu com o corante obtido por secador de bandeja. Com relação ao teor de antocianinas verificou-se que ambos os corantes apresentaram valores similares, ou seja, não houve diferenças significativas. A partir dos resultados explanados anteriormente, ficou evidenciado que a atomização – *spray dryer* foi, de forma geral, o método de desidratação mais eficiente em comparação com o secador de bandeja para obtenção de corantes em pó de repolho roxo.

Referências

ALMEIDA, J. C. *et al.* Obtenção de corante do repolho roxo (*Brassica oleracea*) por dois métodos de extração. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p 47-51, 2015.

ALVES, T. P.; NICOLETI, J. F. Influência das variáveis de processo Sobre a secagem osmoconvectiva de Pimentão verde. **Revista brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 1, p. 2022-2037, 2016.

ARAÚJO, A. C. de. **Obtenção e estabilidade de corante de antocianinas extraídas do repolho roxo (*Brassica oleracea*)**. 2019. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2019.

ARRUDA, M. R. E. *et al.* Avaliação de extratos de antocianinas como indicadores de pH obtidos por diferentes métodos. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 10 n. 3, p. 87-100, 2019.

BRASIL. RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o Regulamento técnico produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**; Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005. Disponível em://www.anvisa.gov.br/legis/index.htm. Acesso em: 20 maio 2021.

CARDOSO, C. E. de F.; LOBO, F. A. T. F. Estudo do processo de obtenção da polpa de Beterraba vermelha (*Beta vulgaris* L.) em pó pelo método foam mat drying para aplicação em alimentos visando a substituição de corantes alimentícios sintéticos. **Revista da Associação Brasileira de Nutrição**, v. 12, n. 1, p. 131-152, 2021.

CARVALHO, A. R. F. *et al.* A theoretical interpretation of the color of two classes of pyranoanthocyanins. **Journal of Molecular Structure: Theochem**, v. 948, p. 61-64, 2010.



COSTA, A. E. **Adsorção e purificação de corantes naturais com sílica amorfa**. 2005. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CONSTANT, P. B. L. **Extração, Caracterização e Aplicação de Antocianinas de Açaí (*Euterpe oleracea*, M.)**. 2003. 183f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

COUTINHO, M. R. **Obtenção de antocianina presente no repolho roxo (*brassica Oleracea*)**. 2002. 80f. Tese (Mestrado em Engenharia de alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Oleicultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008.

FULEKI, T., FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. 1 Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of Food Science**. v. 33, p. 72-77, 1968a.

FULEKI, T., FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. 2 Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberries juices. **Journal of Food Science**. v. 33, p. 78-82, 1968b.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed. 1ª edição digital. São Paulo: IMESP, 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf/. Acesso em: 09 maio 2021.

KAJIYAMA, T.; PARK, K. J. Influência da umidade inicial da alimentação no tempo de secagem em secador atomizador. **Revista Brasileira de Produção Agroindustrial**, v. 10, n. 1, p.1-8, 2008.

KHAZAEI, K. M. *et al.* Optimization of Anthocyanin Extraction from Saffron Petals with Response Surface Methodology. **Food Analytical Methods**, v. 9, p. 1993-2001, 2016.

LOPES T. J.; QUADRI M. B.; QUADRI M. G. N. Estudo experimental da Adsorção de Antocianinas comercial de Repolho-roxo em argilas no processo de batelada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, p. 49-56, 2006.

MACHEIX, J. J.; FLEURIT, A.; BILLOT, J. **Fruit Phenolics**. Boca Raton: CRC Press. 378p. 1990.

MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S. Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 19, n. 2, p. 89-94, 2006.

MELONI, P. L. S. **Desidratação de Frutas e Hortaliças**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2003.

MÜLLER-MAATSCH, J. *et al.* Investigation into the removal of glucosinolates and volatiles from anthocyanin-rich extracts of red cabbage. **Food Chemistry**, v. 278, p. 406-414, 2019.

NOGUEIRA, V. **Confirma os nutrientes das hortaliças de acordo com as cores**. 2012. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/saude/confirma-os-nutrientes-das-hortalicas-de-acordo-com-as-cores-5290404#>. Acesso em: 22 out. 2020.

OLIVEIRA, A. P. S. *et al.* Consumo de corantes artificiais em balas e chicletes por crianças de seis a nove anos. **Revista Analytica**, v. 8, p. 79-85, 2009.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 20, n. 04, 2010.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A. PARK, K. J. B. **Conceitos de Processo e Equipamentos de Secagem**. Campinas: CTEA, 2007. Disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projesq.html/>. Acesso em: 11 maio 2021.

PEREIRA, I. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Características físico-química do tomate em pó durante o armazenamento. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 83-90, 2006.

PORTE, L. H. M.; LEÃO, M. H. M. R.; PORTE, A. Avaliação da porosidade de microcápsulas contendo proteína bioativa por porosimetria de mercúrio e adsorção de nitrogênio. **Revista Química Nova**, v. 34, n. 9, p. 1582-1587, 2011.

ROSSI, A. V. *et al.* **Antocianinas: corantes naturais para alimentos, cosméticos, tintas e experiências para ensinar e aprender Química**. 2011. Disponível em: <http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisa/0244-Antocianinas-quimica-corantes-naturais.html>. Acesso em: 12 outubro 2020.

SAKULNARMRAT, K.; WONGSRIKAEW, D.; KONCZAK, I. Microencapsulation of red cabbage anthocyanin-rich extract by drum drying technique. **Food Science & Technology**, v. 137, 2021.

SANTOS J. C. *et al.* Estudo da cinética de secagem de batata-doce (*Ipomoea batatas*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 4, p. 323-328, 2012.

SCHAFRANSKI, K.; RODRIGUES, S. A. Extração e estabilidade de antocianinas do repolho roxo (*Brassica oleracea*). **Revista Espacios**, v. 38, n. 27, p. 8, 2017.

SHANKARANARAYANAN, B.; NAKKEERAN, E. Purification of anthocyanins from red cabbage using semi interpenetrating network hydrogel beads in a packed bed column. **Separation Science and Technology**, v. 54, n. 5, p. 675-682, 2018.

SILVA, F. A. S. **Assistat versão 7.7 beta (2014)**. Campina Grande-PB: Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina.

SINGH, J. *et al.* Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. capitata). **Scientia Horticulturae**, v. 108, p. 233-237, 2006.

STOCLET, J. C. *et al.* Vascular protection by dietary polyphenols. **European Journal of Pharmacology**, v. 500, p. 299-313, 2004.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. C. Comparação de Métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 297-304, 2008.

THI, N. D.; HWANG, E-S. Effects of drying methods on contents of bioactive compounds and antioxidant activities of black chokeberries (*Aronia melanocarpa*). **Food Science and Biotechnology**, v. 25, p. 55–61, 2016.

TIVELLI, S. W.; PURQUEIRO, L. F. V.; KANO, C. Adubação verde e plantio direto em hortaliças. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, p. 1-8, 2010.

VELOSO, L. A. **Dossiê técnico: corantes e pigmentos**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2012.

XU, Z. *et al.* Extraction of anthocyanins from red cabbage using high pressure CO₂. **Bioresour Technol.**, v. 101, n. 18, p. 7151, 2010.



22 Capítulo

Efeito do tempo
de secagem nas
características físico-
químicas de bacon
de peito de frango

Capítulo 22

Efeito do tempo de secagem nas características físico-químicas de bacon de peito de frango

Leticia Oliveira Rabelo¹; Jéssica Karolyne Silva Jorge²; Danielly da Conceição Brandão³; Livia Alves Barroso⁴; Bruna Néria Azevedo Gonçalves⁵, Monalisa Pereira Dutra Andrade*⁶

Resumo

Produtos cárneos mais saudáveis são produtos reformulados pela redução ou substituição de ingredientes não saudáveis ou pela incorporação de ingredientes saudáveis. Esta pesquisa buscou elaborar um bacon utilizando o peito de frango como matéria prima, sendo que essa substituição contemplaria à demanda dos consumidores que procuram produtos cárneos com menor quantidade de gordura, além de permitir o consumo de bacon pelas pessoas com restrição religiosa ou cultural ao consumo de carne suína. No presente trabalho foram elaborados bacons de peito de frango sabor defumado submetidos a quatro tempos diferentes de secagem e para cada tempo foram realizadas análises de umidade, perda de peso por secagem, pH, atividade de água, luminosidade, índice de vermelho, índice de amarelo, saturação, tonalidade e força de cisalhamento. A umidade, perda de peso por secagem, pH, índice de vermelho, índice de amarelo, saturação e força de cisalhamento apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% pelo Teste de Tukey. Nas condições estudadas, verificou-se que o tempo de 12 horas apresentou os melhores resultados de pH, atividade de água, umidade e força de cisalhamento, bem como cor objetiva. Nas condições estudadas, verificou-se que o tempo de 12 horas apresentou vantagem com relação aos resultados de pH mais baixos, menor umidade, maiores índices de vermelho, amarelo e saturação levando à percepção de que as características do bacon elaborado com peito de frango se aproximam do tradicional bacon de carne suína. No entanto, a textura menos macia pode constituir uma desvantagem do produto elaborado com esse tempo de secagem.

Palavras-chave: Defumação. Processamento. Qualidade.

¹Egressa do curso de Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri.

²Egressa do curso de Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri.

³Egressa do curso de Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri.

⁴Egressa do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (mestrado), Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri.

⁵Mestranda, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri.

⁶Docente, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri.

* E-mail para correspondência: monalisadutra@ict.ufvjm.edu.br

Introdução

Obesidade e doenças não transmissíveis associadas (DNT), como doenças cardiovasculares, várias formas de câncer, diabetes tipo 2, são responsáveis por setenta e um por cento de todas as mortes em todo o mundo. Uma dieta pouco saudável e sedentarismo são os principais fatores de risco comportamentais. Os especialistas recomendam mudanças no estilo de vida e incentivam dietas saudáveis e atividades físicas como prevenção e tratamento de DNT (SAMOGGIA; RIEDEL, 2020).

Produtos cárneos mais saudáveis são produtos reformulados pela redução ou substituição de ingredientes não saudáveis (por exemplo, sal, gordura) ou pela incorporação de ingredientes saudáveis (por exemplo, proteínas vegetais, vitaminas). Como tal, incluem uma ampla categoria de produtos cujo objetivo geral é melhorar a qualidade nutricional e reduzir os efeitos negativos relacionados ao consumo de carne processada (SHAN *et al.*, 2017).

Nos últimos anos, o consumo de carne de aves tornou-se muito popular devido às suas características nutricionais. Na verdade, a carne de frango fornece alta proteína (cerca de 20 g / 100 g de carne crua sem pele) e baixa ingestão de gordura (cerca de 5 g / 100 g de carne crua sem pele), respectivamente. Além disso, os lipídios de frango são caracterizados por níveis relativamente altos de ácidos graxos insaturados (especialmente ácidos graxos poliinsaturados), que são considerados um aspecto positivo e saudável pelos consumidores (BONOLI *et al.*, 2007).

O Decreto nº 9.013/2017 que dispõe sobre Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal define bacon como: o produto cárneo obtido do corte da parede torácico-abdominal de suínos, que vai do esterno ao púbis, com ou sem costela, com ou sem pele, com adição de ingredientes, curado e defumado (BRASIL, 2017).

O processo de defumação baseia-se na exposição do alimento à fumaça proveniente da queima incompleta de madeira, serragem e carvão. A defumação de alimentos é um método antigo de preservação, melhorando a qualidade sensorial através dos componentes aromáticos que conferem ao produto proteção bactericida, cor, sabor e efeito antioxidante. O êxito na preparação de defumados depende da aplicação da fumaça e da combinação de fatores físicos e químicos, sendo necessário um controle rigoroso de cada uma das etapas da defumação. A defumação na atualidade não é mais aplicada somente com o objetivo de conservação e sim como processo através do qual o produto adquire características sensoriais agradáveis (LINGBECK *et al.*, 2014).

O processo de defumação é responsável por diferentes características sensoriais do produto defumado, devido principalmente à composição química da madeira utilizada na produção da fumaça que será utilizada (SALDAÑA *et al.*, 2020). Este processo é um dos métodos mais antigos para a conservação de cárneos, e além da importância nas propriedades sensoriais, os compostos fenólicos

produzidos no processo de defumação apresentam propriedades antimicrobianas e antioxidantes (ROZENTALE *et al.*, 2015).

A secagem também é uma das operações de preservação de alimentos mais antigas e amplamente aplicadas. Consiste na redução do teor de água, retardando as reações de degradação microbiana ou enzimática. A qualidade do produto obtido depende em grande parte da metodologia utilizada. Geralmente, as técnicas de secagem a alta temperatura são mais extensas, embora isso possa comprometer a qualidade. Assim, a indústria de alimentos enfrenta o desafio de obter tempos de secagem mais curtos sob condições moderadas e maximizar a qualidade do produto (LEONARDI; AZEVEDO, 2018).

Diante do exposto, esta pesquisa buscou elaborar um bacon utilizando o peito de frango como matéria prima em substituição ao tradicional corte da porção torácico-abdominal suína, sendo que essa substituição contemplaria à demanda dos consumidores que procuram produtos cárneos com menor quantidade de gordura, além de permitir o consumo de bacon pelas pessoas com restrição religiosa ou cultural ao consumo de carne suína.

Material e Métodos

O presente trabalho foi conduzido nos Laboratórios de Carnes e Derivados, Laboratório de Análise de Alimentos e Laboratório de Matérias Primas Alimentares da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, Minas Gerais.

Para elaboração do bacon, foram utilizados filés de peito de frango congelado (- 18 °C) adquiridos no comércio local da cidade de Diamantina-MG. A preparação das amostras foi iniciada com o descongelamento dos filés, na incubadora BOD na temperatura de 10°C por 18 horas.

Em seguida, foram distribuídos uniformemente ao peito de frango, 1% de açúcar, 0,5% de máster salame da empresa BRC (contendo sal, eritorbato de sódio, nitrato e nitrito de sódio, especiarias e flavorizantes aromas naturais) e 1,5% de fumaça líquida.

Após completa incorporação dos ingredientes e aditivos sólidos, os filés de peito de frango foram submetidos à etapa de cura à temperatura de refrigeração (4°C), por um período de 24 horas. Após curados, foram levados para estufa à temperatura de 90°C para realização do processo de secagem, sendo retiradas amostras com diferentes tempos de secagem (T1 = 3 horas, T2 = 6 horas, T3 = 9 horas e T4 = 12 horas). Para cada tempo de secagem foram analisados a umidade, perda de peso por secagem, pH, atividade de água, luminosidade, índice de vermelho, índice de amarelo, saturação, tonalidade e força de cisalhamento, sendo todas essas medições realizadas em triplicata.

A determinação do teor de umidade das micropartículas foi feita pelo método gravimétrico, em triplicata, à temperatura de 105 °C em estufa convencional até a obtenção de peso constante (AOAC, 2005).

Para determinação da perda de peso por secagem, todas as amostras de peito de frango foram pesadas antes e depois da etapa de secagem, sendo o percentual de perda de peso calculado.

Os valores de pH de cada tempo de secagem dos bacons de peito de frango defumado foram medidos através da inserção de eletrodo combinado, tipo penetração (DM20-Digimed), acoplado a um potenciômetro, em cinco pontos diferentes do produto.

A avaliação da atividade de água dos bacons de peito de frango foi realizada utilizando o aparelho modelo CX2 (Decagon Devices Inc.) que utiliza a técnica de determinação do ponto de orvalho em espelho encapsulado para medir a atividade de água de um produto. Foram colocados aproximadamente uma grama de amostra no aparelho.

A avaliação da luminosidade, índice de vermelho, índice de amarelo, saturação, tonalidade dos bacons de peito de frango foi realizada com o uso de um colorímetro Chroma Meters CR-300 (Konica Minolta Sensing Inc.), para o cálculo dos índices de cor, foram estabelecidos o iluminante D65 e o sistema de cor CIELAB. Os índices de cor L^* , a^* e b^* foram obtidos considerando-se o valor médio de cinco leituras realizadas em diferentes pontos dos bacons de peito de frango.

Amostras de cada tempo de secagem foram analisadas pelo teste de análise de força de cisalhamento, em um texturômetro TA.XT2 (Texture Analysis Stable Micro System Inc.) conectado a um computador equipado com o programa Texture Expert® com lâmina Warner Bratzler (WB) e velocidade de 10 mm/s. Sendo utilizado amostras de bacon de peito de frango com 1 cm de espessura e 2 cm de diâmetro.

Após realização de todas as análises, todos os dados obtidos foram avaliados utilizando o programa estatístico STATISTICA 8.0 através de análise de variância (ANOVA) e para comparação das médias foi realizado o teste de Tukey com nível de significância de 5% de probabilidade do erro.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados e desvios padrão das análises de umidade, perda de peso por secagem (PPS), pH, atividade de água (aw), luminosidade (L^*), índice de vermelho (a^*), índice de amarelo (b^*), saturação (C) e tonalidade (h) e força de cisalhamento dos bacons de peito de frango submetido a quatro tempos diferentes de secagem.

Tabela 1 - Resultados das análises e desvios padrão dos resultados obtidos para as análises os bacos de peito de frango submetido à diferentes de secagem (T1 = 3 horas, T2 = 6 horas, T3 = 9 horas, T4 = 12 horas)

	T1	T2	T3	T4
Umidade (%)	63,16±0,43 ^b	60,93±1,73 ^{ab}	49,79±6,41 ^a	47,21±3,70 ^a
PPS (%)	20,71±2,19 ^a	30,14±3,25 ^b	39,53±3,58 ^c	43,37±0,33 ^c
pH	6,64±0,03 ^a	6,45±0,19 ^{ab}	6,36±0,017 ^b	6,26±0,08 ^b
Aw	0,96±0,01 ^a	0,95±0,019 ^a	0,92±0,02 ^a	0,94±0,013 ^a
L*	47,22±2,65 ^a	50,57±0,55 ^a	48,51±2,70 ^a	44,89±2,83 ^a
a*	10,89±0,59 ^b	14,06±0,37 ^{ab}	13,14±3,28 ^{ab}	16,93±0,31 ^a
b*	16,76±1,80 ^b	20,19±1,12 ^{ab}	20,02±3,05 ^{ab}	22,22±1,42 ^a
C	20,16±1,84 ^b	24,65±0,78 ^{ab}	23,97±4,30 ^{ab}	27,95±1,03 ^a
H	57,27±1,69 ^a	54,97±1,93 ^a	57,08±3,13 ^a	52,23±1,59 ^a
FC (Kg)	1,76±0,09 ^c	2,17±0,20 ^c	3,03±0,37 ^b	4,17±0,35 ^a

Fonte: Dos autores, 2021.

Legenda: PPS: Perda por secagem; Aw: Atividade de água; L*: Luminosidade; a*: Índice de Vermelho; b*: Índice de amarelo; C: Saturação; H: Tonalidade; FC: Força de cisalhamento.

Nota: Médias seguidas de uma mesma letra, na mesma linha não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A umidade, perda de peso por secagem, pH, índice de vermelho, índice de amarelo, saturação e força de cisalhamento apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Para a análise da umidade foi possível perceber que o aumento do tempo de secagem à temperatura constante de 90 °C promoveu uma redução significativa na umidade das amostras submetidas aos tempos de secagem de 3, 6 e 9 horas, no entanto a umidade dos tempos de secagem entre 9 e 12 horas permaneceu constante. O processo de secagem consiste na retirada da água livre do alimento por diferentes métodos, como por exemplo, baixas temperaturas e pressão (liofilização) ou pelo aumento de temperatura. Quando se utiliza a secagem com o aumento de temperatura, o tempo no qual o produto é submetido ao calor pode alterar suas características físico-químicas, devido a desnaturação de compostos termo sensíveis como vitaminas e proteínas (MORBIATO *et al.*, 2019).

A perda de peso por secagem apresentou diferença significativa, apresentou comportamento semelhante à análise de umidade, ou seja, aumentou significativamente ao longo dos tempos de secagem de 3, 6 e 9 horas, não diferindo significativamente entre 9 e 12 horas. Esses resultados

indicam que após 9 horas de secagem à 90 °C, a maior porcentagem de água livre foi removida das amostras.

Mesmo havendo a redução da umidade e o aumento da perda de peso por secagem, os valores da atividade de água não foram modificados significativamente. A esperada redução da atividade de água não foi verificada, o que indica uma instabilidade para armazenamento dos bacos de peito de frango devido à da possibilidade de deterioração microbiológica, reações químicas e bioquímicas (PEREIRA, 2020).

O pH é uma característica essencial a qualidade dos produtos cárneos, uma vez que influencia na cor, capacidade de retenção de água e textura (SILVA, 2015). Os valores de pH para o bacon de frango, estão próximos aos valores registrados por autores que avaliam as propriedades do tradicional bacon de carne suína, em que SILVA (2015) encontrou valores entre 5,91 e 6,23 ao estudar a qualidade do bacon de suínos tratados com ractopamina e imunocastração. Jay (2005) descreveu valores de pH para bacon suíno de 5,5 a 6,7. Já Li *et al* (2021) relataram valores de pH entre 5,78 a 6,13 ao utilizarem bacon suíno com teor reduzido de sódio.

Os valores de pH do presente estudo reduziram com o decorrer do tempo de secagem, a redução da umidade resulta na concentração dos demais componentes, o que pode ter provocado essa redução do pH.

A diferença significativa valores de pH dos bacos do peito de frango podem ser explicadas também pela utilização de diferentes lotes do frango que, conseqüentemente, apresentam variações nas características químicas.

O pH é um fator importante que influencia a cor da carne. Uma vez que o pH final da carne não se enquadre na faixa de valores esperada, podem ocorrer mudanças de cor. O estresse é o fator mais frequentemente identificado no manejo pré-abate de animais. Afeta negativamente a qualidade da carne, o que resulta em perdas econômicas. O estresse e o gasto de energia no período pré-abate causam o esgotamento das reservas de glicogênio muscular e, conseqüentemente, a produção post-mortem insuficiente de ácido láctico. A baixa acidez no período de envelhecimento resulta na alteração da cor, estrutura, sabor e maciez da carne (XING *et al.*, 2019). Na condição de pH final mais alto do que o esperado, a carne torna-se mais escura, enquanto em pH mais baixo do que o esperado, a carne torna-se pálida. Estes estão relacionados às modificações da mioglobina e miofibrilas (IJAZ *et al.*, 2020).

O aumento dos índices de vermelho e de amarelo com o aumento do tempo de secagem, resultaram no escurecimento do produto e aumento da coloração vermelha. O colorímetro é capaz de fornecer três variáveis, sendo o valor da luminosidade, situado no eixo vertical do diagrama, e

responsável por medir a luminosidade ou a porcentagem de refletância, variando de 0 (preto) para 100 (branco). Com esta informação é possível determinar objetivamente a cor da carne entre os padrões de qualidade determinados.

O valor do índice de vermelho, está situado no eixo horizontal, representa a variação entre a cor vermelha a verde. O valor do índice de amarelo mede a variação entre o amarelo e o azul. Com a razão índice de vermelho/índice de amarelo é possível estimar o teor de mioglobina em uma amostra (BRUSTOLIN, 2017), que aumentou sua concentração proporcionalmente ao período de secagem.

Segundo Pereira (2020) a cor que é analisada na parte superior das carnes é a consequência da absorção seletiva da luz pela mioglobina e por outros importantes componentes, como as fibras musculares e suas proteínas, além de ser influenciada pela quantidade de líquido livre presente na carne (exsudado).

Esse comportamento era esperado, visto que a secagem é responsável por reduzir a umidade, concentrando os demais componentes do alimento (mioglobina, nitrosohemocromo, etc.). Além disso, a secagem promove a desidratação da superfície e reação de Maillard, resultando no escurecimento do produto.

A reação de Maillard, é uma reação não enzimática entre grupos carbonil de carboidratos e aminoácidos, peptídeos ou proteínas na presença de calor que geram inúmeros produtos (MRPs) que contribuem para cor, odor e sabor de alimentos, inibem o crescimento bacteriano e exercendo atividade antioxidante. Estudos mostram que os MRPs podem ser ideais para produção de aroma, sabores, textura e coloração e produtos cárneos (XIA *et al.*, 2021).

O processamento térmico da carne é responsável pela geração de escurecimento não enzimático ou reação de Maillard na qual açúcares redutores ou grupos aldeídos de outras fontes, incluindo a oxidação de lipídios, reagem com os grupos amino de aminoácidos, peptídeos e proteínas. Os compostos resultantes são responsáveis pela geração de aroma e cor desejáveis na carne e em outros produtos processados termicamente. Muitos produtos da reação de Maillard são de natureza heterocíclica com características sensoriais desejáveis. A degradação do Strecker também leva à formação de produtos que participam da geração de outros compostos. Os fosfolípidos também desempenham um papel a este respeito (SHAHIDI; SAMARANAYAKA; PEGG, 2014)

Os valores do índice de saturação são influenciados pelo comportamento de índices de vermelho e amarelo, como no presente experimento houve alteração significativa dos índices de vermelho e amarelo, o comportamento do índice de saturação foi semelhante a essas alterações, aumentando ao longo das 12 horas de secagem. As mudanças ocorridas com o índice de vermelho dos bacones de frango defumado refletem claramente as mudanças ocorridas nos índices de saturação.

Quanto maior o tempo de secagem, também era esperado um aumento da saturação, uma vez que este parâmetro descreve a força e a intensidade da cor (RAMOS; GOMIDE, 2017).

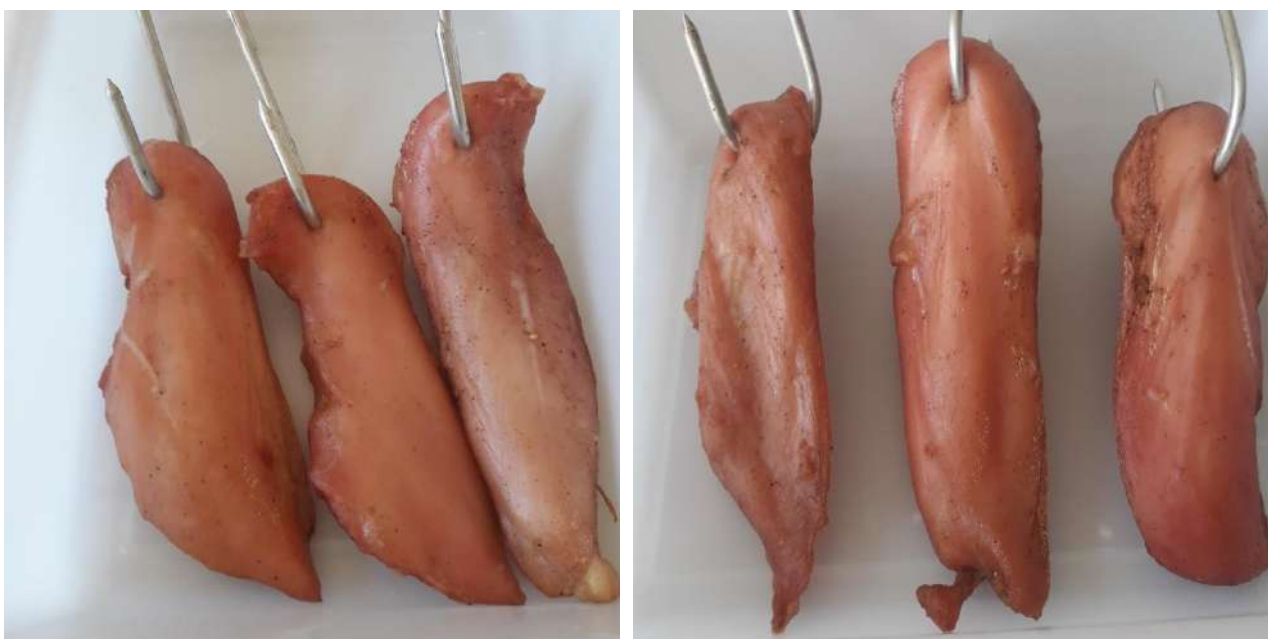
As imagens dos bacons de peito de frango nos quatro tempos de secagem estão ilustradas nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

Figura 1 – Bacons de peito de frango após 3 horas de secagem à 90 °C



Fonte: Dos autores, 2021.

Figura 2 – Bacons de peito de frango após 6 horas de secagem à 90 °C



Fonte: Dos autores, 2021.

Figura 3 – Bacons de peito de frango após 9 horas de secagem à 90 °C



Fonte: Dos autores, 2021.

Figura 4 – Bacons de peito de frango após 12 horas de secagem à 90 °C



Fonte: Dos autores, 2021.

A força de cisalhamento é utilizada nas análises de textura e maciez da carne, propriedades de maior influência na aceitação dos consumidores. É definida como a força necessária para dividir a

amostras em partes contíguas por deslizamento entre elas, em direção paralela aos seus planos de contato acarretando na separação da amostra quando aplicada força de corte (PEREIRA; VARGAS; SOBRAL, 2016). A maciez da carne é um dos fatores importantes que determinam a qualidade da carne e a preferência dos consumidores (LEE; OWENS; MEULLENET, 2009). O valor da força de cisalhamento é o principal determinante da dureza da carne de aves (CAVITT *et al.*, 2005).

Analisando os resultados da força de cisalhamento, foi possível perceber seu aumento com o aumento do tempo de secagem. A força de cisalhamento é um indicador direto e importante da maciez da carne e seus derivados; um valor de força de cisalhamento baixo geralmente significa uma alta maciez (LI *et al.*, 2017). É importante chamar atenção para o fato de que a redução significativa da umidade no decorrer do tempo resultou na formação de um produto cárneo mais seco e tenro, o que consequentemente influenciou na alteração da maciez do bacon de peito de frango.

Está bem estabelecido que a submissão da carne a altas temperaturas influencia significativamente na sua textura devido à desnaturação e agregação de proteínas, perda de umidade, redução do colágeno e redução da fibra muscular. Essas mudanças geralmente resultam no endurecimento da carne e no aumento dos valores de cisalhamento na carne tratada termicamente (BOWKER; ZHUANG, 2019).

Conclusão

Nas condições estudadas, verificou-se que o tempo de 12 horas apresentou vantagem com relação aos resultados de pH mais baixos e menor umidade, o que de fato contribui para uma melhor conservação do produto. Os maiores índices de vermelho, amarelo e saturação encontrados para esse tempo de secagem, leva à percepção de que as características do bacon elaborado com peito de frango se aproximam do tradicional bacon de carne suína. No entanto, a textura menos macia pode constituir uma desvantagem do produto elaborado com esse tempo de secagem. Será necessário a continuação deste estudo para realização das análises microbiológicas, sensorial, bem como o estabelecimento da vida útil do produto.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Instituto de Ciência e Tecnologia e aos Laboratórios de Matérias Primas Alimentares e Análise de Alimentos do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri.



Referências

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of analysis of AOAC International**. 18. ed. Washington: AOAC, 2005.

BONOLI, M. *et al.* Effect of feeding fat sources on the quality and composition of lipids of precooked ready-to-eat fried chicken patties. **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p. 1327-1337, 2007.

BOWKER, B.; ZHUANG, H. Detection of razor shear force differences in broiler breast meat due to the woody breast condition depends on measurement technique and meat state. **Poultry Science**, v. 98, n. 11, p. 6170-6176, 2019.

BRASIL. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), 108f. Decreto n. 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei n. 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 mar. 2017, Seção 1, p. 3-27.

BRUSTOLIN, A. P. **Validação da vida útil de mortadela tipo bologna e avaliação da estabilidade a 22°C em unidade industrial**. 2017. 79 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2017.

CAVITT, L. C. *et al.* Rigor development and meat quality of large and small broilers and the use of Allo-Kramer shear, needle puncture, and razor blade shear to measure texture. **Poultry Science**, v. 84, n. 1, p. 113-118, 2005.

SILVA, L. C. C. **Efeitos da ractopamina e da imunocastração de suínos nas características da barriga e na qualidade do bacon**. 2015. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2015.

IJAZ, M.; LI, X. *et al.* Association between meat color of DFD beef and other quality attributes. **Meat Science**, v. 161, 107954, 2020.

JAY, J.M. **Microbiologia de alimentos**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LEE, Y. S.; OWENS, C. M.; MEULLENET, J. F. Changes in tenderness, color, and water holding capacity of broiler breast meat during postdeboning aging. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 8, p.449-454, 2009.

LEONARDI, J. G.; AZEVEDO, B. M. Métodos de conservação de alimentos. **Revista Saúde em Foco**, v. 10, p. 51-61, 2018.

LI, Y. *et al.* Substitute salts influencing the formation of PAHs in sodium-reduced bacon relevant to Maillard reactions. **Food Control**, v. 121, 107631, 2021.

LI, Z. *et al.* Phosphorylation prevents in vitro myofibrillar proteins degradation by μ -calpain. **Food Chemistry**, v. 218, p. 455-462, 2017.



LINGBECK, J. M. *et al.* Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation. *Meat Science*, v. 97, n. 2, p. 197-206, 2014.

MORBIATO, G. *et al.* Supercritical carbon dioxide combined with high power ultrasound as innovative drying process for chicken breast. *Journal of Supercritical Fluids*, v. 147, p. 24-32, 2019.

PEREIRA, M. R. **Qualidade da carne de peito de frango com estrias brancas ao longo do congelamento por 12 meses.** 2020. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2020.

PEREIRA, L. A.; VARGAS, F. C.; SOBRAL, P. J. A. Comportamento mecânico e estrutural de diferentes cortes cárneos em teste de determinação da força de cisalhamento. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 19, p. 1-9, 2016.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias.** 2ª Ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. 473p.

ROZENTALE, I. *et al.* Assessment of dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons from smoked meat products produced in Latvia. *Food Control*, v. 54, p. 16-22, 2015.

SALDAÑA, E. *et al.* Looking at non-sensory factors underlying consumers' perception of smoked bacon. *Meat Science*, v. 163, 108072, 2020.

SAMOGGIA, A.; RIEDEL, B. Assessment of nutrition-focused mobile apps' influence on consumers' healthy food behaviour and nutrition knowledge. *Food Research International*, v. 128, 108766, 2020.

SHAHIDI, F.; SAMARANAYAKA, A. G. P.; PEGG, R. B. Maillard Reaction and Browning. *In: Encyclopedia of Meat Sciences.* 2ª Ed. [S. l.]: Elsevier Inc., 2014. p. 391-403.

SHAN, L. C. *et al.* Consumer evaluations of processed meat products reformulated to be healthier – A conjoint analysis study. *Meat Science*, v. 131, p. 82-89, 2017.

XIA, B. *et al.* Development of meat flavors in peony seed-derived Maillard reaction products with the addition of chicken fat prepared under different conditions. *Food Chemistry*, v. 363, 130276, 2021.

XING, T. *et al.* Stress Effects on Meat Quality: A Mechanistic Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 18, n. 2, p. 380-401, 2019.

23 Capítulo

Desenvolvimento,
caracterização e estudo
de mercado de caldo de
cana com frutas cítricas

Capítulo 23

Desenvolvimento, caracterização e estudo de mercado de caldo de cana com frutas cítricas

Renata Rodrigues Saraiva*¹; Wilton Amaral dos Santos²; Raick Alves Ribeiro¹; Maria Christina Pimenta de Carvalho²; Rosimeire Alves Guimarães³; Alexandre Santos de Souza³

Resumo

A cana de açúcar, *Saccharum officinarum*, é abundante em toda a região Sudeste do Brasil, sendo a maior produtora de açúcar, álcool e cachaça. O caldo de cana é o suco obtido pela moagem da cana-de-açúcar, é uma bebida comercializada e comumente produzida artesanalmente por ambulantes por quase todo o Brasil, sendo observado na maioria das vezes falhas ou não execução das Boas Práticas de Fabricação o que pode conferir risco a saúde pública, considerando as possíveis contaminações que podem ser veiculadas pelas mesmas. A adição de frutas cítricas no caldo de cana tende a ser uma opção no desenvolvimento e agregação de valor ao produto, contribuindo sensorialmente, além de promover uma mudança na relação °Brix/Acidez da bebida. Neste sentido, o presente trabalho procurou esterilizar e engarrafar o caldo de cana-de-açúcar, obtido do canavial do IFNMG – *Campus Salinas*, para posterior avaliação de sua qualidade, através de análises microbiológicas, físico-químicas e pesquisa de mercado. Foi adicionado benzoato de sódio, ácido ascórbico e ácido cítrico ao suco, seguido de aquecimento a 95 °C por 10 minutos, o produto foi engarrafado. Foram adicionadas diferentes concentrações de polpas das frutas maracujá, limão, laranja e abacaxi. De acordo com os resultados da análise microbiológica foi possível observar a ausência de *Salmonella sp.* e bolores e leveduras. Quanto às análises químicas, os resultados obtidos encontram-se dentro do permitido pela legislação, onde as amostras de caldo pasteurizado apresentou valores de pH abaixo do caldo *in natura*, e para sólidos solúveis houve estabilidade entre as amostras. Foi realizada uma pesquisa de mercado com 72 entrevistados, através de um questionário formulado pelo Google Docs e repassado por aplicativos de compartilhamento de mensagens. Conforme com os resultados observados pode se concluir que a pasteurização e a adição de polpas de frutas ao caldo de cana contribuem para conservação do produto.

Palavras-chaves: Bebida. Conservação. Consumidores. Sacarose.

¹Discentes, Curso Superior Engenharia de Alimentos, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais.

²Discentes, Curso Superior em Tecnologia em Produção de Cachaça, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais.

³Docentes, Curso Superior em Tecnologia em Produção de Cachaça, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais.

* E-mail para correspondência: rodriguessaraivarenata@gmail.com

Introdução

O Brasil é o país que se destaca como o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com produção estimada em 628, 1 milhões de toneladas para safra 2021/22, representando um volume 4% menor á safra 2020/21 (CONAB, 2021). O caldo de cana é o suco obtido pela moagem da cana-de-açúcar e é muito nutritivo tendo em sua composição ferro, cálcio, potássio e vitaminas do complexo B e C, sendo uma boa opção de reposição energética para atletas e praticantes de exercícios físicos de longa duração, já que o caldo tem boa capacidade de reposição de glicogênio (KASSADA, 2015).

No entanto, as condições higiênico-sanitárias de obtenção e comercialização da bebida não são apropriadas na maioria dos estabelecimentos. A maior contaminação não provém da matéria-prima, mas sim dos maus hábitos higiênico-sanitários envolvidos em sua produção, utensílios e condições errôneas de manipulação, ambiente e pessoal (NORBERG *et al.*, 2012). As precárias condições higiênicas sanitárias do local para obtenção do produto e comercialização, aliadas à falta de treinamento e conhecimento dos vendedores sobre manipulação de alimentos, podem representar riscos à saúde da população, devido ao fato dos alimentos poderem ser facilmente contaminados por micro-organismos (SANTOS, 2011).

As etapas de obtenção do caldo de cana são as principais responsáveis pela contaminação do mesmo. Lopes, Cresto e Carraro (2004) salientam que a moenda, recipiente de coleta e as condições inadequadas de manipulação são fundamentais para que o produto final esteja com elevada carga microbiana. Entretanto, Marques *et al.* (2006) afirmam que, a parte da cana-de-açúcar utilizada para preparação do caldo também possui elevada carga microbiana, refletindo diretamente no índice de contaminação do caldo.

O caldo de cana é um produto altamente energético, fonte de sacarose, além de apresentar alta atividade de água e pH variando entre 4 e 5 (SUGANTHI; BHUVANESWARI; RAMYA, 2018). É considerado um ótimo meio nutriente para desenvolvimento de microrganismos, apresentando assim, vida útil curta. Estudos indicam que o caldo de cana *in natura* sofre deterioração de sabor e aparência em até 24 horas após a sua extração, mesmo sendo acondicionado sob refrigeração (KUNITAKE, 2012). Tem-se a necessidade de buscar novas aplicações de métodos que auxiliem na conservação da bebida, para garantia de qualidade, segurança e durabilidade.

A presença de açúcares, compostos fenólicos e ácidos orgânicos e a alta atividade da enzima polifenoloxidase provocam fermentação rápida e aparência acastanhada escura ao produto, resultando em um produto não comercializável apenas algumas horas após a extração (MATTOS *et al.*, 2017; NISHAD; SELVAN; MIR, 2017). Além disso, a degradação da qualidade devido à deterioração

microbiana também é um fator de preocupação na obtenção do produto (SREEDEVI; RAO; KAMESWARI, 2017).

Para estender o período de comercialização do caldo de cana é imprescindível a aplicação de processos de industrialização adequados para garantir a estabilidade da bebida quanto às alterações microbiológicas e enzimáticas. A Resolução nº 12 estabelece para sucos pasteurizados e refrigerados, incluindo caldo de cana isolado ou em mistura, ausência de *Salmonella spp.* e limite máximo de coliformes termotolerantes de 10 NMP/mL (BRASIL, 2001). Neste sentido, as Boas Práticas de Fabricação que se estende desde a higiene dos alimentos até hábitos higiênicos dos manipuladores quanto ao asseio pessoal, utensílios e ambiente de trabalho, aliadas às técnicas de conservação, têm sido usadas em produtos alimentícios para aumentar a vida de prateleira. O controle da inocuidade dos produtos alimentícios se faz muito importante para segurança e saúde do consumidor (TONDO; BARTZ, 2011).

O caldo de cana após a moagem sofre reações de escurecimento enzimático, o que está ligada a reação de Maillard entre os açúcares redutores e aminoácidos presente na cana. A enzima de maior atividade no caldo é a polifenoloxidase, seguida da peroxidase, que é pouco ativa no caldo de cana. A adição de suco de frutas cítricas ao caldo de cana tem o objetivo de melhorar sensorialmente a bebida, uma vez que essa mistura confere um sabor agradável ao paladar promovendo uma mudança na relação °Brix/Acidez do produto, para isto, tem-se utilizado frutas ácidas como limão Tahiti, abacaxi Havai e maracujá-amarelo. Além de demonstrar eficiência juntamente com o processo de pasteurização, retardando o escurecimento enzimático e inibindo o crescimento de microorganismo (PEREIRA; SANTOS 2018; PRATI *et al.*, 2005).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver diferentes formulações da bebida, utilizando caldo de cana como matéria-prima, adicionado suco concentrado de maracujá, laranja, limão e abacaxi e caracterizá-lo sob os aspectos físico-químicos e microbiológicos. Como forma de apoiar a melhoria da qualidade microbiana e sensorial, para que o produto tenha maior durabilidade de armazenamento.

Material e métodos

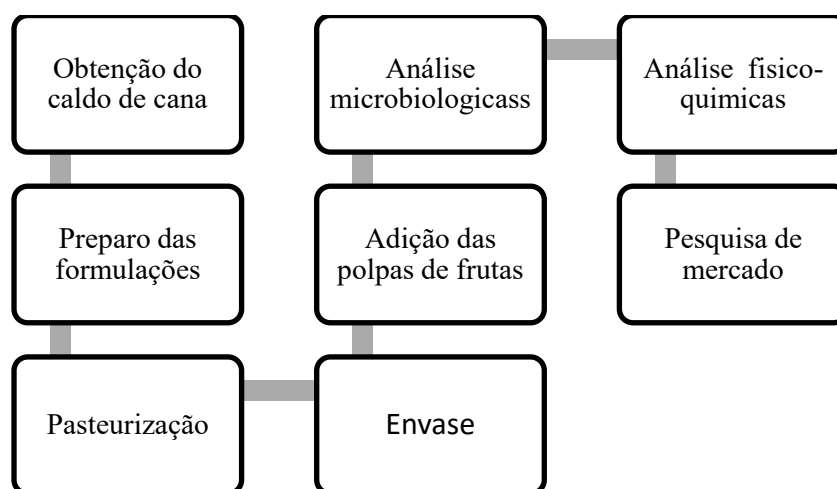
O experimento foi realizado no IFNMG – *Campus* Salinas. A cana utilizada foi a RB 867517, obtida no canavial do IFNMG *Campus* Salinas – MG. E as polpas de frutas cítricas foram adquiridas no comércio da cidade de Salinas- MG.



Elaboração do produto

A cana passou pelo processo de raspagem, para retirada das sujidades e da cera presente na mesma, onde após esse processo realizou-se uma sanitização com solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm por 15 minutos. A cana foi lavada com água potável e moída em moinho de aço inox e o caldo foi filtrado em malhas de poliéster, de 100 micras, com intuito de eliminar partículas maiores presente na bebida. Para a escolha da formulação, seguiu metodologia proposta por Prati *et al.* (2005), com algumas modificações, a partir da adição de 5% e 10% da polpa da fruta escolhida ao caldo de cana. O caldo foi padronizado com relação aos sólidos solúveis em 20 °Brix e passou pelo processo de pasteurização. Após o caldo atingir 95 °C foi adicionado 0,2 g/L de ácido cítrico, benzoato e ácido ascórbico para auxiliar na conservação do alimento. Foi retirada toda a sujidade decantada após a fervura e o caldo foi envasado em garrafas de polietileno para posteriormente realizar as análises microbiológicas e físico-químicas de acordo com o fluxograma (Figura 1). A polpa de fruta foi adicionada juntamente com o caldo à garrafa. Foram produzidos 500 mL de suco para cada amostra.

Figura 1 - Etapas de processamento do caldo de cana adicionado de polpa de frutas.



Fonte: Dos autores, 2020.

Análise microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do IFNMG Salinas, realizadas segundo Silva *et al.* (2007), descrito no Manual de Métodos de Análises Microbiológicas de Alimentos, com modificações. Para a determinação de bolores e leveduras foi utilizado o meio Agar Batata Dextrose (BDA), subsequente de homogeneização e aquecimento em

bico de busen, com posterior autoclavagem. Após o meio de cultura ser acidificado com ácido tartárico, as amostras foram diluídas até a 10^{-3} e distribuídas em placas de Petri esterelizadas. Foi utilizado o método de plaqueamento direto em superfície das diluições seriadas (10^{-1} até 10^{-3}) previamente preparadas. Foi inoculado 0,1 mL de cada diluição na superfície do meio BDA solidificado nas placas de Petri e com auxílio de uma alça de Drigalsky, foi espalhado o inóculo cuidadosamente em toda sua superfície até a completa absorção. As placas foram incubadas em estufa de demanda de oxigênio bioquímico (B.O.D) sob 25 °C e o resultado expresso pelo número de Unidades Formadoras de Colônia por grama de amostra (UFC/mL). Para análise de *Salmonella sp.* realizou-se o pré-enriquecimento da amostra com água peptonada tamponada 1% e incubada a 36 °C por 24 horas, em seguida, foi realizado o enriquecimento seletivo utilizando-se caldo Rappaport e Selenito cistina o qual foi incubado a 35 °C e o caldo Rappaport a 42 °C por 24 horas. Posteriormente, foi realizado o plaqueamento em meio seletivos (Agar verde brilhante - BG e Agar xilose lisina desoxicolato – XLD) e incubado a 36 °C/24h. Pôr fim foi realizado a triagem das colônias utilizando os meios Agar Tríplice Açúcar Ferro (TSI, Himedia) e Agar Lisina Ferro (LIA, Himedia), incubados a 36 °C/24h..

Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia de Alimentos do IFNMG Salinas, realizadas conforme a metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (A.O.A.C, 2012). Para determinação pH foi utilizado um medidor digital (A.O.A.C n° 42.1.04). Para os sólidos solúveis (expresso em °Brix) foi utilizando um refratômetro portátil digital (A.O.A.C n° 37.1.15); para Acidez Total Titulável (A.O.A.C n° 37.1.37); para determinação teor de cinzas (A.O.A.C n° 940.26) e para determinação umidade (A.O.A.C n° 920.51).

Pesquisa de mercado e intenção de compra

Com o objetivo de avaliar a opinião do consumidor e definir as dimensões relevantes no momento da compra e do consumo do suco de caldo de cana, foi elaborado um questionário online contendo seções para avaliar a opinião do consumidor. Foram feitas perguntas objetivas (Tabela 1) para não tomar muito tempo do respondente (cerca de cinco a dez minutos estimados através do pré-teste).



Tabela 1 - Perguntas e opções de respostas usadas no formulário

Perguntas	Alternativas
Qual sua faixa etária?	<input type="checkbox"/> Menor de 18 anos; <input type="checkbox"/> 19 a 26; <input type="checkbox"/> 26 a 33; <input type="checkbox"/> 33 a 40; <input type="checkbox"/> Maior de 40
Qual é o seu gênero?	<input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Outro
Você consome caldo de cana?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Você consome caldo de cana com qual frequência?	<input type="checkbox"/> Frequentemente(uma ou mais vezes por semana); <input type="checkbox"/> Regulamente(duas a três vezes ao mês); <input type="checkbox"/> Ocasionalmente(uma vez ao mês); <input type="checkbox"/> Quase nunca(2 a 6 vezes ao ano); <input type="checkbox"/> Nunca
Em qual local você consome caldo de cana?	<input type="checkbox"/> Feiras <input type="checkbox"/> Lanchonetes <input type="checkbox"/> Outros
Marque três critérios que considera na hora de comprar caldo de cana?	<input type="checkbox"/> Condições higiênico-sanitárias adequadas; <input type="checkbox"/> Sabor, aroma e coloração; <input type="checkbox"/> Preço acessível; <input type="checkbox"/> Temperatura; <input type="checkbox"/> Quantidade servida; <input type="checkbox"/> Valor energético e nutricional; <input type="checkbox"/> Praticidade; <input type="checkbox"/> Rapidez no preparo; <input type="checkbox"/> Outro
Qual o suco adicionado ao caldo de cana você prefere?	<input type="checkbox"/> Maracujá; <input type="checkbox"/> Limão; <input type="checkbox"/> Abacaxi; <input type="checkbox"/> Laranja; <input type="checkbox"/> Outros
Você compraria um caldo de cana adicionado frutas cítricas?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

Fonte: Dos autores, 2020.

O intuito deste meio de abordagem via questionário online foi devido à conveniência (o voluntário pôde acessá-lo em qualquer momento e pelo desenvolvimento do projeto estar acontecendo em plena pandemia de Covid - 19) e para atingir um maior número de pessoas dentro do perfil necessário para o estudo. O respondente tinha acesso à pesquisa somente se inserisse um endereço de e-mail válido e se selecionasse “aceito participar”. Os voluntários tiveram acesso ao questionário no período de 20/07/2020 a 15/12/2020 através do uso da ferramenta Google Forms. A divulgação da pesquisa foi realizada através de redes sociais, WhatsApp® e e-mails. A pesquisa contou com 72 voluntários. Para possível realização do teste em laboratório caso a cidade de Salinas, diminuísse a contaminação pela Covid-19, foi montado um termo livre e esclarecido e submetido

junto ao projeto para avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa. O trabalho foi aprovado e registrado no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG sob o CAAE 40653120.3.0000.8507.

Resultados e Discussão

Análises microbiológicas

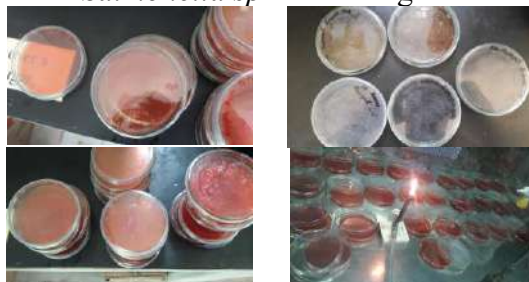
Para *Salmonella sp.* foram realizadas duas repetições e não foi encontrado em nenhuma amostra analisada a presença do patógeno (Tabela 2) e (Figura 2). Mesmo resultado foi encontrado por Sanda *et al.* (2016) em seu trabalho com caldo de cana acidificado com polpa de limão e/ou maracujá. Para bolores e leveduras as análises mostraram que não houve presença de bolores e leveduras nas duas repetições como pode ser observado na Figura 3.

Tabela 2 - Características microbiológicas do caldo de cana adicionado de polpa de frutas cítricas

Amostras	<i>Salmonella sp.</i> /25ml	Bolores e leveduras
Maracujá 10%	Ausência	Ausência
Maracujá 5%	Ausência	Ausência
Limão 10%	Ausência	Ausência
Limão 5%	Ausência	Ausência
Abacaxi 10%	Ausência	Ausência
Abacaxi 5%	Ausência	Ausência
Laranja 10%	Ausência	Ausência
Laranja 5%	Ausência	Ausência
Branco	Ausência	Ausência

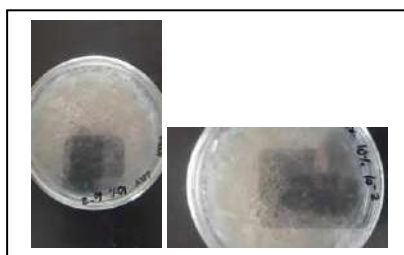
Fonte: Dos autores, 2020.

Figura 2 - Placas da análise de *Salmonella sp.* no meio ágar verde brilhante - BG



Fonte: Dos autores, 2020

Figura 3 - Análise de bolores e leveduras



Fonte: Dos autores, 2020

Análises físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas do caldo de cana *in natura* e da bebida adicionada frutas cítricas dos concentrados estão descritas na (Tabela 3). De acordo com os resultados, pode-se observar que o pH do caldo *in natura* de 4,25, ficou acima das amostras pasteurizadas. Sanda *et al.* (2016) em estudo com concentrados da fruta maracujá e limão, observou que o caldo adicionado de 10% de concentrado de limão apresentou um valor de pH 4,11, enquanto o caldo *in natura* apresentou pH 5,28.

Para SST, verificou-se diferença entre a amostra controle e as amostras adicionadas de suco de limão 10% e abacaxi 5%, porém as demais amostras acidificadas tiveram valores estáveis, onde os valores de SST para as amostras acidificadas foram inferiores do controle. Os valores de todas as amostras encontram-se dentro do limite estabelecido pela Instrução Normativa nº 19, que estabelece o limite mínimo de 15 °Brix para o caldo de cana (BRASIL, 2013). Umidade dos caldos de cana adicionados de 10% de maracujá, limão, abacaxi e laranja ficaram acima do caldo *in natura* e estes resultados corroboram com os resultados apresentados por Sanda *et al.* (2016), cujos valores para o caldo processado e pasteurizado foram de 82% e 80,24% para o caldo adicionado 10% de limão.

O SST do caldo de cana adicionado concentrados de frutas variou entre 19% e 22%, corroborando com os valores encontrados por Sanda *et al.* (2016) próximos a 21 °Brix e o valor encontrado para o caldo *in natura* foi abaixo em relação ao de caldo de cana adicionado de abacaxi (5%). Esse alto valor encontrado no presente trabalho pode ser atribuído aos fatores intrínsecos, relacionados à composição da cana, época em que foi colhida, variedade, período de maturação, solo e às variações do clima. A determinação de acidez titulável do caldo de cana *in natura*, de 0,38% de ácido cítrico, encontra-se acima dos valores encontrados referentes às amostras de maracujá e limão. Oliveira (2007) encontrou valores referentes a 0,38% de ácido cítrico, acima dos valores encontrados por Sanda *et al.* (2016), de 0,20% de ácido cítrico. Os caldos processados de laranja e abacaxi

apresentaram valores inferiores (0,41% e 0,42%), à quantidade de cinzas em relação ao caldo *in natura* e as demais concentrações.

Tabela 3 - Médias das análises físico-químicas

Amostras	Análises				
	Cinzas (%)	S.S.T. (%)	pH	Umidade (%)	Acidez (g)
Maracujá 10%	0,43±0,05	21,10±0,46	3,50±0,05	78,80± 0,46	0,17±0,04
Maracujá 5%	0,44± 0,06	22,30±0,84	3,70±0,15	77,60± 0,84	0,21±0,05
Limão 10%	0,44± 0,06	19,40±1,67	3,20±0,11	80,70± 20,7	0,11±0,60
Limão 5%	0,44 ±0,15	21,60±0,97	3,50±0,26	78,30± 0,97	0,17±0,02
Abacaxi 10%	0,45 ±0,14	21,81±16,4	4,05±0,09	78,10± 16,4	0,40±0,09
Abacaxi 5%	0,42 ±0,12	23,20±5,60	4,00±0,05	76,70± 5,6	0,40±0,10
Laranja 10%	0,47±0,29	21,90±0,45	4,05±0,05	78,00± 0,45	0,44±0,14
Laranja 5%	0,41±0,23	22,07±1,10	4,15±0,14	77,90± 1,10	0,32±0,20
Branco	0,44 ±0,28	22,67±0,92	4,25±0,09	77,30± 0,92	0,38±0,19

Fonte: Dos autores, 2020.

Legenda: S.S.T.: Sólidos Solúveis Totais,

Nota: Média de duas repetições e seus respectivos desvios padrão.

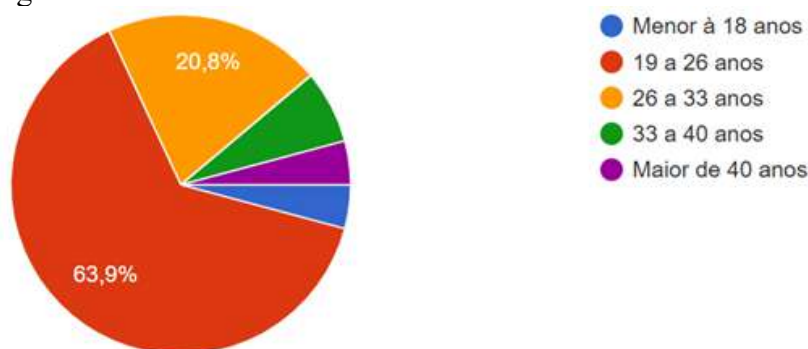
Pesquisa de mercado

Foi elaborado um formulário através da plataforma Google Docs e enviado a contatos de aplicativos de mensagens, obtendo 72 respostas, abordando desde a faixa etária, consumo de caldo de cana, qual frequência e se consumiria caldo de cana pasteurizado adicionado de frutas cítricas em sua composição.

A faixa etária dos entrevistados correspondeu entre 19 a 26 anos com 63,9%, seguido da faixa etária de 26 a 33 anos com 20,8% (Figura 4). Santos (2014) em trabalho com caldo de cana pasteurizado e *in natura* observou que a faixa etária dos provadores que realizaram o teste sensorial era entre 19 e 55 anos. O resultado correlaciona com o estudo de Sanda *et al.* (2016) onde participaram do teste 30 provadores, com idade média de 18 anos.

De acordo com as respostas obtidas verificou-se que 66,7% eram do sexo feminino e apenas 33,3% do sexo masculino. Santos (2014) estudou uma distribuição homogênea em seu estudo com caldo de cana com relação ao sexo, onde participaram da análise sensorial 50 julgadores, sendo 25 homens e 25 mulheres.

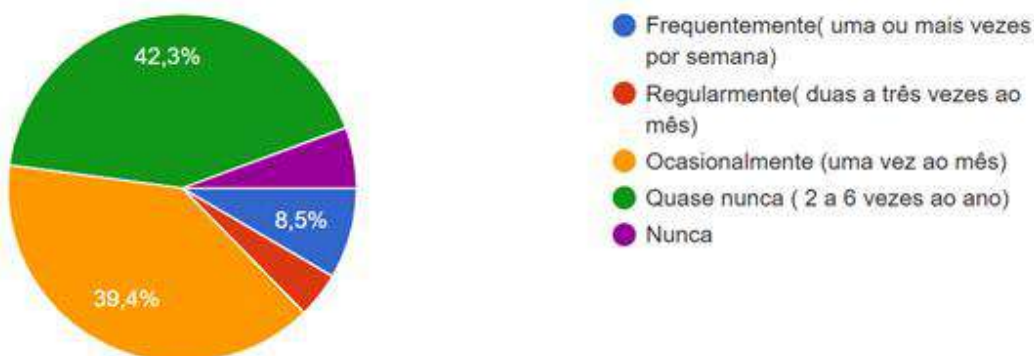
Figura 4 - Faixa etária dos entrevistados



Fonte: Dos autores, 2020.

Quanto ao consumo, 85,9% dos entrevistados responderam consumir caldo de cana, 14,1% responderam não consumir. Porém, a frequência de consumo variou entre consumir ocasionalmente 39,4%, e quase nunca com 42,3%, enquanto 8,5% responderam consumir frequentemente (uma ou mais vezes por semana) (Figura 5). Em estudo Sanda *et al.* (2016) obteve que 78% dos provadores afirmaram que raramente consomem a bebida, enquanto 18% disseram consumir apenas uma vez por semana. Outros afirmaram consumir três vezes por semana, representando 4%. Esses dados indicam a baixa frequência de consumo da bebida, apesar da maioria afirmar consumi-la, devendo ao fato da bebida ser substituída por outras de fácil acesso.

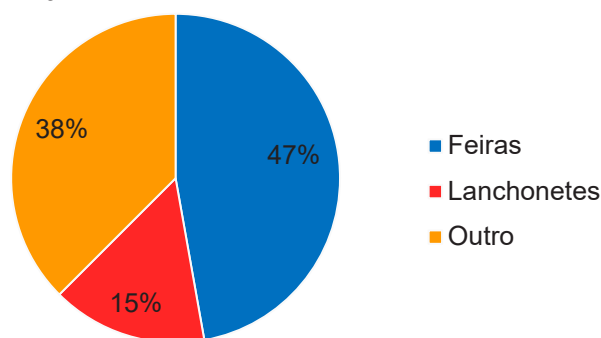
Figura 5 - Frequência de consumo



Fonte: Dos autores, 2020.

Quando abordado onde consumiam o caldo de cana 47% consomem caldo de cana em feiras podendo ser associando ao consumo de pastel em dia de feira, 38% disseram que consome em outro lugar, não especificando, 15% afirmaram consumir a bebida em lanchonetes (Figura 6). Sanda *et al.* (2016) observou que quando questionados sobre os locais de consumo do caldo de cana, 88,9% afirmaram consumir a bebida em feiras e 11,1% na fazenda.

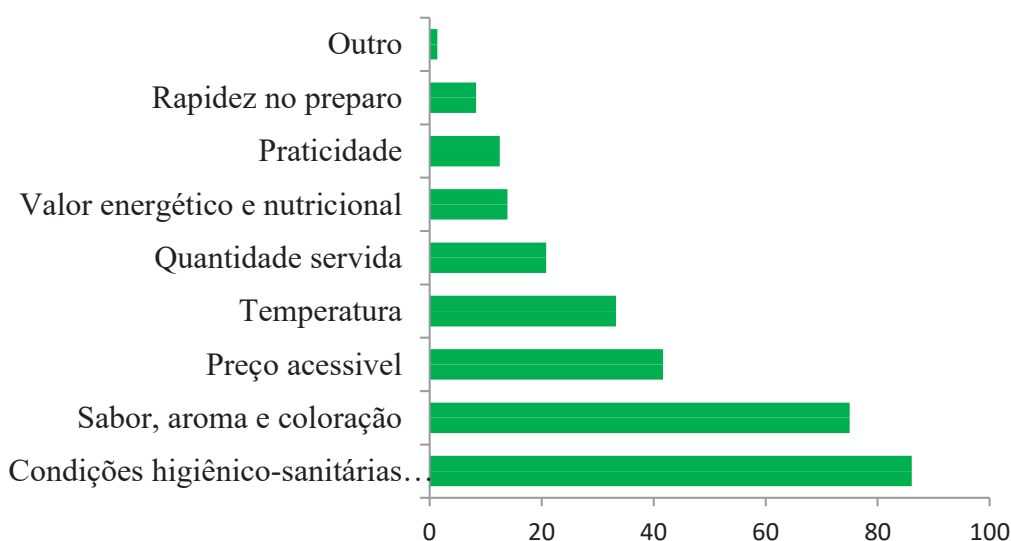
Figura 6 - Local onde consomem caldo de cana



Fonte: Dos autores, 2020.

Os critérios selecionados na hora de comprar o produto são levados em consideração às condições higiênico-sanitárias, 86,1% disseram ser um fator importante na avaliação antes da compra, onde a manipulação do produto também é levada em consideração. O sabor, aroma e coloração também são atributos levados em consideração na hora da compra (Figura 7). O estudo corrobora com Caldas *et al.* (2009), que dentre os critérios avaliados para a compra do caldo de cana os três mais citados foram: condições higiênico-sanitárias adequadas, 69,5%; sabor, 63,7% e preço acessível, 41,9%. A condição higiênico-sanitária também pode ser citada no estudo de Oliveira *et al.* (2007), sendo o comércio de caldo de cana em vias públicas classificado como inadequado por mais da metade dos entrevistados.

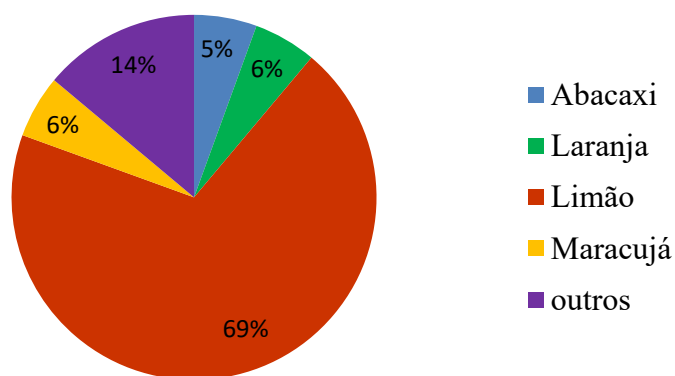
Figura 7 - Critérios levados em consideração na hora de comprar caldo de cana



Fonte: Dos autores, 2020.

Foi abordado sobre a adição de suco de frutas no caldo de cana, 69% dos entrevistados disseram que preferem adicionar suco de limão ao caldo de cana, talvez seja pela diminuição dos açúcares e aumento da acidez, equilibrando entre o gosto doce e ácido, 14% não disseram quais são as preferências de sucos (Figura 8). De acordo com Sanda *et al.* (2016) 70% das pessoas que participaram da pesquisa disseram nunca ter experimentado caldo de cana adicionado frutas ácidas (limão e maracujá).

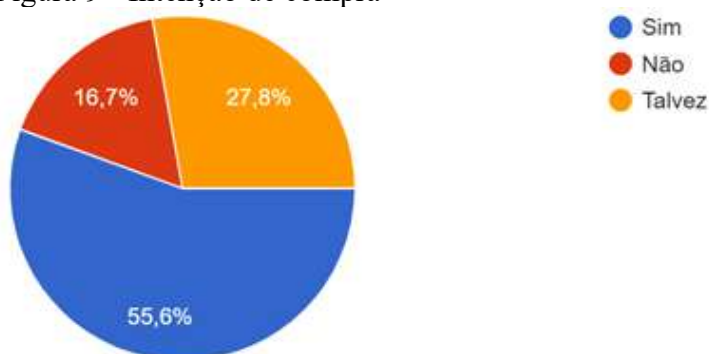
Figura 8 - Preferência por tipo de suco adicionado ao caldo de cana



Fonte: Dos autores, 2020.

Foi abordado se comprariam o suco de caldo de cana pasteurizado adicionado frutas cítricas, 55,6% disseram que comprariam o suco de caldo de cana adicionado polpas frutas, 16,7% não compraria o suco, seguido de 27,8% que talvez comprariam (Figura 9). Em estudo realizado por Machado *et al.* (2013) com caldo de cana adicionado de ácido cítrico e pasteurizado verificaram aceitação superior a 6 (gostei ligeiramente) e de acordo com o teste de intenção de compra, 70,3% dos consumidores provavelmente adquiririam o produto.

Figura 9 - Intenção de compra



Fonte: Dos autores, 2020.

Conclusão

Em suma, por meio deste trabalho, foi desenvolvido um caldo de cana adicionado frutas cítricas, adotando todas as medidas higiênico sanitárias recomendadas, as condições de envase e armazenamento da bebida.

As análises microbiológicas do produto se mantiveram estável, apresentando valores de bolores e leveduras, e *Salmonella sp.* abaixo dos níveis estabelecidos pela legislação brasileira, além de se enquadrar aos limites pré-estabelecidos de psicotróficos. Quanto às análises físico-químicas pode-se observar valores específicos dentro do que a legislação para suco preconiza.

A pesquisa de mercado observou que a maioria dos entrevistados preferem o suco de limão adicionado ao caldo de cana, e o local de maior consumo são feiras, e quanto a intenção de compra disseram que compraria o produto. Isso significa uma boa aceitação das amostras com relação à possível disponibilização no mercado.

A estabilidade do caldo de cana é um processo que demanda de pesquisas, a fim de levar melhorias significativas com relação à produção e envasamento do produto. A adição de frutas cítricas e o processo de pasteurização demonstraram ser eficientes com relação à estabilidade e qualidade do caldo.

Com os resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que a produção da bebida possui características químicas e microbiológicas desejáveis ao consumo humano. Com isto, o produto é passível de mais pesquisas. É importante destacar que a realização de outros testes é imprescindível para apontar a melhoria na qualidade final do produto.

Agradecimentos

Ao professor Dr^o. Alexandre pelos ensinamentos prestados ao longo do experimento. A professora Dr^a. Rosimeire que nos orientou durante todo processo de obtenção da bebida. Aos acadêmicos Wilton, Maria Christina, Iure, Raick que auxiliaram para que conseguíssemos realizar as análises microbiológicas e físico-químicas em meio à pandemia. Agradecemos ao Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - *Campus* Salinas por fornecer materiais e infraestrutura necessários para o desenvolvimento do estudo.

Referências

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS **Official methods of analysis of the association of analytical chemists**. 19 th ed. Arlington, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 19. Estabelece a complementação dos parâmetros de identidade e qualidade para bebidas não alcólicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 19 jun. de 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução –RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 10 jan. 2001.

CALDAS, S. H. *et al.* Avaliação das Condições de Comercialização e Frequência de Consumo de Caldo de Cana pela População de Salvador-BA. **Plurais Revista Multidisciplinar**, v. 1, n. 2, 2010.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento de safra brasileira de cana-de-açúcar, primeiro levantamento, maio/2021. Brasília - DF: Conab, 2021.

KASSADA, A. T. *et al.* Sorbet a base de caldo de cana saborizado artificialmente. **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 5, n. 1, p. 1716-1725, 2015.

KUNITAKE, M. T. **Processamento e estabilidade de caldo de cana acidificado**. 2012. 129f. Dissertação (Mestrado em ciências) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

LOPES, G.; CRESTO, R.; CARRARO, C. N. M. Análise microbiológica de caldos de cana comercializados nas ruas de Curitiba- PR. **Higiene Alimentar**, v.20, n.119, p.73-74, 2004.

MACHADO, D. C. *et al.* Esterilização e engarrafamento de caldo de cana: avaliação sensorial e físico-química. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v.9, n. 16, p. 2771, 2013.

MARQUES, M. O. T. *et al.*, **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal, Gráfica Multipress Ltda., 2006 p. 240.

MATTOS, E. C. *et al.* Molecular detection of Trypanosoma cruzi in açai pulp and sugar cane juice. **Acta Tropica**, v. 176, p. 311-315, 2017.

NISHAD, J.; SELVAN, C.; MIR, S. A. *et al.* Effect of spray drying on physical properties of sugar cane juice powder (*Saccharum officinarum L.*). **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, p. 687-697, 2017.

NORBERG, A. N. *et al.* Análise qualitativa e quantitativa de caldos de cana comercializados na região da Baixada Fluminense, estado do Rio de Janeiro, Brasil, quanto à poluição por *Staphylococcus aureus*. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 2, p. 54-59, 2012.



OLIVEIRA, A. C. G. *et al.* Percepção dos consumidores sobre o comércio de alimentos de rua e avaliação do teste de mercado do caldo de cana processado e embalado em seis municípios do estado de São Paulo, Brasil. **Alimentos Nutrição**, v. 18, n. 4, p. 397-403. 2007. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/181/189>. Acesso em: 22 jun. 2021.

PEREIRA, R. S.; SANTOS, S. P. **Estudo da estabilidade do caldo de cana pasteurizado e adicionado de suco natural de limão**. 2014. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

PRATI, P. *et al.* Estudo da vida de prateleira de bebida elaborada pela mistura de garapa parcialmente clarificada estabilizada e suco natural de maracujá. **Boletim do CEPPA**, v. 22, n. 2, p. 295-310, 2005.

SANDA, A. C. M. M. *et al.* Desenvolvimento de caldo de cana pasteurizado adicionado de frutas ácidas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 1, p. 2064-2078, 2016.

SANTOS, S. S. **O Cultivo da Cana de açúcar no estado de Alagoas: uma análise comparativa dos efeitos de mecanização no estado de São Paulo**. 2011. 103f. Dissertação (Desenvolvimento sustentável) - Universidade de Brasília, Brasil, 2011.

SANTOS, M. A. **Elaboração e avaliação da estabilidade do caldo de cana pasteurizado e refrigerado**. 2014. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Agroindustrial. Universidade Federal do Rio Grande, Santo Antônio da Patrulha, 2014.

SILVA, J. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007, p. 552.

SREEDEVI, P.; RAO, P. S.; KAMESWARI, P. L. Effect of high pressure processing on enzyme inactivation and microbial destruction of sugar cane juice. International. **Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 9, p. 2000-2006, 2017.

SUGANTHI, A.; BHUVANESWARI, K.; RAMYA, M. Determination of neonicotinoid insecticide residues in sugar cane juice using LC/MS/MS. **Food Chemistry**, v. 241, p. 275-280, 2018.

TONDO, E. C.; BARTZ, S. **Microbiologia e Sistemas de Gestão da Segurança de Alimentos**. Porto Alegre: Ed. Sulina, 2011.

24 Capítulo

Leveduras autóctones e alóctones usadas como culturas iniciadoras na fermentação de café cereja (*Coffea arabica*) por processamento via seca

Capítulo 24

Leveduras autóctones e alóctones usadas como culturas iniciadoras na fermentação de café cereja (*Coffea arabica*) por processamento via seca

Claudia Dorta*¹; Renata Bonini Pardo¹; Rafaella Franceschi²; Marie Oshiiwa¹; Ana Carolina Moretti Costa Domingues Almeida³; Adriana Novais Martins⁴

Resumo

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo e a fermentação controlada de sua cereja vem, através de novas iniciativas, acrescentar características sensoriais diferenciadas a uma bebida tradicional, agregando valores e auxiliando com suas classificações dentro da categoria “especiais”. Este trabalho verificou o desempenho microbiológico de leveduras autóctones (Região de Garça-SP) e alóctones (comerciais) usadas como culturas iniciadoras na fermentação de café arábica pelo processo via seca e a inclusão de nuances sensoriais diferenciadas na bebida. Primeiramente, foi feito o isolamento e seleção de levedura regional extraída de fermentação natural de café. Posteriormente, o café Arábica Ouro Verde, numa fazenda de Garça-SP, foi distribuído em quatro fermentações via seca (100 kg de café cereja distribuídos em quatro *bags* de 500 L): T1 = com adição da levedura comercial ORO, T2 = com adição da levedura comercial CIMA, T3 = natural (controle) e T4 = com adição de levedura E regional selecionada. Foram feitas, nas amostras obtidas, análises oficiais de pH, temperatura, sólidos solúveis, microbiológicas e sensoriais (prova de xícaras) por especialistas da empresa Capricônio *Coffes*. Todos os tratamentos fermentativos das cerejas dos cafés testados resultaram num controle de micro-organismos indesejados (diminuição de enterobactérias e bolores), com maior destaque para a fermentação natural. A levedura regional E selecionada mostrou maior adaptação e resultou no maior crescimento (acima de 100 vezes) durante o processo fermentativo. Todas as fermentações resultaram em notas sensoriais elevadas (≥ 85), colocando os cafés dentro da categoria especial, com qualidade excelente, além de que cada tratamento resultou em variadas características sensoriais, aumentando a chance de agradar diferentes segmentos do mercado consumidor.

Palavras-chave: Microaerófila. Microbiota natural. Processamento via seca.

¹Professor de Ensino Superior, Tecnologia em Alimentos, Faculdade de Tecnologia, FATEC Marília-SP.

²Discente, Tecnologia em Alimentos, Faculdade de Tecnologia, FATEC Marília-SP.

³Biomédica, Funcionária Lotada no Laboratório de Microbiologia da FATEC Marília-SP.

⁴Pesquisadora Dra. em Agronomia, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios-APTA/SAA, Marília-SP.

*E-mail para correspondência: dortafatec@gmail.com

Introdução

Com o avanço da tecnologia e desenvolvimento de novos produtos, o mercado vem se tornando cada vez mais amplo e produtivo, com uma biodiversidade inesperada e costumes diversificados. Esta mudança faz diferença para alguns setores econômicos e depende diretamente da tecnologia desenvolvida para cultivo e preparo de café fermentado (GELVEZ, 2017).

O café é uma das bebidas mais consumidas no Brasil, perdendo somente para a água. Este grande avanço de padrões de consumo vem despertando interesse pela inclusão de novos sabores no produto tão apreciado, bem como revelando sua relação com a saúde humana em função de seus compostos químicos, em forma de compostos fenólicos (CHALFOUN; FERNANDES, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2017).

O café em fruta possui naturalmente enzimas e micro-organismos que podem influenciar na qualidade da bebida final, particularmente em seu sabor e aroma, seja por síntese, degradação ou excreção de metabólitos (CHALFOUN; FERNANDES, 2013). Nesse sentido, além de proporcionar um bom ambiente para uma fermentação, a microbiota colabora com a retirada da mucilagem que está acoplada ao grão, acelerando o processo de secagem (EVANGELISTA *et al.*, 2014; HAMDOUCHE *et al.*, 2016).

Outros elementos que alteram a qualidade do café são as etapas anteriores a sua fermentação: manejo, clima, solo, beneficiamento, torra, secagem e, principalmente, a uniformidade dos grãos (FAGAN *et al.*, 2011).

A fermentação controlada do café pode ocorrer por micro-organismos endógenos e exógenos, sendo muito apreciada por pesquisadores e produtores porque traz como consequência a inclusão de sensações organolépticas diferenciadas, além de promover segurança microbiológica por competir com bolores produtores de micotoxina e/ou causar diminuição de bactérias que resultam em alterações sensoriais desfavoráveis. Os micro-organismos mais desejados nesse processo são as leveduras e as bactérias lácticas (PEREIRA *et al.*, 2017).

O processo de fermentação controlada pode ser realizado de maneira seca, semi-seca e úmida, facilitando a obtenção de grãos verdes de qualidade. Em todos esses processos há ação dos micro-organismos presentes no próprio fruto, garantindo uma fermentação de forma natural. Entretanto, ainda podem ser empregadas culturas iniciadoras, sendo mais usual as leveduras, embora bactérias lácticas comecem a conquistar seu nicho nesse segmento de agronegócio (BRESSANI *et al.*, 2018; DORTA *et al.*, 2021; PEREIRA *et al.*, 2017).

No processamento por via seca, os frutos são secos com todas as partes que os constituem, dando origem aos cafés denominados coco, de terreiro ou natural (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012;



SILVA *et al.*, 2012). No semi-seco, os frutos de café são despulpados e a fermentação ocorre diretamente sob o sol, em terreiro e/ou secadores rotativos (VILELA *et al.*, 2010). Com a via úmida, além da retirada total da casca e da polpa, há remoção parcial da mucilagem; e o fato de as sementes serem submetidas ao processo de fermentação em tanques, submersas em grande volume de água, garante a retirada do restante da mucilagem aderida ao pergaminho (BRESSANI, 2017).

Durante o processo de fermentação, as leveduras agregam características diferentes em resposta a cada processamento utilizado, pois um pode ser melhor para o seu desenvolvimento que o outro devido, principalmente, à variação de disponibilidade de oxigênio, temperatura, pH. Quanto mais esses fungos se desenvolverem mais diferenças sensoriais existirão nos grãos de café (GELVEZ, 2017).

O objetivo deste trabalho foi verificar a inclusão de nuances sensoriais positivas e a qualidade microbiológica em café da região cafeeira de Garça-SP submetido à fermentação controlada por via seca com adição de leveduras iniciadoras alóctones e autóctone, acompanhando seus desempenhos fermentativos e a sucessão microbiológica.

Material e Métodos

Material

Café arábica, cultivar Ouro Verde-Vermelho (cereja > 80%), safra 2020, originado da fazenda União - Gleba 2 (Garça/ SP).

Leveduras: comerciais aplicadas em fermentações de café: *Saccharomyces cerevisiae* ORO e CIMA (Laucafé) da Lallemand; Levedura E, isolada e selecionada de fermentações naturais de café da região de Garça por esta equipe de pesquisa (está em processo de identificação pela Fundação André Tosello – Coleção de Culturas Tropical, Campinas-SP).

Métodos

Preparo dos inóculos para a fermentação

Após a verificação de desempenho fermentativo em função de acidificação (pH) e consumo de sólidos solúveis de um meio formulado à base de polpa de café cereja, a levedura E, isolada da fermentação natural com café cereja regional, foi selecionada e submetida aos sucessivos repiques em meio líquido YEPG (extrato de levedura 1% (m/v), peptona 1% (m/v) e glicose 2,5% (m/v)),



adaptado de Pereira *et al.* (2014), até atingir 10 L de meio fermentado, sendo esse usado como cultura inicial do processo.

As Leveduras comerciais escolhidas para o processo fermentativo na fazenda foram as *S. cerevisiae* ORO e CIMA, da Lallamend, a qual comercializa esses fungos para a fermentação controlada de cafés cerejas no Brasil e no mundo. Essas estavam liofilizadas, foram diluídas em água potável, conforme instruções do fabricante, e inoculadas em 100 kg de café cereja acondicionados em *bags*.

Coleta do café e preparo para a fermentação

O café arábica Ouro Verde, com sólidos solúveis 22 °Bx, foi coletado por uma colhedeira regulada para retirar grãos ao ponto cereja a passa.

Posteriormente, o café foi lavado por um processo mecânico, separando os grãos maduros/passas e os grãos verdes para, assim, resultar em fermentações mais uniformes.

Fermentação do café

Os experimentos foram distribuídos em quatro variáveis amostrais: T1 = Fermentação com adição da levedura ORO (10^7 células viáveis/g), T2 = com adição da levedura CIMA (10^7 células viáveis/g) T3 = Fermentação natural (controle) e T4 = com adição da levedura E isolada da região de Garça (10^6 células viáveis/g). Todos os tratamentos foram compostos de 100 kg de café cereja adicionados em *bags* e deixados fermentar por 36 h.

Análises de pH, sólidos solúveis e temperatura durante o processo de fermentação

Utilizando os métodos oficiais do Instituto Adolfo Lutz (ZENEBOON; PASCUET; TIGLEA, 2008), pesou-se cinco gramas de cada amostra em duplicatas, as quais foram individualmente maceradas em cadinhos para obtenção da polpa do grão e semente; em seguida, adicionou-se sobre cada amostra 50 mL de água destilada, agitando-se as misturas por 30 minutos. A partir das amostras prontas, pôde-se fazer individualmente as determinações de teor de sólidos solúveis, por refratômetro de bancada, e de pH, por pHmetro digital. A temperatura foi aferida no local da fermentação por termômetro digital.



Análises microbiológicas

Nas amostras de café cereja pré e pós fermentação foram realizadas, em duplicata, as análises microbiológicas para: bactérias mesófilas aeróbias, através do plaqueamento em superfície no meio PCA com adição de Cetoconazol (100 mg/L); bolores e leveduras em superfície, no PDA acidificado; e enterobactérias em superfície, no meio Macconkey (SILVA *et al.*, 2010).

Secagem do café

Após o processo de fermentação na fazenda, os cafés foram levados para a secagem, primeiramente em terreiro suspenso e depois em terreiro tradicional, por período de 15 a 20 dias, até que atingissem 12% de umidade (Figura 1).

Figura 1 - Secagem do café fermentado na Fazenda União Gleba 2



Fonte: Dos autores, 2020.

Análise sensorial do café

Foram realizadas análises sensoriais por 3 provadores especialistas em café fermentado, na Empresa Capricórnio *Coffees*, seguindo o protocolo do Specialty Coffee Association of America (SCAA, 2008).

Metodologia estatística

Os dados obtidos da nota sensorial foram analisados pelos testes ANOVA, complementado com o Teste de Tukey, no nível de 5% de significância (AYRES *et al.*, 2007; BUSSAB; MORETTIN, 2017).

Resultados e Discussão

Sólidos solúveis, pH e Temperatura aferidos em fermentação de café pelo processo via seca

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos do monitoramento fermentativo (pH, Temperatura e sólidos solúveis) dos cafés.

Tabela 1 - Sólidos solúveis, pH e Temperatura aferidos durante a fermentação controlada por processo via seca

Tempo	Aferições	T1	T2	T3	T4
0 horas	Sólidos solúveis (°Bx)	17	17	17	17
	pH	5,4	5,4	5,4	5,4
	Temperatura °C	26,0	26,0	26,0	26,0
12 horas	Sólidos solúveis (°Bx)	14	11	14	14
	pH	4,8	4,7	4,7	4,8
	Temperatura °C	28,6	28,6	26,0	26,0
18 horas	Sólidos solúveis (°Bx)	9	11	14	10
	pH	4,8	4,7	4,6	4,8
	Temperatura °C	28,6	28,6	26,0	29,0
20 horas	Sólidos solúveis (°Bx)	7	9	14	9
	pH	4,8	4,7	4,5	4,6
	Temperatura °C	31,0	31,3	28,3	30,0
36 horas	Sólidos solúveis (°Bx)	6	5	13	9
	pH	4,8	4,5	4,1	4,8
	Temperatura °C	38,0	37,3	37,6	37,0

Fonte: Dos autores, 2020.

Legenda: T1 = fermentação com adição de *S. cerevisiae* ORO; T2 = com adição de *S. cerevisiae* CIMA; T3 = sem adição de cultura (fermentação natural); T4 = com adição da levedura E (isolada da fermentação natural de café cereja).



Durante o processo fermentativo feito em *bags* houve aumento da temperatura e quando esta atingiu valor próximo a 40 °C, o processo chegou ao término, pois nessas condições podem ocorrer reações indesejadas.

Os Tratamentos com adição das Leveduras comerciais da linha Laucafé da Lallamend (T1 e T2) foram mais eficientes no consumo de sólidos solúveis da polpa do café, chegando a 64,7% e 70,6%, respectivamente, em 36 horas de fermentação. T4, com 47% de consumo, apareceu em seguida.

O maior consumo de sólidos solúveis aumenta a chance de síntese de metabólitos microbianos, sendo alguns deles responsáveis por exercer influência nas características sensoriais apreciadas e diferenciadas no grão do café, mesmo após sua torra.

O tratamento onde não houve adição de cultura iniciadora (T3) resultou no menor consumo (23,5%) de sólidos solúveis. Entretanto, neste processo existiu a maior diminuição de pH (4,1) em 36 h, indicando a maior produção de ácidos orgânicos do que nos outros tratamentos, o que pode ser vantajoso no sentido de ser mais eficiente na remoção da mucilagem da cereja, facilitar a secagem e inibir bactérias indesejadas como as enterobactérias.

De acordo com Muinhos (2019), o processo fermentativo é interrompido quando se atinge o pH 4,0 a 5,0 e sólidos solúveis 8 °Bx. O tempo pode variar de acordo com as condições locais, mas estudos demonstram fermentações positivas próximas de 48h à temperatura de 25 °C. Para temperaturas maiores o tempo deverá ser reduzido.

Em todos os tratamentos, o pH final ficou entre 4,1 a 4,8 em 36 h, estando dentro da faixa desejada (Tabela 1).

Perfil microbiológico do café fermentado

Fermentações bem conduzidas de cafés resultam da diminuição de enterobactérias, clostrídios e bolores após a fermentação e aumento de bactérias lácticas e leveduras (CARVALHO NETO *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2019). Segundo Massawe e Lifa (2010), a ação das bactérias do ácido láctico permite que o pH ácido impeça a proliferação de outras bactérias e favoreçam o crescimento de leveduras. As leveduras estão entre os micro-organismos mais frequentemente isolados na fermentação de grãos de café e são consideradas importantes para o desempenho dessa fermentação e para o desenvolvimento de seus sabores (CARVALHO NETO *et al.*, 2017).

Fermentações indesejadas podem ocorrer dependendo do ambiente, temperatura, maturação dos grãos, cuidados na colheita etc., e geralmente os indutores de defeitos são formados pelos próprios micro-organismos, como, por exemplo: os odores de mofo e de terra, que são atribuídos



principalmente a 2-metil-isoborneol e geosmina, estando presentes e atuando como fermentadores no fruto (CHALFOUN; FERNANDES, 2013).

Os micro-organismos responsáveis pela fermentação natural são espécies autóctones, que se originam como contaminantes do processo, incluindo leveduras (por exemplo, *Pichia*, *Debaryomyces*, *Sacharomyces* e Espécies de *Candida*), bactérias (por exemplo, membros da família Enterobacteriaceae, bactérias do ácido lático e *Bacillus* spp.) e fungos filamentosos (por exemplo, espécies de *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*) (PEREIRA *et al.*, 2014; VILELA *et al.*, 2010).

A Tabela 2 mostra o perfil microbiológico resultante das fermentações. O maior número de leveduras foi obtido no T4, o que poderia ser vantajoso no aspecto sensorial, pois, como discutido anteriormente, esses fungos têm sido citados como os principais responsáveis pela produção de substâncias químicas que imprimem sensações sensoriais apreciadas, capazes elevar o valor de mercado do produto. No T1, houve diminuição de 3,3 vezes do número de células viáveis de *S. cerevisiae* inoculada; no T2 esta permaneceu estável; no T3 (fermentação natural) mostrou aumento de apenas 1,5 vez em relação ao T0; e, em T4, a levedura inoculada resultou num aumento de 280 vezes em 36 h de fermentação. Dessa forma, a levedura autóctone usada como cultura iniciadora no T4, teve maior desempenho ao competir ou interagir com a microbiota natural do café arábica, mostrando que está bem adaptada às condições regionais e de plantio.

Tabela 2 - Perfil microbiológico do café antes e após 36 h de processo fermentativo via seca

Micro-organismos (UFC/g de café)	T 0	T1	T2	T3	T4
Mesófilos totais (Bactérias)	1,52x 10 ⁷	3,2 x 10 ⁷	5,5 x 10 ⁷	4,1 x 10 ⁶	3,2 x 10 ⁸
Enterobactérias	8,0 x 10 ⁶	1,35 x 10 ⁴	1,4 x 10 ⁴	4x 10 ²	7,8 x 10 ⁴
Leveduras	3,4 x 10 ⁷	3,0 x 10 ⁶	1,25 x 10 ⁷	5x 10 ⁷	2,8 x 10 ⁸
Bolores	2,1 x 10 ⁶	nd	nd	nd	nd

Fonte: Dos autores, 2020.

Legenda: T0= café cereja tempo inicial; T1 = fermentação com adição de *S. cerevisiae* ORO; T2 = com adição de *S. cerevisiae* CIMA; T3 = sem adição de cultura (fermentação natural); T4 = com adição da levedura E (isolada da fermentação natural de café cereja); nd = não detectado.

Os micro-organismos autóctones podem ser introduzidos como culturas iniciadoras, tendo vantagens na adaptação durante a fermentação do café, acelerando o processo e homogeneizando-o (FREITAS, 2018).

Após 36 h de fermentação natural (T3), as amostras analisadas no meio PDA mostraram o predomínio de colônias típicas de leveduras da região, também observadas no experimento conduzido pela equipe em 2019: colônias brancas, opacas, grandes e com forte odor floral. Tal ocorrência indica que essa espécie de levedura está bem consolidada às condições ambientais da região de Garça-SP, sobrevivendo de uma safra para outra.

As amostras analisadas ao final das fermentações com adição das leveduras comerciais ORO (T1) e CIMA (T2), em meio de cultura PDA, mostraram predomínio de colônias típicas de *S. cerevisiae*, indicando que, mesmo sofrendo diminuição de sua viabilidade celular no final do processo fermentativo, ainda predominaram sobre as leveduras autóctones. Na fermentação com adição da levedura E (T4) houve o predomínio de colônias típicas dessa levedura.

Na contagem inicial em meio PDA, já era elevada a presença de leveduras no café cereja, predominando as colônias de coloração rosa e, durante a fermentação, elas foram substituídas por leveduras de colônia branca, grande e opaca.

A fermentação dos açúcares pelas enterobactérias é denominada ácido-mista, que produz principalmente ácido láctico, acético etc. Tais micro-organismos estão presentes no próprio ambiente de cultivo do café, podendo auxiliar na retirada da mucilagem. Porém, em grande quantidade produzem substâncias capazes de alterar negativamente o sabor e aroma da bebida (PEREIRA *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2019).

Em T3, a maior redução das enterobactérias (20000 vezes) pode estar relacionada com a maior acidificação ocorrida nesse tratamento. Ainda assim, essa família composta por bactérias Gram-negativas também foi reduzida acima de 100 vezes nos outros tratamentos (T1, T2 e T4).

Os bolores normalmente não são desejados na fermentação por poderem produzir substâncias que resultam em características sensoriais indesejadas ou mesmo em função do risco de liberarem micotoxina, como a Ocratoxina (CHALFOUN; FERNANDES, 2013). O alto número de bolores no café cereja, em seu tempo zero de fermentação, não foi mais detectado dentro da sensibilidade do método de análise após todos os tratamentos fermentativos testados, enfatizando a importância do efeito protetor criado pela microbiota fermentativa desejada.

No processo de fermentação não se tem somente leveduras como micro-organismos iniciadores, há também a presença de mesófilos aeróbios responsáveis por produzirem enzimas que auxiliam na quebra da polpa pectinosa, contribuindo para a retirada da mucilagem do grão e também na produção de aromas e sabores característicos a bebida, preferencialmente sob temperaturas entre

30 a 45°C, que garantem seu melhor desenvolvimento microbiológico (FREITAS, 2018). A Tabela 2 mostra um elevado número desse grupo microbiano nos cafés analisados.

Avaliação sensorial do café fermentado

Segundo a SCAA (2008), as pontuações finais nas provas de xícaras quanto à escala de qualidade são: 90 a 100 = Exemplar, 85-89,99 = Excelente, 80- 84,99 = Muito bom, < 80 abaixo da qualidade especial.

A Tabela 3 mostra as notas obtidas após avaliação sensorial dos cafés fermentados, pela prova de xícaras, por provadores especialistas da Empresa Capricórnio *Coffees*. Segundo eles, todas as amostras de café do presente trabalho foram classificadas dentro da categoria de cafés especiais, sendo consideradas excelentes e de maior valorização no mercado. A maior nota obtida foi em T2, onde houve adição da cultura de levedura comercial CIMA e a menor nota, em T4 (levedura isolada regional), sendo essa diferença considerada significativa ($p < 0,05$). Esse resultado não deprecia a levedura regional utilizada, pelo contrário, mostra que ela tem potencial como as outras já testadas comercialmente no Brasil e no mundo, por ainda produzir uma bebida excelente. Como a levedura E teve um grande crescimento durante a fermentação e mostrou grande adaptação em relação aos demais tratamentos, seria interessante testar um inóculo inicial menor, reduzindo o custo de processo, e podendo resultar em aspectos sensoriais ainda mais equilibrados.

Tabela 3 - Pontuações finais das bebidas originadas de cafés fermentados, após prova sensorial de xícaras

Tratamento	Pontuação Final	Características sensoriais
T1	86,0 ± 0,5 ab ¹	Vinho, uva, borbulhante, amora silvestre, caramelo
T2	88,0 ± 0,5 c	Ameixa, morango, mirtilo, amora, jaboticaba, cereja, amarula
T3	86,5 ± 0,0 b	Morango, cereja, framboesa, romã
T4	85,0 ± 0,5 a	Chocolate amargo, licor, toffee, nutela, amanteigado

Fonte: Dos autores, 2020.

Legenda: T1 = fermentação com adição de *S. cerevisiae* ORO; T2 = com adição de *S. cerevisiae* CIMA; T3 = sem adição de cultura (fermentação natural); T4 = com adição da levedura E (isolada da fermentação natural de café cereja).

Nota: (1) Médias seguidas de mesma letra não diferem.

A adição de culturas iniciadoras nem sempre resultou nas melhores notas comparando-se à fermentação natural, no entanto, contribuíram para agregar novas características sensoriais aos

produtos, aumentando a diversificação destes e ampliando suas chances de suprirem diferentes preferências de mercado.

Bressani *et al.* (2018) avaliaram a ação de leveduras inoculadas diretamente em diferentes métodos de inoculação (café cereja fermentado por via seca em terreiro suspenso) e em baldes durante 16 h antes de ser levado para o terreiro suspenso para secagem ao sol. Os autores verificaram que todos os tratamentos com leveduras diretamente inoculadas apresentaram maiores concentrações de ácidos cítrico e málico quando comparados com o método em balde. As concentrações de cafeína, ácidos clorogênicos e trigonelina, variaram entre os métodos de inoculação. No total, 217 compostos voláteis foram identificados e todos os tratamentos originaram cafés especiais, e o tratamento com *Saccharomyces cerevisiae* 0543 B obteve a pontuação mais alta no teste de xícara, com notas de banana e caju; os outros tratamentos apresentaram sabor de amêndoa, caramelo e frutas amarelas suaves. O tratamento com *Candida parapsilosis* CCMA 0544 inoculado diretamente foi melhor do que o mesmo tratamento inoculado em balde, e o tratamento com *Torulospira delbruekii* CCMA 0684 mostrou bons resultados para ambos os métodos utilizados.

A fermentação controlada e a adição de leveduras na fermentação do café, no atual trabalho, resultou numa influência positiva na qualidade da bebida, onde pode intensificar notas como frutas, chocolate e caramelo.

Partindo-se das notas obtidas com a avaliação do produto final (nos quesitos de corpo, aroma, acidez e adstringência) por uma equipe especializada e considerando-se os resultados observados no presente trabalho de que: 1) a microbiota presente de modo natural no café não fermentado mostrou-se diversificada (T0); 2) a microbiota presente nos cafés fermentados com ou sem a adição do fermentadores iniciantes variou também de acordo com o tipo de processamento adotado (T1, T2, T3, T4); o método de fermentação adotado foi a via seca, empregando-se as frutas inteiras, pode-se sugerir que: 1) o conjunto de medidas adotadas pela equipe ofereceu condições básicas adequadas de umidade, nutrientes, pH e temperatura para desenvolvimento e influência significativamente positiva dos fermentadores em questão; 2) além de auxiliar na retirada da mucilagem e facilitar a secagem do grão, os micro-organismos encontraram à sua disposição abundância de nutrientes na mucilagem que foi mantida no interior da fruta-coco, isto é, no café que não foi descascado e nem despulpado; 3) que houve tempo e condições suficientes para absorção, para o interior dos grãos, de metabólitos produzidos e excretados pelos fermentadores; 4) que é possível realizar a fermentação de cafés com procedimentos que exijam mão-de-obra relativamente menor e, portanto, de menor custo, desde que sejam adotadas medidas suficientes de controle e de acompanhamento de processos (BRESSANI, 2017; BRESSANI *et al.*, 2018; ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012; EVANGELISTA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2008; VILELA *et al.*, 2010).

Conclusão

Todas as fermentações controladas através do processamento via seca, com adição ou não de leveduras, resultaram em cafés especiais, sendo suas bebidas consideradas excelentes, além de resultarem em diferentes e apreciadas características sensoriais, suprimindo as exigências de diversificados grupos consumidores e contribuindo para a qualidade e segurança microbiológica do processo.

Agradecimentos

Agradecemos à empresa Café Granchelli pela parceria durante as fermentações de café e à empresa Capricórnio *Coffees* por fazer a análise sensorial de nossas amostras.

Referências

- AYRES, M. *et al.* **BioEstat**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém; Sociedade Civil Mamirauá: MCT-CNPq, 2007.
- BRESSANI, A. P. P. **Avaliação química e sensorial de café Catuaí amarelo fermentado pelo processamento por via seca com inoculação de leveduras**. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- BRESSANI, A. P. P. *et al.* Characteristics of fermented coffee inoculated with yeast starter cultures using different inoculation methods. **LWT - Food Science and Technology**, v. 92, p. 212-219, 2018.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.
- CARVALHO NETO, D. P. *et al.* Yeast diversity and physicochemical characteristics associated with coffee bean fermentation from the brazilian cerrado mineiro region. **Fermentation**, v. 3, n. 1, p. 2-11, 2017.
- CHALFOUN, S. M.; FERNANDES, A. P. Efeitos da fermentação na qualidade da bebida do café. **Visão Agrícola**, n. 12, p. 105-108, 2013.
- DORTA, C. *et al.* Fermentação de café via úmida com adição de culturas iniciadoras e a inclusão de características sensoriais na bebida. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 579-589, 2021.
- ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by-products. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 488-495, 2012.



EVANGELISTA, S. R. *et al.* Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea Arabica*) fermentation process. **Food Microbiology**, v. 44, p. 87-95, 2014.

FAGAN, E. B. *et al.* Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* sp) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, p. 729-738, 2011.

FREITAS, V. V. **Avaliação da fermentação do café arábica com uso de culturas starters**. 2018. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

GELVEZ, S. J. M. **Improvement characteristics of semi-dry coffee fermentation**. 2017 56 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

HAMDOUCHE, Y. *et al.* Discrimination of post-harvest coffee processing methods by microbial ecology analyses. **Food Control**, v. 65, p. 112-120, 2016.

MASSAWE, G. A.; LIFA, S. J. Yeasts and lactic acid bacteria coffee fermentation starter cultures. **International Journal of Postharvest Technology and Innovation**, v. 2, n. 1, p. 41-82, 2010.

MUINHOS, R. **Buena Vista Café**. Fermentação de café. 2019. Disponível em: https://buenavistacafe.com.br/blog/author/buena_blog_user/. Acesso em: 31 maio 2021.

PEREIRA, G. V. M. *et al.* Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans. **Food Chemistry**, v. 272, p. 441-452, 2019.

PEREIRA, G. V. M. *et al.* Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process. **International Journal of Food Microbiology**, v. 188, p. 60-66, 2014.

PEREIRA, G. V. M. *et al.* Microbial ecology and starter culture technology in coffee processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 13, p. 2775-2788, 2017.

RIBEIRO, M. A. C. *et al.* The influence of instant coffee on the survival rate of *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **International Journal of Health Sciences Research**, v. 7, n. 12, p. 187-192, 2017.

SILVA, C. F. *et al.* Microbial diversity during maturation and natural processing of coffee cherries of *Coffea arabica* in Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 60, n. 2-3, p. 251-260, 2000.

SILVA, C. F. *et al.* Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 29, n. 2, p. 235-247, 2012.

SILVA, C. F. *et al.* Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. **Food Microbiology**, v. 25, n. 8, p. 951-957, 2008.

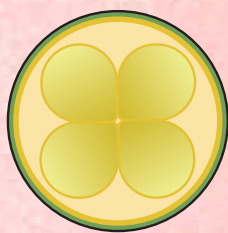
SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA (SCAA). **Protocolo para análise sensorial de café**: Doc V – Portuguese. dez. 2008. Disponível em: http://coffeetraveler.net/wp-content/files/901-SCAA_CuppingProtocols_TSC_DocV_RevDec08_Portuguese.pdf. Acesso em: 3 set. 2020.

VILELA, D. M. *et al.* Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). **Food Microbiology**, v. 27, n. 8, p. 1128-1135, 2010.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ZHANG, S. J. *et al.* Following coffee production from cherries to cup: microbiological and metabolomic analysis of wet processing of *Coffea arabica*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 85, n. 6, 2019.



SIMEALI

IV Simpósio de Engenharia
de Alimentos

www.simeali.com

ORGANIZAÇÃO:

ICA
INSTITUTO
DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS

UFMG
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS

APOIO:



ISBN: 978-65-88389-12-6



9 786588 389126