

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE FARMÁCIA

VINÍCIUS TADEU DA VEIGA CORREIA

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E SENSORIAL DE CREMES DE QUEIJO
ADICIONADOS DE FARINHAS IRRADIADA OU EXTRUSADA DE SORGO**

Belo Horizonte

2020

VINÍCIUS TADEU DA VEIGA CORREIA

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E SENSORIAL DE CREMES DE QUEIJO
ADICIONADOS DE FARINHAS IRRADIADA OU EXTRUSADA DE SORGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dr^a Camila Argenta Fante

Coorientadora: Profa. Dr^a Andreza Angélica Ferreira

Belo Horizonte

2020

C824c Correia, Vinícius Tadeu da Veiga.
Caracterização tecnológica e sensorial de cremes de queijo adicionados de farinhas irradiada ou extrusada de sorgo / Vinícius Tadeu da Veiga Correia. – 2020.
99 f. : il.

Orientadora: Camila Argenta Fante.
Coorientadora: Andreza Angélica Ferreira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos.

1. Queijo – Teses. 2. Sorgo como alimento – Teses. 3. *Sorghum bicolor* L. – Teses. 4. Novos produtos – Teses. 5. Tecnologia de alimentos – Teses. I. Fante, Camila Argenta. II. Ferreira, Andreza Angélica. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Farmácia. IV. Título.

CDD: 664.07



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

PPCCA

FOLHA DE APROVAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E SENSORIAL DE CREMES DE QUEIJO
ADICIONADOS DE FARINHAS IRRADIADA OU EXTRUSADA DE SORGO

VINÍCIUS TADEU DA VEIGA CORREIA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA DE ALIMENTOS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em CIÊNCIA DE ALIMENTOS, área de concentração CIÊNCIA DE ALIMENTOS.

Aprovada em 12 de fevereiro de 2020, pela banca constituída pelos membros:

Profa. Dra. Camila Argenta Fante (Orientadora e Presidente da Comissão)
Faculdade de Farmácia - UFMG

Profa. Dra. Andreza Angelica Ferreira (Coorientadora)
Faculdade de Farmácia - UFMG

Profa. Dra. Ana Paula Coelho Madeira
UFSJ - Campus Sete Lagoas

Profa. Dra. Fernanda Cristina Esteves de Oliveira
UNA/Sete Lagoas

Belo Horizonte, 12 de fevereiro de 2020.

Aos meus pais, Sônia Veiga e Mauro Correia,
com todo o meu amor,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, à Nossa Senhora Aparecida, ao Padre Eustáquio, São Judas Tadeu e ao meu anjo da guarda por toda proteção ao longo desses anos.

Aos meus pais, Sônia Veiga e Mauro Correia por investirem e acreditarem em mim, sem o apoio incondicional de vocês esse sonho não se tornaria realidade.

À minha avó Terezinha, tias (os), primos (as) e amigos de Paraopeba pela confiança, orações, caronas, amizade e boas vibrações. Eu amo vocês!

À Jéssica Martins, que com muito amor permaneceu ao meu lado, me incentivando para chegar até aqui.

À Tia Nadir e Ana Lúcia, por tornarem meus dias em BH mais leves. Obrigado por tudo que vocês fizeram e fazem por mim!

À professora e orientadora Dr^a Camila Argenta Fante, pelos ensinamentos e amizade durante o andamento deste projeto. Obrigado pela paciência e compreensão. À Dr^a Andreza Ferreira, pela coorientação e suporte no trabalho.

Aos professores, Dr. Washington Azevedo, Dr^a Inayara Lacerda, Dr^a Raquel Linhares, Dr^a Aline Arruda, Dr^a Claudia Penna, Dr. Júlio Onésio, Dr. Márcio Tadeu e Dr. Elder Ronchetti pelas contribuições de equipamentos e dúvidas esclarecidas.

À Dani D'Angelis por ser meus braços direito e esquerdo durante a pós-graduação e estadia em Belo Horizonte.

Pelas amizades que fiz durante o Mestrado em Ciência de Alimentos da UFMG, em especial aos amigos Ana Luiza Coeli, Elaine Carvalho, Pâmella Fronza, Kellen Bragança, Udson Bruno, Camila Gonçalves, Maria Clara Coutinho, Amanda Neris, Viviane Medeiros, Ana Luiza Santos e aos companheiros do Departamento de Alimentos, Flávia Campelo, Patrícia Ferreira, Ana Paula da Costa, Letícia Murta, Patrícia Ortis, Natália Cristina e Victor Melo.

Aos técnicos dos laboratórios: Igor Hiroshi, Edna, Maria José (Maju), Ronália Leite, Ludmilla Lima, Elaine Cristina, Dhionne Gomes, Mariana Wanessa, Marina Ladeira e Marco Antônio, por todo auxílio no decorrer da execução deste projeto. Sem vocês nada seria possível.

À Embrapa Milho e Sorgo, em especial, à Dr^a Valéria Queiroz, Rafael Miguel, Renata Regina e Quelle Teixeira por todas as contribuições e análises desenvolvidas.

À Patrícia Lima e à Patrícia Tonaco por me ajudarem quando mais precisei.

À Larissa Gabriele, Mariana Andrade e Tássia Albuquerque pelos momentos de diversão e jogos do Cruzeiro.

Aos amigos da república 204 - Guilherme Oliveira e Erick Amorim pela boa convivência e momentos de descontração.

À banca avaliadora, na presença das queridas professoras Ana Paula Coelho, Fernanda Esteves e Maria Aparecida Teixeira por disporem do tempo e boa vontade para avaliar este trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro por meio do projeto PPM-00618-16.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa de estudos.

“Quando o medo se apossou, trazendo guerra sem sentido, a esperança aqui ficou, segue vibrando e me fez lutar, para vencer, me levantar e assim crescer”.

(Iza e Marcelo Falcão)

RESUMO

O mercado queijeiro mundial vem crescendo a cada ano, e com isso, aumenta-se a necessidade do desenvolvimento de derivados que atendam às novas expectativas dos consumidores, ou seja, alimentos não somente mais saborosos, mas também saudáveis e nutritivos. Dentre a diversidade de produtos que surgiram nos últimos anos no mercado lácteo brasileiro, destacam-se os cremes de queijo que são alimentos de coloração branca-amarelada, frescos e com alta espalhabilidade. A estes podem ser adicionadas ervas finas e/ou cereais, entre outros, buscando melhorias nos aspectos de qualidade e aumento de propriedades nutritivas. Neste contexto, o sorgo aparece como uma boa alternativa, devido à sua versatilidade e composição nutricional. Contudo, em virtude de suas condições de plantio e formas de armazenamento, torna-se susceptível a contaminação microbiana, necessitando de tecnologias alternativas de conservação, com proposta de preservar a composição funcional e os aspectos tecnológicos, sendo a irradiação gama uma alternativa de tratamento. Na primeira etapa deste estudo, objetivou-se avaliar a influência da radiação gama (3 e 5 kGy) sobre as características físico-químicas, antioxidantes, tecnológicas e microbiológicas de farinhas integrais de sorgo (FIS) dos genótipos BRS 305 e SC 319, e a partir deste trabalho, selecionar a melhor farinha a ser adicionada em diferentes formulações de cremes de queijo. Na segunda etapa foram desenvolvidas e caracterizadas diferentes formulações de cremes de queijo adicionados de FIS irradiada ou extrusada do genótipo BRS 305 quanto as propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. A irradiação não interferiu significativamente ($p > 0,05$) na composição centesimal, tecnológica e funcional das FIS avaliadas, bem como nos parâmetros de acidez, pH e atividade de água. Quanto a carga contaminante, o processo reduziu a níveis não detectáveis a contagem de *Bacillus cereus*, bolores e leveduras das FIS avaliadas. A FIS proveniente do genótipo BRS 305 irradiada a 5 kGy foi aquela que apresentou os melhores parâmetros de atividade antioxidante e maior segurança microbiológica, sendo utilizada no processo de desenvolvimento dos cremes de queijo. A adição de sorgo contribuiu para o aumento do aporte de proteínas nos cremes de queijo desenvolvidos, elaboração de produtos mais firmes e com maior conteúdo de antioxidantes. Em termos sensoriais, as formulações desenvolvidas com FIS irradiadas foram àsquelas com os melhores resultados para os parâmetros sabor e impressão global ($p \leq 0,05$), sendo todos os produtos bem avaliados quanto à intenção de compra no mercado. Portanto, a adição de sorgo em cremes de queijo abre perspectivas para a inserção deste cereal em produtos lácteos.

Palavras-chave: Queijo cremoso. *Sorghum bicolor* L. Desenvolvimento de novos produtos.

ABSTRACT

The worldwide cheese market has been growing every year, and as a result, there is an increased need for the development of derivatives that meet consumers' expectations, that is, food not only tastier, but also healthy and nutritious increases. Among the diversity of products that have appeared in recent years in the Brazilian's dairy market, cream cheese stands out, which are foods of yellowish-white color, fresh and with high spreadability. Fine herbs and/or cereals can be added to these, among others, seeking improvements in quality aspects and increased nutritional properties. In this context, the sorghum appears as a good alternative, due to its versatility and nutritional composition. However, due to its planting conditions and storage forms, microbial contamination becomes susceptible, requiring alternative conservation technologies, with a proposal to preserve the functional composition and technological aspects, and gamma irradiation is an alternative treatment. In the first stage of this study, the objective was to evaluate the influence of gamma radiation (3 and 5 kGy) on the physicochemical, antioxidant, technological and microbiological characteristics of whole sorghum flours BRS 305 and SC 319 genotypes, and from this work, select the best flour to be added in different formulations of cream cheese. In the second stage, different formulations of cream cheese added to irradiated or extruded sorghum flour BRS 305 genotype were developed and characterized, as to the physicochemical, microbiological and sensory properties. Irradiation did not significantly interfere ($p > 0.05$) in the centesimal, technological and functional composition of the evaluated sorghum flours, as well as in the parameters of acidity, pH and water activity. Regarding the contaminant load, the process reduced the count of *Bacillus cereus*, molds and yeasts of the evaluated sorghum flours to undetectable levels. The sorghum flour BRS 305 genotype irradiated at 5 kGy was the one that presented the best parameters of antioxidant activity and greater microbiological safety, being used in the process of development of cream cheese. The addition of sorghum contributed to the increase of protein intake in the cream cheese developed, elaboration of firmer products with higher antioxidant content. In sensory terms, the formulations developed with irradiated sorghum flours were those with the best results for the parameters flavor and overall impression ($p \leq 0.05$), and all products were well evaluated for purchase intention in the market. Therefore, the addition of sorghum in cream cheese opens perspectives for the insertion of this cereal in dairy products.

Keywords: Cream cheese. *Sorghum bicolor* L. Development of new products.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1- Mapa de produção agrícola de sorgo no Brasil	21
Figura 2 – Corte transversal de grão de sorgo com presença de TP	24
Figura 3 – Irradiador de alimentos	27
Figura 4 - Radura: símbolo utilizado em produtos irradiados	28

Capítulo III

Figura 1 - Queijo Minas Frescal desenvolvido	71
Figura 2 - Cremes de queijo desenvolvidos	73
Figura 3 - Distribuição de tamanho de partículas das farinhas de sorgo extrusada (FES) e irradiada (FIRS) do genótipo BRS 305	77
Figura 4 - Representação gráfica de cinco amostras de cremes de queijo (□) e seus atributos sensoriais (vetores) utilizados para descrevê-las em duas dimensões da análise de correspondência sobre a frequência apresentada nas questões do teste descritivo CATA ...	87

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1 – Composição centesimal média de FIS e percentual valores de ingestão diária recomendada para uma dieta de 2.000 kcal/dia	23
Tabela 2 – Comparação do creme de queijo com manteiga e margarina em termos de valor energético e porcentagem de gorduras totais	31
Tabela 3 – Utilização do <i>Check-all-that-apply</i> (CATA) na avaliação e desenvolvimento de novos produtos	34

Capítulo II

Tabela 1 – Características físico-químicas: luminosidade, cromaticidade (a^* e b^*), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável - AT (g ac. cítrico.100 g ⁻¹) e atividade de água (Aa) das FIS BRS 305 e FIS SC 319	50
Tabela 2 – Composição centesimal (base seca) das FIS BRS 305 e SC 319 submetidas à radiação gama	52
Tabela 3 – Propriedades tecnológicas: índice de absorção em água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção em óleo (IAO) e índice de absorção em leite (IAL) das FIS BRS 305 e SC 319	54
Tabela 4 – Propriedades antioxidantes: compostos fenólicos totais (CFT), taninos condensados (TC), antocianinas totais (ATC) e atividade antioxidante pelo método ABTS (AA) das FIS BRS 305 e SC 319	56
Tabela 5 – Análise microbiológica das FIS dos genótipos BRS 305 e SC 319 tratadas com diferentes doses de irradiação gama (0, 3 e 5 kGy)	58

Capítulo III

Tabela 1 - Ingredientes utilizados nas formulações dos cremes de queijo adicionados de farinhas de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305	72
--	----

Tabela 2 - Teores de amido resistente em farinhas de sorgo irradiada (FIRS) e extrusada (FES) do genótipo BRS 305	78
Tabela 3 - Caracterização físico-química do queijo Minas frescal elaborado	79
Tabela 4 - Caracterização físico-química de cremes de queijo adicionados de farinhas de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305	80
Tabela 5 - Teor em base seca de fenólicos totais, taninos condensados e atividade antioxidante de formulações de cremes de queijo: controle e com adição de farinhas de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305	82
Tabela 6 - Análise instrumental de textura para os cremes de queijo controle e desenvolvidos com farinha de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305	83
Tabela 7 - Análises microbiológicas de cremes de queijo adicionados de farinhas de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305	85
Tabela 8 - Médias dos atributos sensoriais e intenção de compra de cremes de queijo adicionados ou não de FIS do genótipo BRS 305	86

LISTA DE EQUAÇÕES

Capítulo II

Equação 1 – Teor de carboidratos totais	47
Equação 2 – Valor energético das amostras	47
Equação 3 – Índice de absorção em água	47
Equação 4 – Índice de solubilidade em água	47
Equação 5 – Índice de absorção em óleo	48
Equação 6 – Índice de absorção em leite	48
Equação 7 – Teor de taninos condensados	49

Capítulo III

Equação 1 – Teor total de amido	70
---------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

° - Graus

°C – Graus Celsius

± - Mais ou Menos

> – Maior

≤ - Menor ou igual

' – Minutos

% - Porcentagem

” – Segundos

Aa – Atividade de água

AA – Atividade Antioxidante

ABIQ – Associação Brasileira das Indústrias de Queijo

ABTS – Radical 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

AC – Análise de correspondência

ALM – Alimentos

ANOVA – Análise de variância

ANR – Amido não resistente

AOAC – *Association of Official Agricultural Chemists*

AR – Amido resistente

AT – Acidez titulável

ATo – Amido total

ATC – Antocianinas Totais

Ca – Calcio

CATA – *Check all that apply*

CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

CFT – Compostos Fenólicos Totais

CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

CNS – Conselho Nacional da Saúde

cm – Centímetros

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DNA – Ácido desoxirribonucleico

DRC – Doença de Chronickidney

EAG – Equivalente de ácido gálico

EC – Equivalente de catequina
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
eq – Equação
ESP – Espalhabilidade
ET – Equivalente de Trolox
FAFAR – Faculdade de Farmácia
Fe – Ferro
FIS – Farinhas integrais de sorgo
FIRS – Farinha irradiada de sorgo
FES – Farinha extrusada de sorgo
 g – Força G
g – Gramas
Gy – Gray
h – Hora
ha – Hectare
HCl – Ácido Clorídrico
Hz – Hertz
IAA – Índice de absorção em água
IAL – Índice de absorção em leite
IAO – Índice de absorção em óleo
IDR – Ingestão diária recomendada
ISA – Índice de solubilidade em água
kcal – Quilocaloria
kg – Quilograma
kGy – Kilogray
 L^* - Luminosidade
log – logaritmo
 μmol – Micromol
 μL – Microlitros
 μg – Microgramas
m – Metros
M – Molar
min – Minutos

Met – Metionina

mg – Miligramas

MG – Minas Gerais

mil – Milhares

mL – Mililitros

mm – Milímetros

nm – Nanômetros

p – peso

P – Fósforo

pH – Potencial hidrogeniônico

PH₃ – Fosfina

Phe – Fenilalanina

PIQ – Padrões de Identidade e Qualidade

RA – Retenção de água

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

TABNUT – Tabela de Composição Química dos Alimentos

TC – Taninos Condensados

TCLE – Termo de Consentimento Livre Esclarecido

TP – Testa Pigmentada

TROLOX – 6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico

UFC – Unidade Formadora de Colônia

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFSJ – Universidade Federal de São João del-Rei

USDA – *United States Department of Agriculture*

v – Volume

VE – Valor energético

w – Watts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	19
2 OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral	20
2.2 Objetivos específicos	20
 CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLOGRÁFICA	
1 Sorgo	21
1.1 Aspectos gerais, nutricionais e alimentação	21
1.2 A utilização de sorgo no desenvolvimento de novos produtos	24
2 Farinha extrusada de sorgo	25
3 Irradiação gama em alimentos	27
4 Queijo Minas Frescal	29
5 Cremes de queijo	31
6 Análise Sensorial	32
 CAPÍTULO II - EFEITO DA IRRADIAÇÃO GAMA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE FARINHAS INTEGRAIS DE SORGO DOS GENÓTIPOS BRS 305 E SC 319	
RESUMO	43
1 INTRODUÇÃO	44
2 MATERIAL E MÉTODOS	45
2.1 Obtenção da matéria-prima	45
2.2 Irradiação das farinhas	45
2.3 Análises físico-químicas	46
2.3.1 Coloração	46
2.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)	46
2.3.3 Acidez titulável	46
2.3.4 Atividade de água	46
2.3.5 Composição centesimal	46
2.4 Análises tecnológicas	47
2.4.1 Índice de absorção em água (IAA)	47
2.4.2 Solubilidade em água (ISA)	47
2.4.3 Índice de absorção em óleo (IAO)	48
2.4.4 Índice de absorção em leite (IAL)	48

2.5 Análise de antioxidantes	48
2.5.1 Compostos fenólicos totais	48
2.5.2 Taninos condensados	48
2.5.3 Antocianinas totais	49
2.5.4 Atividade antioxidante – método ABTS	49
2.6 Análises microbiológicas das farinhas	49
2.7 Delineamento experimental	49
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.1 Análises físico-químicas	50
3.2 Análises tecnológicas	53
3.3 Propriedades antioxidantes	56
3.4 Análises microbiológicas	58
4 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

CAPÍTULO III - INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FARINHAS DE SORGO IRRADIADA OU EXTRUSADA NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, ANTIOXIDANTES E SENSORIAIS DE CREMES DE QUEIJO

RESUMO	67
1 INTRODUÇÃO	68
2 MATERIAL E MÉTODOS	69
2.1 Material	69
2.2 Métodos	69
2.2.1 Processo de extrusão e irradiação	69
2.2.2 Caracterização das farinhas de sorgo	70
2.2.3 Elaboração de Queijo Minas Frescal	71
2.2.3.1 Análise físico-química de queijo Minas Frescal	71
2.2.4 Processamento dos cremes de queijo	72
2.2.5 Análises Estatísticas	76
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4 CONCLUSÃO	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	90
APÊNDICES	96

1. INTRODUÇÃO GERAL

Derivados lácteos, sobretudo, os queijos, têm sido largamente utilizados no desenvolvimento de novos produtos, devido a sua grande aceitação pelo mercado consumidor, em virtude de suas características nutritivas e sensoriais. No segmento queijeiro, existe uma tendência de mercado, que tem migrado do consumo de produtos convencionais, para a aceitação de alimentos diferenciados, elaborados com ingredientes bioativos e maior valor agregado.

Os cremes de queijo surgem como destaques nessa categoria, permitindo a adição de várias matérias-primas, tanto para incrementar o sabor e a textura, quanto para melhorar os aspectos nutritivos. Neste contexto, são produtos considerados bons veículos para adição de farinhas integrais de sorgo, reconhecidamente nutritivas e com genótipos ricos em compostos funcionais, como as antocianinas e taninos condensados.

O presente trabalho está estruturado em três capítulos. No Capítulo I, é apresentada a revisão bibliográfica sobre o sorgo e desenvolvimento de novos produtos com este cereal, bem como informações sobre os queijos Minas Frescal, cremes de queijo, processos de extrusão, irradiação gama em alimentos e análise sensorial. O Capítulo II fornece informações sobre o efeito da irradiação gama nas características físico-químicas, tecnológicas, antioxidantes e microbiológicas de diferentes farinhas integrais de sorgo (FIS), já o Capítulo III, trata-se da elaboração e caracterização de diferentes formulações de cremes de queijo elaborados com FIS irradiada ou extrusada.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da adição de farinhas integrais de sorgo irradiada ou extrusada nas características tecnológicas e sensoriais de cremes de queijo.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da radiação gama nas características físico-químicas, tecnológicas, funcionais e microbiológicas de farinhas de sorgo dos genótipos BRS 305 e SC 319;
- Selecionar e adicionar em cremes de queijo a farinha com as melhores características avaliadas;
- Caracterizar as farinhas de sorgo (irradiada ou extrusada) adicionadas em cremes de queijo, quanto a granulometria e conteúdo de amido resistente;
- Desenvolver e caracterizar a massa base de queijo Minas Frescal;
- Produzir e caracterizar cremes de queijo com adição de farinha irradiada ou extrusada de sorgo, em diferentes concentrações;
- Verificar a influência da adição de farinhas integrais de sorgo contendo taninos em cremes de queijo quanto as propriedades sensoriais.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

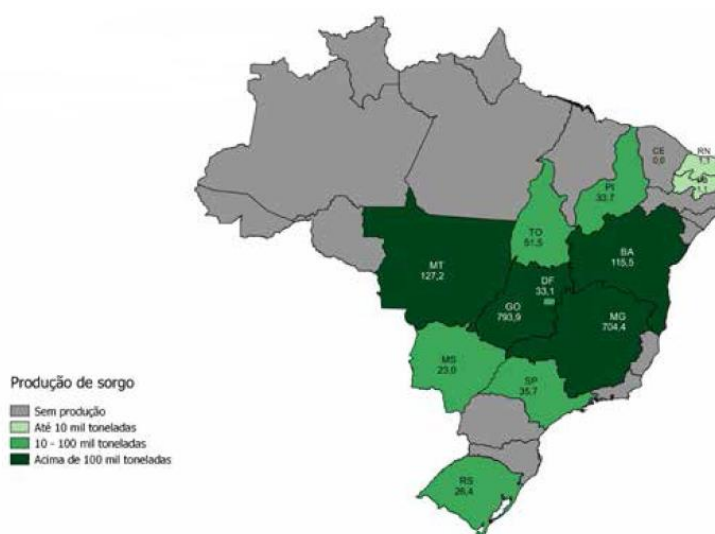
1. Sorgo

1.1 Aspectos gerais, nutricionais e alimentação humana

Originário da África Central, pertencente à família Poaceae, inicialmente reconhecido nas regiões da Etiópia e Sudão e depois difundido para o continente asiático, o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma espécie tropical, cultivada majoritariamente para elaboração de ração animal, forragem e combustíveis, sendo considerado um dos cereais mais importantes e cultivados em todo o mundo (AFIFY *et al.*, 2011; MENEZES *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2012). Ressalta-se que o interesse no seu uso como alimento humano tem crescido nos últimos anos, em virtude das características nutricionais, menor custo de produção e tolerância à seca (AWIKA; RONNEY, 2004; MARTINO *et al.*, 2012; PAIVA *et al.*, 2018).

Devido à tolerância a seca, o sorgo torna-se um alimento de destaque em regiões áridas e semiáridas, como Índia e planícies do sul dos Estados Unidos. No Brasil, o cultivo desta planta é realizado durante o período de segunda safra, entre os meses de fevereiro a julho, apresentando grande expansão em várias regiões agrícolas (TARDIN *et al.*, 2013). Este cereal ocupa a sétima posição de cultura mais plantada no país, com área de cultivo de 782,2 mil ha, distribuídos predominantemente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste. Dentre os maiores estados produtores (Figura 1), destacam-se Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia com produtividade de 790,9 mil, 704,4 mil, 127,2 mil e 115,5 mil toneladas, respectivamente, com média nacional estimada de 2.472 kg ha⁻¹, na safra de 2018/2019 (CONAB, 2019).

Figura 1 - Mapa da produção agrícola de sorgo no Brasil



Fonte: CONAB (2019).

CAPÍTULO I

Não é usual o consumo de sorgo na alimentação humana brasileira, dado que esse cereal é cultivado visando, principalmente, a produção de grãos, a fim de contemplar a demanda das indústrias de ração animal (TALEON *et al.*, 2012). Entretanto, com a crescente procura por produtos mais nutritivos e com apelo funcional para humanos, alguns genótipos têm sido estudados e utilizados na elaboração de alimentos ou como substitutos de ingredientes em produtos cárneos, lácteos e de panificação/doceria, uma vez que os grãos de sorgo possuem uma extensa variedade de cores de pericarpos (branco, amarelo-limão, bronze, marrom, vermelho, preto), formatos e diferentes tamanhos (DO PRADO *et al.*, 2019; DYKES *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2020; PAIVA *et al.*, 2018).

Este cereal possui concentrações expressivas de fibras alimentares, amido resistente, vitamina E e fonte de minerais, como potássio, fósforo e zinco. Além disso, pode ser utilizado como substituto do trigo em produtos de panificação, uma vez que é isento de glúten, sendo considerado seguro para consumo de indivíduos celíacos ou intolerantes à esta proteína (ANUNCIAÇÃO *et al.*, 2017; DYKES; ROONEY, 2006; MARTINO *et al.*, 2012; PAIVA *et al.*, 2017; PONTIERI *et al.*, 2013; QUEIROZ *et al.*, 2015; TEIXEIRA *et al.*, 2016).

Os grãos de sorgo apresentam-se como boa fonte de energia, carboidratos e proteínas, possuindo valor energético total da farinha em média 350 kcal.100 g⁻¹. O teor de proteínas situa-se entre 7 a 15%, variando em função do genótipo avaliado, sendo o perfil de aminoácidos afetado pela influência genética e condições ambientais. Em relação à fração lipídica, esta representa em torno de 3% de sua composição nutricional, estando presente nas concentrações dos principais ácidos graxos, como ácido oleico (31,1 a 48,9%), ácido linoleico (27,6 a 50,7%) e palmítico (11,7 a 20,2%) (MARTINO *et al.*, 2012; QUEIROZ *et al.*, 2011). Ricos em vitaminas do complexo B e vitaminas lipossolúveis, também podem ser fonte de compostos bioativos, representados por duas grandes categorias que são os ácidos fenólicos e flavonoides, responsáveis pela coloração, aroma e por sua estabilidade oxidativa (DICKO *et al.*, 2006).

Ainda considerando o seu valor nutricional, na Tabela 1 encontra-se a composição centesimal média de farinhas integrais de sorgo segundo Martino *et al.* (2012).

Tabela 1 - Composição centesimal média de FIS e percentual de valores de ingestão diária recomendada (IDR) para uma dieta de 2.000 kcal.dia⁻¹.

Nutrientes	Porção de 100g*	IDR (%)**
Água	12,05 g	-
Valor energético total	314 kcal	17,95
Proteína	10,61 g	11,24
Lipídios	2,32 g	6,07
Cinzas	1,47 g	-
Carboidratos	62,68 g	25,54
Fibra alimentar total	10,87 g	26,40

*(MARTINO *et al.*, 2012) **(INSTITUTE OF MEDICINE US, 2003).

O grão de sorgo é constituído por diferentes estruturas anatômicas, o pericarpo, testa, endosperma e o gérmen. Via de regra, os polissacarídeos não amiláceos, compostos fenólicos e carotenoides encontram-se em maiores concentrações no pericarpo e na testa do grão, já o endosperma corresponde ao tecido de armazenamento de amido, proteínas e vitaminas do complexo B. Por fim, no gérmen estão majoritariamente os lipídios e algumas vitaminas lipossolúveis (CARDOSO *et al.*, 2014). São estas distinções responsáveis pelas características de qualidade tecnológica, nutricional e funcional deste cereal.

De acordo com estudos preliminares *in vitro* e *in vivo*, os compostos bioativos presentes no sorgo estão relacionados à prevenção de doenças, incluindo diabetes, certos tipos de cânceres, doença renal, hipertensão e obesidade (AWIKA; ROONEY, 2004; CARDOSO *et al.*, 2014; LOPES *et al.*, 2018; MORAES *et al.*, 2012). As antocianinas, especialmente as 3-desoxianocianinas, compreendem a classe mais estudada de flavonoides em grãos de sorgo, apresentando vantagens comerciais quando comparadas às antocianinas de frutas e hortaliças, em relação à estabilidade a variações de pH e temperatura, sendo consideradas corantes alimentícios naturais (AWIKA; ROONEY; WANISKA, 2004; QUEIROZ *et al.*, 2014; QUEIROZ *et al.*, 2018).

Em genótipos de sorgo com testa pigmentada (TP) e localizados logo abaixo do pericarpo (Figura 2), os taninos encontrados são do tipo condensados, conhecidos como proantocianidinas e possuem alto peso molecular (DYKES; ROONEY, 2006). A importância destes compostos relaciona-se ao papel agrônomo do nutriente ao reduzir a predação de aves e danos ao grão pré e pós-colheita (KAUFMAN *et al.*, 2012). Além disso, os taninos estão associados a benefícios à saúde em função de sua ação antioxidante, atividade

CAPÍTULO I

imunomoduladora, anticancerígena, cardioprotetora e efeito antitromóticos. Ainda, podem se ligar a proteínas e carboidratos, auxiliando na redução da disponibilidade calórica, tornando-se opção de consumo para indivíduos com dietas especiais para perda de peso (LESSCHAEVE; NOBLE, 2005; MORAES *et al.*, 2012; WU *et al.*, 2012).

Figura 2 - Corte transversal de grão de sorgo com presença de TP



Fonte: CHESSA (2011).

Neste contexto, o sorgo torna-se uma excelente opção como ingrediente no desenvolvimento de novos produtos mais nutritivos e funcionais.

1.2 A utilização do sorgo no desenvolvimento de novos produtos

Em 2007, com o objetivo de estimular o consumo de sorgo no Brasil, iniciaram-se estudos com o propósito de desenvolver e avaliar produtos alimentícios com adição de farinha de sorgo integral, para a viabilização do consumo desse cereal por humanos (QUEIROZ *et al.*, 2012). Justificado pela busca por alimentos saudáveis e economicamente viáveis, a utilização do sorgo no desenvolvimento de novos produtos surge como proposta para diversificação de formulações, oferecendo uma infinidade de opções para o público em geral, principalmente para os celíacos e intolerantes ao glúten.

Diversos produtos à base de sorgo já foram propostos em trabalhos acadêmicos, sendo a barra de cereal com pipoca de sorgo um dos primeiros alimentos a serem desenvolvidos; e posteriormente avaliada quanto à sua vida útil (PAIVA; QUEIROZ; RODRIGUES, 2012). Em conjunto com outros ingredientes, o sorgo também já foi utilizado em formulações de produtos como: cookies (FERREIRA *et al.*, 2009), pães (MACEDO *et al.*, 2017), churros (CORREIA *et al.*, 2016), cervejas (RODRÍGUEZ; AGUILAR; SILVA, 2018), massas secas (PAIVA; QUEIROZ; GARCIA, 2019), podendo atingir dessa forma, uma gama significativa de setores alimentícios.

Na indústria cárnea, por exemplo, devido à suas propriedades tecnológicas e nutricionais, o sorgo torna-se um excelente substituto de ingredientes em produtos como

CAPÍTULO I

hambúrgueres bovinos (DO PRADO *et al.*, 2019), visando principalmente a redução do teor de gordura e alérgenos, como a soja. Na fabricação de doces, o corante natural extraído do pericarpo do grão por extração em água acidificada, pode ser aplicado na elaboração de balas de goma (BARBOSA; QUEIROZ, 2018) e seu caldo utilizado na fabricação de melado (SILVEIRA *et al.*, 2011).

Embora estudos envolvendo a incorporação de sorgo em produtos lácteos ainda sejam escassos, o desenvolvimento de novos produtos adicionados de farinhas de sorgo torna-se uma excelente alternativa para o enriquecimento nutricional destes alimentos. Nesta linha de pesquisa, Lopes *et al.* (2018) propuseram o desenvolvimento de leites não fermentados probióticos acrescidos deste cereal, para avaliação de seus benefícios em indivíduos com doença renal crônica. Adicionalmente, Oliveira *et al.* (2020) desenvolveram formulações de iogurte grego contendo farinhas integrais de sorgo com e sem tanino e avaliaram o potencial antioxidante e a aceitação sensorial das mesmas.

Diante deste contexto, estima-se que a maior divulgação de estudos e informações sobre as propriedades benéficas desta matéria-prima contribuirá para a incorporação de sorgo em diferentes matrizes alimentares.

2. Farinha extrusada de sorgo

A extrusão é um processo de cozimento que relaciona uma variedade de parâmetros, sendo eles: velocidade de rotação, cisalhamento mecânico, umidade, pressão e temperatura. Que combina operações unitárias como mistura, cocção, amassamento, formação, moldagem e fornece inúmeras reações e alterações químicas da matriz alimentícia, como inativação enzimática e de microrganismos, desnaturação de proteínas, gelatinização de amido e liberação de compostos fenólicos complexos (MORENO *et al.*, 2018).

É utilizada com o objetivo de transformar o alimento e fornecer arranjos moleculares entre seus componentes, com princípio básico da conversão de um material sólido em fluído, pela aplicação de calor e trabalho mecânico, forçando sua passagem através de uma matriz, para formação de produto com características físicas e geométricas pré-determinadas (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005).

Dentre os efeitos positivos produzidos pelo processo de extrusão em farinhas de sorgo tem-se a melhoria das suas características nutricionais; com o favorecimento da digestibilidade do amido e proteínas mais disponíveis, além do acréscimo das concentrações de compostos fenólicos extraíveis e maior identificação destes nas amostras extrusadas (CAMPELO *et al.*, 2020). O produto plastificado, com baixo teor de água, é comprimido, expandido e formatado

CAPÍTULO I

segundo a matriz utilizada, aumentando desta forma a digestibilidade dos alimentos de acordo com as condições de processo (CARVALHO *et al.*, 2014). Devido a estas características, os atributos nutricionais, funcionais e tecnológicos da farinha extrusada de sorgo estão sendo estudados nos últimos anos (ARBEX *et al.*, 2018; CAMPELO *et al.*, 2020; DE SOUZA *et al.*, 2018; LLOPART *et al.*, 2014; LOPES *et al.*, 2018).

Ao avaliarem o efeito da ingestão de farinha extrusada de sorgo (FES) do genótipo SC 319 por camundongos obesos, Arbex *et al.* (2018) observaram que este cereal possui potencial de uso como alimento funcional, pois o seu consumo está associado a diminuição do risco metabólico de obesidade, adiposidade e inflamação dos tecidos, com a reposição total e/ou parcial de fibras e carboidratos.

De Souza *et al.* (2018) concluíram que o consumo de FES melhorou a disbiose intestinal de camundongos obesos alimentados com dieta hiperlipídica, acompanhado pela redução de marcadores inflamatórios como (NF- κ B) e da proteína resistina. Adicionalmente, contribuiu para diminuição do estresse oxidativo, associado ao aumento da capacidade antioxidante total e inibição de espécies reativas.

Ao avaliarem o efeito do sorgo extrusado adicionado em leite probiótico não fermentado consumido por indivíduos com doença de Chronickidney (DRC), Lopes *et al.* (2018) constataram que o produto contendo FES do genótipo BRS 305, com tanino, apresentou características adequadas ao consumo de pacientes, uma vez que a ingestão deste cereal, combinada com leite probiótico contendo *Bifidobacterium longum* BL-G301, melhorou a inflamação e o estresse oxidativo em indivíduos acometidos com DRC em hemodiálise.

O efeito do processo de extrusão sobre as condições físicas e propriedades nutricionais do grão de sorgo vermelho foi avaliado por Llopart *et al.* (2014). Os autores observaram o aumento da digestibilidade de proteínas, redução da lisina e manutenção da bioacessibilidade de Fe nas amostras extrusadas em comparação com grãos crus. Além disso, foi possível selecionar o extrusado obtido a 182 °C com 14% de água como aquele com as melhores características físico-químicas, sensoriais e de hidratação.

De acordo com Campelo *et al.* (2020) o efeito do processo de extrusão em farinhas de sorgo dos genótipos SC 319 e BRS 332 acarretou o aumento dos teores de fibras e carboidratos e diminuição do conteúdo de cinzas e lipídeos das amostras avaliadas. Condições estas atribuídas a maior proporção de matéria seca nas amostras extrusadas, formação de ácidos graxos complexos e amilose, quebra total ou parcial e gelatinização dos grânulos de amido dos grãos.

CAPÍTULO I

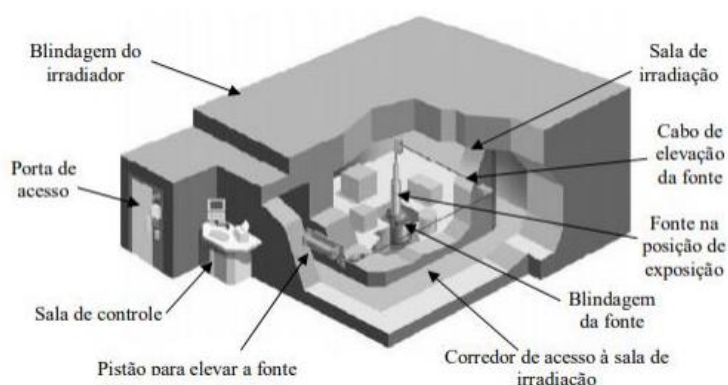
Estima-se que elevadas temperaturas utilizadas no processamento de extrusão do sorgo favorecem a redução do grau de polimerização de taninos, fragmentando também a estrutura de arabinoxilanos, o que aumenta a biodisponibilidade destes constituintes e seus efeitos biológicos a saúde, como a redução da energia metabolizável do produto e maior palatabilidade em termos sensoriais (CARDOSO *et al.*, 2015; LOPEZ *et al.*, 2016).

3. Irradiação gama em alimentos

Refere-se como radiação a energia que se move por meio do espaço na forma de ondas eletromagnéticas, tais como micro-ondas, infravermelhas, ultravioletas e raios gama, ou seja, são processos condicionados à um evento físico de emissão e propagação de energia (CNEN, 2014). Nos alimentos, um dos procedimentos de irradiação mais utilizado baseia-se na difusão de uma faixa específica de energia eletromagnética chamada de radiação ionizante com raios gama (TEZZOTO-ULIANA *et al.*, 2015).

A irradiação gama é aplicada em alimentos objetivando principalmente melhorar sua segurança e estabilidade, tornando-se uma alternativa viável na preservação e conservação de grão e seus derivados (COSTA; DA SILVA; OLIVEIRA, 2013). É um processo conservativo não térmico que possui capacidade de eliminar os microrganismos indesejáveis, sem proporcionar efeitos negativos que o calor causa no sabor, cor e valor nutritivo dos alimentos (CABO VERDE *et al.*, 2013; KHATTAK; SIMPSON; IHASNULLAH, 2008). O tratamento com radiação gama pode controlar efetivamente microrganismos deteriorantes, patogênicos e infestações de insetos, prevenindo desta forma o uso de fumigantes altamente tóxicos, como a fosfina (PH₃), utilizados principalmente no controle de insetos em grãos armazenados (AGÚNDEZ-ARVIZU *et al.*, 2006). Na Figura 3, tem-se o esquema de um irradiador de alimentos.

Figura 3 - Irradiador de alimentos



Fonte: Rodrigues Junior (2014).

CAPÍTULO I

No Brasil, as fontes de radiações autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear para utilização em estudos com alimentos são os isótopos radioativos emissores de raios gama, por meio das fontes cobalto-60 e césio-137 (SILVA; ROZA, 2010). O processo de irradiação inicia-se quando os produtos embalados ou a granel a serem irradiados são transportados até a sala de irradiação; esta deve ser licenciada, regulamentada e inspecionada pelas autoridades nacionais de segurança radiológica e de saúde. Posteriormente, são fornecidos os parâmetros para que a fonte seja exposta em volta da matéria-alvo, que quando não utilizada é alojada em uma piscina funda contendo água, abaixo do nível do piso de funcionamento, servindo como blindagem absorvedora de energia, para assegurar que a radiação ionizante não escape para fora da sala (RODRIGUES JUNIOR, 2014).

A eficiência do processo de irradiação é dependente de diversos fatores, como por exemplo, composição química do produto, presença ou ausência de oxigênio, seu estado físico, a concentração de microrganismos e sua radiorresistência, na qual quanto maior a complexidade do ácido desoxirribonucleico (DNA), maior a sensibilidade à exposição a irradiação (LIMA FILHO *et al.*, 2012).

De acordo com a RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001, que regulamenta as normas para a utilização da irradiação em alimentos no Brasil, qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar a finalidade pretendida e que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou atributos sensoriais do alimento. A legislação preconiza que os alimentos irradiados sejam rotulados com a frase: “Alimento tratado por processo de irradiação” (BRASIL, 2001) e como condição opcional podem possuir no rótulo o símbolo Radura (Figura 4), que é o símbolo internacional de radiação ionizante (MAHERANI *et al.*, 2016).

Figura 4 – Radura: símbolo utilizado em produtos irradiados.



Fonte: MPR, 2001.

Segundo Kume *et al.* (2009), mais de 60 países possuem legislação que aprovam a utilização da tecnologia irradiante em torno de 100 tipos de alimentos, sendo esse processo

CAPÍTULO I

aprovado por órgãos como o *Food and Drug Administration*, *Codex Alimentarius Commission*, *World Health Organization*, *American Medical Association* e o *Institute of Food Technologies*.

Da mesma maneira que a desinfecção química e o tratamento térmico, a irradiação possui algumas limitações que vão de encontro a alterações químicas que podem ocorrer em alimentos de origem vegetal. Em farinhas, as doses irradiantes podem causar deformação da estrutura física do amido, em frutas, quando aplicadas doses não recomendadas, podem provocar o desenvolvimento de compostos oxidativos como aldeídos, cetonas e álcoois, além do amolecimento dos tecidos e seu escurecimento. Essa tecnologia também possui custo considerável, e pela falta de conhecimento da população em geral, ainda apresenta resistência à aceitação (TEZOTTO-ULIANA *et al.*, 2015).

4. Queijo Minas Frescal

O queijo é um produto lácteo, reportado como um dos alimentos mais antigos registrados pela história da humanidade (DA SILVA *et al.*, 2017). É um dos principais derivados do processamento do leite, apresentando grande diversidade de sabor, aromas, texturas e formatos em nível nacional e internacional. O consumo de queijo no Brasil aproxima-se de 5,5 kg por habitante ao ano, com projeção de que em 2030, este seja em torno de 11 kg por habitante (ABIQ, 2018).

Dentre os queijos mais produzidos no Brasil, destaca-se o queijo Minas Frescal que de acordo com a Portaria nº 352 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1997) é definido como o produto fresco obtido por coagulação enzimática do leite com coalho e/ou outras enzimas coagulantes específicas, complementada ou não com ação de bactérias lácticas, produzido no estado de Minas Gerais. É um derivado lácteo de fácil produção, sendo seu processamento composto pelas seguintes etapas: pasteurização, coagulação, corte, mexedura, dessora, enformagem, salga, acondicionamento em embalagem e refrigeração (FERREIRA, 2008).

O queijo Minas Frescal apresenta coloração esbranquiçada, consistência mole, sabor suave e levemente ácido (RIBEIRO; SIMÕES; JURKIEWICKZ, 2009), sendo consumido principalmente no café da manhã, puro ou acompanhado de pães e biscoitos ou em sobremesas juntamente com doces. No Brasil é um dos alimentos mais populares e produzidos, em virtude do seu expressivo valor socioeconômico e cultural (VINHA *et al.*, 2010).

Por essas características, a produção de queijo Minas Frescal é uma importante atividade da indústria queijeira, uma vez que, por possuir maior rendimento e ausência do processo de maturação do produto final, proporciona um retorno imediato dos investimentos e menor custo

CAPÍTULO I

ao produtor (PASSOS *et al.*, 2009). Segundo Neves-Souza e Silva (2005), o rendimento médio da fabricação do Queijo Minas Frescal é muito variável, baseando-se em torno de 5,0 a 7,0 litros de leite por quilograma de produto. Esta característica oscilante se dá em função do teor de umidade e formas de preparo do alimento.

Classificado como queijo semi-gordo (teor de gordura no extrato seco de 25,0% a 44,9%), o Minas Frescal apresenta muita alta umidade (não inferior a 55%), pH entre 5,0 e 5,3 e baixo teor de sal, variando entre 1,4 a 1,6%. É um produto de consumo imediato e curta vida útil (limitada até 20 dias), sendo essa fortemente influenciada pela sua composição centesimal, principalmente pela alta umidade, condições de transporte, apresentação no mercado e, sobretudo, pela temperatura mantida durante a comercialização (BRASIL, 2004; CARVALHO; VIOTTO; KUAYE, 2007; RIBEIRO; SIMÕES; JURKIEWICKZ, 2009; VISSOTO *et al.*, 2011).

A tecnologia de fabricação do queijo Minas Frescal consiste basicamente na concentração do leite pasteurizado, adicionado de cloreto de cálcio, agentes coagulantes e acidificantes, para formação da massa base. A função do coagulante neste processo é transformar o leite líquido para forma sólida, promovendo hidrólise enzimática nas micelas de caseína (quebra da ligação peptídica Phe105 – Met106), sobretudo na *kappa*-caseína com formação do para-caseinato de cálcio (PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009).

Durante o processo de pasteurização do leite, parte do cálcio ligado a proteínas lácteas é insolubilizado, e com o intuito de minimizar tal adversidade que possa impactar no rendimento da produção do queijo, adiciona-se cloreto de cálcio, proporcionando uma coalhada mais compacta e menores perdas de soro durante o processo. Os acidificantes (normalmente ácido láctico, cítrico ou acético) atuam no processo de elaboração dos queijos frescos como reguladores de pH, controlando e prevenindo a multiplicação de bactérias deteriorantes e patogênicas; bem como, auxiliam na solubilização do cloreto de cálcio, sendo ainda percussores da formação de aromas e outros atributos sensoriais desejáveis (PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009).

Em termos sensoriais, o controle da acidez dos queijos durante sua vida útil é um importante parâmetro para definição da qualidade do alimento. A acidificação exacerbada contribui para alterações de sabor e de textura do produto, limitando sua aceitação por parte da população, além de contribuir para diminuição da longevidade comercial. Ademais, a formação do sabor amargo também pode ser evidenciada em produtos com excesso de coagulante e/ou em queijos não adicionados de culturas lácticas (ácido láctico) (PAULA *et al.*, 2017; SOBRAL *et al.*, 2017).

5. Cremes de queijo

Devido à globalização, difusão de ideias e novas tecnologias, tem-se aumentado a necessidade do desenvolvimento de produtos lácteos saborosos e atrativos que atendam as expectativas dos consumidores. Os queijos, por possuírem propriedades de qualidade que definem sua aceitação por parte da população e características nutricionais benéficas, normalmente são utilizados como matrizes no processo de elaboração de derivados (FAO, 2013).

Dentre a diversidade de produtos que surgiram nos últimos anos no mercado lácteo brasileiro, destacam-se os cremes de queijo; alimentos de fácil elaboração, coloração branca-amarelada, frescos e com alta espalhabilidade (COUTOULY *et al.*, 2014). Este alimento, caracteriza-se por possuir uma consistência fina, untuosa, macia e sabor levemente acidificado (SAINANI; VYAS; TONG, 2004). É produzido a partir da massa base de diferentes queijos, homogeneizada com outros ingredientes como creme de leite, sal e hidrocoloides. Aos cremes de queijo também podem ser adicionadas ervas finas e/ou cereais, buscando melhorias na textura, sabor e/ou aumento de propriedades nutritivas (LEMES *et al.*, 2016).

Considerando o valor nutricional, o creme de queijo é menos calórico e apresenta menor teor de gordura total quando comparado a produtos consumidos de maneira semelhante na dieta usual brasileira, conforme observado na Tabela de Composição Química dos Alimentos – TABNUT (Universidade Federal de São Paulo, 2016), Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação do creme de queijo com manteiga e margarina em termos de valor energético e porcentagem de gorduras totais.

Produtos	Valor energético (kcal)*	Gordura totais (g)*
Creme de queijo	342	34,24
Manteiga com sal	717	81,11
Margarina hidrogenada	719	80, 50

*Porção de 100 g de produto.

A adição de ingredientes aos produtos lácteos pode contribuir para a melhoria de sua textura, como ocorre, por exemplo, com o acréscimo de gomas (xantana, guar, carragena) (MARUYAMA *et al.*, 2006). Dentre os aditivos alimentares mais utilizados na indústria alimentícia, destaca-se a goma xantana, cujo interesse em sua utilização deve-se às propriedades físico-químicas, que são superiores às de outros hidrocoloides disponíveis no mercado. Entre as suas propriedades, destacam-se a elevada viscosidade em baixas concentrações, bem como

CAPÍTULO I

sua estabilidade em ampla faixa de temperatura (10 °C a 90 °C) e de pH (2,5 a 11), mesmo na presença de sais (LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009).

Lemes *et al.* (2016) investigaram a aplicação de enzima bacteriana como uma nova protease de coagulação do leite no desenvolvimento de queijos cremosos enriquecidos de farinhas de chia e quinoa. O produto desenvolvido apresentou alta retenção de água (99,0%) e consequentemente baixo processo de sinérese, condições sanitárias e características tecnológicas adequadas, indicando que o alimento é altamente estável e viável.

Com o objetivo de avaliar a influência da suplementação de queijo fresco cremoso com a cultura potencialmente probiótica de *Lactobacillus paracasei subsp paracasei*, com ou sem a adição de inulina, sobre o perfil de textura instrumental, durante 21 dias de armazenamento a 4 ± 1 °C e sobre as suas características sensoriais, Buriti, Cardarelli e Saad (2008) observaram que a adição de *Lactobacillus paracasei* e inulina resultou em um perfil de textura comparável ao do queijo controle (sem probiótico e prebiótico). Entretanto, o probiótico empregado sozinho modificou o sabor em relação ao queijo controle, refletindo na menor preferência dos avaliadores por este produto.

De acordo com a Instrução Normativa nº 71, de 24 de julho de 2020, os queijos cremosos ou *cream cheese* devem cumprir com os seguintes parâmetros físico-químicos: teor de matéria gorda no extrato seco mínimo de 25g/100g e teor de umidade de no máximo 78g/100g (BRASIL, 2020). Pela legislação americana, os cremes de queijo devem conter no mínimo 33% de gordura e no máximo 55% de umidade (USDA, 1994). Em relação aos padrões canadenses, a concentração de gordura preconizada é no mínimo 30%. Na França, existe o consumo do creme de queijo “*triplé crème*”, cujo teor mínimo de gordura é de 75% na matéria-seca (SANCHEZ *et al.*, 1995).

6. Análise Sensorial

A análise sensorial desempenha um papel importante no desenvolvimento de produtos, pois avalia a atratividade e aceitação pelo consumidor, por meio das sugestões e indicações da população. Dessa forma, os produtores são capazes de realizar alterações nas formulações e características dos alimentos por meio de modificações em seus parâmetros sensoriais (BARYKO-PIKIELNA; MATUSZEWSKA, 2014).

Distintos testes sensoriais podem ser utilizados em uma avaliação de alimentos, sendo eles dependentes do objetivo da pesquisa. Para avaliar a aceitação ou preferência de consumidores, utilizam-se os testes afetivos, pelos quais é possível identificar o produto mais aceito ou preferido por determinado público-alvo, de acordo com suas características sensoriais.

CAPÍTULO I

Entre os testes afetivos, a escala hedônica de nove pontos é a ferramenta mais utilizada para quantificar a aceitação dos consumidores não-treinados, sendo a interpretação dos dados coletados feita por meio do uso da Análise de Variância (ANOVA) (MININ, 2018).

As metodologias sensoriais descritivas abrangem a detecção e descrição qualitativa e/ou quantitativa dos atributos sensoriais de um produto, por meio de testes realizados por uma equipe de colaboradores. Neste processo, são fornecidas informações detalhadas e robustas dos parâmetros, por meio de uma escala de intensidade (testes quantitativos) ou pela aparência, cor, sabor, aroma e textura (qualitativos) (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018).

Objetivando reduzir o tempo das análises, número de avaliadores e entender o comportamento do consumidor em relação aos atributos sensoriais, métodos alternativos aos métodos clássicos foram propostos. Para isso, técnicas que utilizam avaliadores com menor grau de treinamento ou sem nenhum treinamento estão sendo utilizados. Dentre eles têm-se o *Pivot Profile* (THUILLIER, 2007), *Check-all-that-apply* (CATA) (ARES *et al.*, 2010), *Flash Profile* (MAMEDE; BENASSI, 2016), *Sorting Task* (CARTIER *et al.*, 2006), *Projective Mapping* e *Ultra-Flash* (SANTOS *et al.*, 2013). Essas técnicas são reconhecidas como adequadas para determinação do perfil sensorial dos alimentos.

O teste CATA permite aos painelistas escolherem todos os atributos perceptíveis a partir de uma lista estruturada, apresentada para descrever a amostra a ser avaliada. De acordo com Dooley, Lee e Meullenet (2010), os termos podem ser gerados por um painel de avaliadores treinados ou não, e por um grupo de consumidores ao testar o produto (por exemplo, um grupo focal). Como vantagem, esta metodologia permite reunir informações sobre os termos sensoriais percebidos no alimento sem necessidade de escala, com uma descrição menos artificial de suas principais propriedades. Além disso, é rapidamente concluído, requerendo poucas instruções durante execução (ARES *et al.*, 2010; BRUZZONE *et al.*, 2012).

Mesmo sendo considerada uma metodologia sensorial de aplicação mais recente, o *Check-all-that-apply* tem sido utilizado na avaliação e desenvolvimento de diversos produtos alimentícios, conforme observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Utilização do *Check-all-that-apply* (CATA) na avaliação e desenvolvimento de novos produtos.

Alimentos	Artigos publicados
Queijo Minas Frescal	(OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2017)
Requeijão cremoso	(TORRES <i>et al.</i> , 2017)
Sobremesa láctea	(JAEGER <i>et al.</i> , 2015)
Sorvete de baunilha	(DOOLEY; LEE; MEULLENET, 2010)
Iogurte probiótico	(CADENA <i>et al.</i> , 2014)
Cultivares de morango	(LADO <i>et al.</i> , 2010)
Bebida em pó sabor laranja	(ARES <i>et al.</i> , 2011)
Vinho	(ALENCAR <i>et al.</i> , 2019)
<i>Nuggets</i>	(BELUSSO <i>et al.</i> , 2016)
Embutidos fermentados	(SANTOS <i>et al.</i> , 2015)
Presunto cozido	(HENRIQUE; DELIZA; ROSENTHAL, 2015)

Como as respostas do CATA estão diretamente relacionadas à percepção dos avaliadores no tocante as características do alimento, elas podem ser utilizadas como dados fundamentais e suplementares no desenvolvimento de novos produtos, retratando os parâmetros perceptíveis pelo público consumidor (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018).

CAPÍTULO I

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIQ, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJO. Informações sobre tipos de queijo no Brasil, 2018. Disponível em: <www.abiq.com.br>. **Acesso em:** 12/09/2019.
- AFIFY, A. E. M. R. *et al.* Bioavailability of iron, zinc, phytate and phytase activity during soaking and germination of white sorghum varieties. **Plosone**, v. 6, n. 10, p. 1-7, 2011.
- ALCANTARA, M.; FREITAS-SÁ, D. D. G. C. Metodologias sensoriais descritivas mais rápidas e versáteis – uma atualidade na ciência sensorial. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-12, 2018.
- ALENCAR, N. M. M. *et al.* Sensory profile and check-all-that-apply (cata) as tools for evaluating and characterizing syrah wines aged with oak chips. **Food Research International**, v. 124, p. 156-164, 2019.
- ANUNCIAÇÃO, P. C. *et al.* Comparing sorghum and wheat whole grain breakfast cereals: Sensorial acceptance and bioactive compound content. **Food Chemistry**, v. 221, p. 984-989, 2017.
- ARBEX, P. M. *et al.* Extruded sorghum flour (*Sorghum bicolor* L.) modulate adiposity and inflammation in high fat diet-induced obese rats. **Journal of Functional Foods**, v. 42, p. 346-355, 2018.
- ARES, G. *et al.* Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 417-426, 2010.
- ARES, G. *et al.* Are consumer profiling techniques equivalent for some product categories? The case of orange-flavoured powdered drinks. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 1600–1608, 2011.
- AGÚNDEZ-ARVIZU, Z. *et al.* Gamma radiation effects on commercial Mexican Bread made with wheat flour. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research**, v. 245, n.4, p. 455-458, 2006.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, v. 65, p. 1199-1221, 2004.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Properties of 3-Deoxyanthocyanins from Sorghum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 4388-4394, 2004.
- BARYKO-PIKIELNA, N.; MATUSZEWSKA, I. Sensoryczne Badania żywności. **Podstawy- Metody- Zastosowania**. Wydawnictwo Naukowe PTTZ, 2 ed, Krakow. 2014.
- BARBOSA, M. P.; QUEIROZ, V. A. V. Extração, caracterização química de corante natural de sorgo de genótipo SC 319 e aplicação em bala de goma de gelatina. In: XIII Seminário de iniciação científica pibic/bic júnior – 2018. Sete Lagoas, **Anais...** Sete Lagoas, 2018, p. 1-6.

CAPÍTULO I

- BELUSSO, A. C. Check all that apply (CATA) as an instrument for the development of fish products. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 275-281, 2016.
- BORBA, A. M.; SARMENTO, S. B. S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 835-843, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 352, de 4 de setembro de 1997. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de queijo Minas Frescal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 04 set. 1997.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº21, de 26 de janeiro de 2001. Aprova regulamento técnico para irradiação de alimentos. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 4, de 1 de março de 2004. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de queijo Minas Frescal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 01 mar. 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 71, de 24 de julho De 2020 – SDA/MAPA. Dispõe sobre a identidade e os requisitos de qualidade, que deve apresentar o produto denominado *cream cheese*. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2020.
- BRUZZONE, F.; ARES, G.; GIMÉNEZ, A. Consumers' texture perception of milk desserts. II – comparison with trained assessors' data. **Journal of Texture Studies**, v. 43, n. 3, p. 214-226, 2012.
- BURITI, F. C. A.; CARDARELLI, H. R.; SAAD, S. M. I. Textura instrumental e avaliação sensorial de queijo fresco cremoso simbiótico: implicações da adição de *Lactobacillus paracasei* e inulina. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 75-84, 2008.
- CABO VERDE, S. *et al.* Effects of Gamma Radiation on Raspberries: Safety and Quality Issues. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, v.76, n. 4-5, p. 291-303, 2013.
- CADENA, R. S. *et al.* Comparison of rapid sensory characterization methodologies for the development of functional yogurts. **Food Research International**, v. 64, p. 446–455, 2014.
- CAMPELO, F. A. *et al.* Study of thermoplastic extrusion and its impact on the chemical and nutritional characteristics in two sorghum genotypes SC 319 and BRS 332. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 31, n. 04, p. 788-802, 2020.
- CARDOSO, L. M. *et al.* Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum. **Food Chemistry**, v. 152, p. 210-217, 2014.

CAPÍTULO I

- CARDOSO, L. M. *et al.* Phenolic compounds profile in sorghum processed by extrusion cooking and dry heat in a conventional oven. **Journal of Cereal Science**, v. 65, p. 220-226, 2015.
- CARTIER, R. *et al.* Sorting procedure as an alternative to quantitative descriptive analysis to obtain a product sensory map. **Food Quality and Preference**, v. 17, p. 562–571, 2006.
- CARVALHO, C. W. P. *et al.* Elaboração de farinhas instantâneas à base de sorgo integral cultivar BRS310. **Comunicado técnico 203, Embrapa**, 1 ed., 3 p., 2014.
- CARVALHO, J. D. G.; VIOTTO, W. H.; KUAYE, A. Y. The quality of Minas Frescal cheese produced by different technological processes. **Food Control**, v. 18, n. 3, p. 262-267, 2007.
- CHEESA, A. Calidad del sorgo granífero: su valor nutritivo depende del contenido de taninos condensados, aprendamos a reconocer su presencia. **Tierras & Campos.com**, Uruguay, 2011.
- CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Radiações Ionizantes e a Vida. 42p. 2014.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Observatório Agrícola – Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos**, v. 6, n. 5, 2019.
- CORREIA, V. T. V. *et al.* Avaliação sensorial de churros sem glúten com farinha de sorgo com e sem tanino. In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2016. Bento Gonçalves, **Anais...** Bento Gonçalves, 2016, p. 1-4.
- COUTOULY, A. *et al.* Effect of heat treatment, final pH of acidification, and homogenization pressure on the texture properties of cream cheese. **Dairy Science & Technology**, v. 94, n. 2, p. 125-144, 2014.
- COSTA, L. F.; DA SILVA, E. B.; OLIVEIRA, I. S. Irradiação gama em amendoim para controle de *Aspergillus flavus*. **Scientia Plena**, v. 9, n. 8, p. 1-12, 2013.
- DA SILVA, F. R. *et al.* Conservação e controle de qualidade de queijos: revisão. **Pubvet Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 11, n.4, p. 333-341, 2017.
- DE SOUSA, A. R. *et al.* Extruded sorghum (*Sorghum bicolor* L.) reduces metabolic risk of hepatic steatosis in obese rats consuming a high fat diet. **Food Research International**, v. 112, p. 48-55, 2018.
- DO PRADO, M. E. A. *et al.* Physicochemical and sensorial characteristics of beef burgers with added tannin and tannin-free whole sorghum flours as isolated soy protein replacer. **Meat Science**, v. 150, p. 93-100, 2019.
- DOOLEY, L.; LEE, Y.; MEULLENET, J. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 394–401, 2010.

CAPÍTULO I

- DYCKO, M. H. *et al.* Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.
- DYKES, L. *et al.* Flavonoid composition of red sorghum genotypes. **Food Chemistry**, v. 116, p. 313-317, 2009.
- DYKES, L.; ROONEY, L. W. Sorghum and millet phenols and antioxidants. **Journal of Cereal Science**, v. 44, p. 236-251, 2006.
- FERREIRA, C. L. L. F. Produção de queijo minas frescal, mussarela e gouda. **Viçosa, MG: CPT**, 226 p., 2008.
- FERREIRA, S. M. R. *et al.* Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latino Americanos de Nutricion**, v. 59, n. 4, p. 433-440, 2009.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. FAO statistical yearbook 2013. Rome: FAO, 2013. 289 p.
- HENRIQUE, N. A.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A. Consumer Sensory Characterization of Cooked Ham Using the Check-All-That-Apply (CATA) Methodology. **Food Engineering Reviews**, v. 7, p. 265–273, 2015.
- JAEGER, S. R. *et al.* Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. **Food Quality and Preference**, v. 42, p. 154-164, 2015.
- KAUFMAN, R. C. *et al.* Variability in tannin content, chemistry and activity in a diverse group of tannin containing sorghum cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 5, p. 1233-1241, 2012.
- KHATTAK, K. F.; SIMPSON, T. J.; IHASNULLAH. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavenging activity of *Nigella staiva* seed. **Food Chemistry**, v. 110, p. 967-972, 2008.
- KUME, T. *et al.* Status of food irradiation in the world. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 78, p. 222-226, 2009.
- LADO, J. *et al.* Application of a check-all-that-apply question for the evaluation of strawberry cultivars from a breeding program. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 2268–2275, 2010.
- LEMES, A. C. *et al.* A new milk-clotting enzyme produced by *Bacillus* sp. P45 applied in cream cheese development. **LWT - Food Science and Technology**, v. 66, p. 217-224, 2016.
- LESSCHAEVE, I.; NOBLE, A. C. Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, p. 331-335, 2005.

CAPÍTULO I

- LIMA FILHO, T. *et al.* Energia ionizante na conservação de alimentos: revisão. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, p. 243-254, 2012.
- LLOPART, E. E. *et al.* Effects of extrusion conditions on physical and nutritional properties of extruded whole grain red sorghum (*Sorghum* spp). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 65, p. 34-41, 2014.
- LOPES, R. C. S. O. *et al.* Evaluation of the health benefits of consumption of extruded tannin sorghum with unfermented probiotic milk in individuals with chronic kidney disease. **Food Research International**, v. 107, p. 629-638, 2018.
- LOPEZ, N. J. S. *et al.* The Extrusion process as an alternative for improving the biological potential of sorghum bran: phenolic compounds and antiradical and anti-inflammatory capacity. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2016.
- LUVIELMO, M. M.; SCAMPARINI, A. R. P. Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação. **Estudos tecnológicos**, v. 5, n. 1, p. 50-67, 2009.
- MACEDO, M. C. C. *et al.* Elaboração de pães formulados com farinhas de sorgo, semente de abóbora, trigo e aveia. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 19, p. 193-205, 2017.
- MAHERANI, B. *et al.* World Market Development and Consumer Acceptance of Irradiation Technology. **Foods**, v. 5, n. 4, p. 79, 2016.
- MAMEDE, M. E. O.; BENASSI, M. T. Efficiency assessment of Flash Profiling and Ranking Descriptive Analysis: a comparative study with star fruit-powdered flavored drink. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 195-203, 2016.
- MARTINO, H. S. D. *et al.* Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 337-344, 2012.
- MENEZES, C. B. *et al.* Combining ability of grain sorghum lines selected for aluminum tolerance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, p. 42-48, 2014.
- MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial Estudos Com Consumidores** (4ª Ed.). Viçosa: Editora UFV, 2018.
- MORAES, E. A. *et al.* Sorghum genotype may reduce low-grade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunum morphology of rats fed a hyperlipidic diet. **Food Research International**, v. 49, p. 553-559, 2012.
- MORENO, C. R. *et al.* Changes in nutritional properties and bioactive compounds in cereals during extrusion cooking. **IntechOpen**, v. 1, p. 103-124, 2018.

CAPÍTULO I

- MARUYAMA, L. Y. *et al.* Textura instrumental de queijo petit-suisse potencialmente probiótico: influência de diferentes combinações de gomas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n.2, p. 386-393, 2006.
- MPR. Minnesota Public Radio, 2001. Disponível em: <http://news.minnesota.publicradio.org/features/2001_03/14_postt_safefoodm>. Acesso em: 21 dez. 2018.
- NEVES-SOUZA, R. D.; SILVA, R. S. S. F. Estudo de custo-rendimento do processamento de queijos tipo minas frescal com derivado de soja e diferentes agentes coagulantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 170-174, 2005.
- OLIVEIRA, E. W. *et al.* Reformulating Minas Frescal cheese using consumers perceptions: Insights from intensity scales and check-all-that-apply questionnaires. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n.6, p. 6111-6124, 2017.
- OLIVEIRA, F. C. E. *et al.* Greek yogurt with added sorghum flour: antioxidant potential and sensory acceptance. **Revista Chilena de Nutrición**, v. 47, p. 272-280, 2020.
- PAIVA, C. L. *et al.* Mineral content of sorghum genotypes and the influence of water stress. **Food Chemistry**, v. 214, p. 400-405, 2017.
- PAIVA, C. L. *et al.* Acceptability and study of shelf life of gluten free cereal bar with popped and extruded sorghum based on a consumer acceptability. **Agrarian Sciences Journal**, v. 10, n. 1, p. 52-58, 2018.
- PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; GARCIA, M. A. V. T. Características tecnológicas, sensoriais e químicas de massas secas sem glúten à base de farinhas de sorgo e milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, p. 1-9, 2019.
- PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUES, J. A. Estudos sensoriais para determinação da vida de prateleira de barra de cereais com pipoca de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, p. 301-310, 2012.
- PASSOS, A. D. *et al.* Avaliação microbiológica de queijos Minas Frescal comercializados nas cidades de Arapongas e Londrina – PR. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, v. 64, p. 48-54, 2009.
- PAULA, J. C. J.; CARVALHO, A. F.; FURTADO, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, v. 64, p. 19-25, 2009.
- PAULA, J. C. J. *et al.* Gosto amargo em queijo Minas Frescal: possíveis causas e prevenção. **Revista Indústria de Laticínios**, v. 22, n. 127, p.120, 2017.

CAPÍTULO I

- PONTIERI, P. *et al.* Sorghum, a healthy and gluten-free food for celiac patients as demonstrated by genome, biochemical, and immunochemical analyses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 2565-2571, 2013.
- QUEIROZ, V. A. V. *et al.* Potencial funcional e tecnologia de processamento do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], para alimentação humana. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.3, p. 180-195, 2011.
- QUEIROZ, V. A. V. *et al.* Genótipos de sorgo para produção de barra de cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 287-293, 2012.
- QUEIROZ, V. A. V. *et al.* Substituição de metanol por água na extração de antocianinas totais de glumas de sorgo para uso como corante alimentício. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, 18 p., 2014.
- QUEIROZ, V. A. V. *et al.* Nutritional composition of sorghum [*sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes cultivated without and with water stress. **Journal of Cereal Science**, v. 65, p. 103-111, 2015.
- QUEIROZ, V. A. V. *et al.* Retention of some flavones and flavanones in flour, grain and bran of sorghum during storage. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 3, p. 522-534, 2018.
- RIBEIRO, E. P.; SIMÕES, L. G.; JURKIEWICZ, C. H. Desenvolvimento de queijo minas frescal adicionado de *Lactobacillus acidophilus* produzido a partir de retentados de ultrafiltração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n.1, p. 19-23, 2009.
- RODRIGUES-JÚNIOR, A. A. **Irradiadores industriais e sua radioproteção**, ed. 1, 289 p., 2014.
- RODRÍGUES, Y. B.; AGUILAR, I. G.; ALMEIDA-SILVA, J. B. Utilização do malte de sorgo na produção de cerveja: revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-10, 2018.
- SANCHEZ, C. *et al.* Effects of processing on rheology and structure of double cream cheese. **Food Research International**, v. 28, n. 6, p. 547-552, 1995.
- SAINANI, M. R.; VYAS, H. K.; TONG, P. S. Characterization of Particles in Cream Cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 2854–2863, 2004.
- SANTOS, B. A. Ultra-flash profile and projective mapping for describing sensory attributes of prebiotic mortadelas. **Food Research International**, v. 54, p. 1705–1711, 2013.
- SANTOS, B. A. D. *et al.* Check all that apply and free listing to describe the sensory characteristics of low sodium dry fermented sausages: Comparison with trained panel. **Food Research International**, v. 76, p. 725–734, 2015.

CAPÍTULO I

- SANTOS, I. L. V. L. *et al.* Sorgoleone: Benzoquinona lipídica de sorgo com efeitos alelopáticos na agricultura como herbicida. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, n. 1, p. 135-144, 2012.
- SILVA, A. L.F.; ROZA, C. R. Uso da irradiação em alimentos: revisão. **Boletim CEPPA**, v. 28, p.49-56, 2010.
- SILVEIRA, D. S. *et al.* Caracterização físico-química do melado de sorgo granífero sacarino [*Sorghum bicolor* (L) Moench]. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 216-219, 2011.
- SOBRAL, D. *et al.* Principais defeitos em queijos minas artesanais: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, v. 72, p. 108-120, 2017.
- TALEON, V. *et al.* Effect of genotype and environment on flavonoid concentration and profile of black sorghum grains. **Journal of Cereal Science**, v. 56, p. 470-475, 2012.
- TARDIN, F. D. *et al.* Avaliação agrônômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 102-117, 2013.
- TEIXEIRA, N. de C. *et al.* Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes. **Food Chemistry**, v. 197, p. 291-296, 2016.
- TEZOTTO-ULIANA, J.V. *et al.* Radiação Gama em Produtos de Origem Vegetal. **Revista Virtual de Química**, v. 7 n. 1, p. 267-277, 2015.
- THUILLIER, B. **Rôle du CO2 dans l’Appréciation Organoleptique des Champagnes – Expérimentation et Apports Méthodologiques**. Reims, France: Thèse de l’URCA, 2007.
- TORRES, F. R. *et al.* Rapid consumer-based sensory characterization of requeijão cremoso, a spreadable processed cheese: Performance of new statistical approaches to evaluate check-all-that-apply data. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 6100-6110, 2017.
- USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Specifications for Cream Cheese, Cream Cheese with other Foods, and Related Products**. August 22, 1994.
- VINHA, M. B. *et al.* Fatores socioeconômicos da produção de queijo minas frescal em agroindústrias familiares de Viçosa, MG. **Ciência Rural**, v. 40, n.9, p. 2023-2029, 2010.
- VISOTTO, R. G. *et al.* Queijo Minas Frescal: perfil higiênico-sanitário e avaliação da rotulagem. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 1, p. 8-15, 2011.
- WU, Y. *et al.* Presence of tannins in sorghum grains is conditioned by different natural alleles of Tannin1. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 26, p. 10281-10286, 2012.

EFEITO DA IRRADIAÇÃO GAMA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE FARINHAS INTEGRAIS DE SORGO DOS GENÓTIPOS BRS 305 E SC 319

RESUMO: Este trabalho objetivou avaliar a influência da radiação gama sobre as características físico-químicas, tecnológicas, antioxidantes e microbiológicas de diferentes farinhas integrais de sorgo (FIS) e a partir deste trabalho, selecionar a melhor farinha a ser adicionada em diferentes formulações de cremes de queijo. As amostras provenientes dos genótipos BRS 305 e SC 319 (ambas com pericarpo marrom escuro e testa pigmentada) foram irradiadas utilizando-se doses (0, 3 e 5 kGy), por meio da fonte cobalto-60 comercial e avaliadas quanto aos parâmetros de cor (L, a* e b*), pH, acidez titulável, atividade de água, composição centesimal, índices de solubilidade e absorção em água, óleo e leite e propriedades antioxidantes (antocianinas totais, taninos condensados, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante). Nas análises microbiológicas foram determinados os números mais prováveis de coliformes totais e coliformes termotolerantes, contagem de bolores e leveduras, *Bacillus cereus* e *Salmonella* spp. Os dados coletados em triplicata foram submetidos a análise de variância com dois fatores (ANOVA two-way), segundo delineamento inteiramente casualizado com três repetições em esquema fatorial 3×2 , sendo 3 doses de radiação e 2 farinhas avaliadas. As doses aplicadas interferiram nas características de coloração das farinhas avaliadas, favorecendo o escurecimento das mesmas ($p \leq 0,05$). Quanto aos demais parâmetros físico-químicos, tecnológicos e antioxidantes não foi observada influência significativa deste processo ($p > 0,05$). Em termos microbiológicos, verificou-se redução de 3 logs UFC/g de bolores e leveduras e 2 logs UFC/g de *Bacillus cereus* nas FIS irradiadas em comparação com as FIS controle (não irradiada) para ambos os genótipos avaliados. Não foi detectada a presença de *Salmonella* spp. (em 25 g de produto), coliformes totais e termotolerantes antes e após irradiação. Portanto, a aplicação de doses baixas de radiação gama representa uma alternativa vantajosa para conservação dos parâmetros avaliados. A FIS proveniente do genótipo BRS 305 irradiada a 5 kGy foi aquela que apresentou os melhores parâmetros de atividade antioxidante e maior segurança microbiológica, sendo a farinha indicada para utilização no desenvolvimento dos cremes de queijo.

Palavras-chave: Cereais. Conservação de alimentos. Segurança alimentar.

CAPÍTULO II

1. INTRODUÇÃO

Originário da África Central, o sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é um cereal gramináceo que, em termos de produção, se encontra na posição de quinto cereal mais produzido do mundo, superado apenas pelo arroz, trigo, milho e cevada. No Brasil, apresenta-se na quarta posição no ranking de produção, sendo destinado quase que exclusivamente para alimentação animal (MARTINO *et al.*, 2012; CONAB, 2019).

Devido à sua versatilidade e tolerância à seca, estima-se que o mesmo seja utilizado como alimento básico por mais de 500 milhões de pessoas, principalmente em países africanos e asiáticos em desenvolvimento (MUTISYA *et al.*, 2009). Este cereal apresenta menor custo produtivo se comparado a outros do gênero, como por exemplo o milho, e por esse motivo, vem despertando o interesse de pesquisadores em diferentes áreas de atuação, principalmente visando sua introdução na alimentação humana (VARGAS-SOLÓRZANO *et al.*, 2014).

Ricos em potássio, zinco e fósforo, certos genótipos também apresentam concentrações significativas de compostos bioativos, como as antocianinas e os taninos, componentes do metabolismo secundário das plantas com ação antioxidante, capazes de sequestrarem radicais livres e promoverem a melhoria da saúde humana (MORAES *et al.*, 2012; QUEIROZ *et al.*, 2018).

Em virtude de suas condições de plantio e formas de armazenamento, o sorgo torna-se susceptível a contaminação microbiana e ao ataque de insetos, necessitando de métodos de conservação não térmicos com proposta de preservar sua composição funcional e nutricional, sendo a irradiação gama uma alternativa de tratamento.

A irradiação gama é aplicada principalmente com o propósito de melhorar a segurança e a estabilidade dos alimentos. Majoritariamente, é utilizada com o objetivo de reduzir a carga de microrganismos patogênicos e deteriorantes, além de proporcionar a desinfestação e inibição da proliferação de insetos e pragas agrícolas em produtos armazenados (CABO VERDE *et al.*, 2013).

Os efeitos que o tratamento de radiação gama podem causar nos níveis de antioxidantes e fitoquímicos dos alimentos ainda são pouco conhecidos, mas são dependentes das doses aplicadas, das características funcionais de cada produto e sua sensibilidade à exposição. Além disso, em farinhas, a utilização de doses irradiantes não recomendadas pode provocar a deformação da estrutura física do amido, interferindo nas características físico-químicas e tecnológicas destes alimentos (TEZOTTO-ULIANA *et al.*, 2015).

CAPÍTULO II

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da radiação gama sobre as características físico-químicas, antioxidantes, tecnológicas e microbiológicas de farinhas integrais de sorgo (FIS) de diferentes genótipos e a partir deste trabalho, selecionar a melhor farinha a ser adicionada em diferentes formulações de cremes de queijo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em laboratórios do Departamento de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) e da Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil).

2.1 Obtenção da matéria-prima

As cultivares de sorgo referentes aos genótipos BRS 305 e SC 319 foram plantadas e colhidas sob as mesmas condições, nos campos experimentais da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas – Minas Gerais (MG), com coordenadas geográficas: 19°28' latitude sul, 44°15'08'' W longitude e altitude 732 m, na safra de 2016/17, seguindo espaçamento de 0,5 m entre as linhas de plantação e densidade de 8 a 10 plantas por metro quadrado, utilizando como fertilizante N-P-K (nitrogênio, fósforo e potássio).

Justifica-se a seleção desses genótipos em virtude dos maiores teores de compostos fenólicos, taninos condensados, amido resistente e maior atividade antioxidante dentre os genótipos avaliados em estudos preliminares (MARTINO *et al.*, 2012; MORAES *et al.*, 2012; TEIXEIRA *et al.*, 2016). Para obtenção das farinhas integrais, aproximadamente 4 kg dos grãos foram selecionados manualmente e moídos três vezes em moinho de laboratório (Hawos, modelo HM1- nível 1), sendo as farinhas obtidas armazenadas sob refrigeração (4 ± 1 °C).

2.2 Irradiação das farinhas

As farinhas de sorgo acondicionadas em sacos plásticos de polietileno selados (32,8 x 2,4 cm) em porções de 500 g, foram transportadas em caixas isotérmicas, até o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), localizado na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. Duas doses de irradiação gama foram aplicadas (3 e 5 kGy) por 247 segundos, com taxa dose de 1212,57 Gy/h e distância de 29 cm do material alvo, em irradiador panorâmico multipropósito e dosímetro padrão secundário PTW LS01, por meio da fonte cobalto-60 comercial. As amostras irradiadas e controle (0 kGy) foram mantidas sob refrigeração (4 ± 1 °C) até análises.

CAPÍTULO II

2.3 Análises físico-químicas

2.3.1 Coloração

Para avaliação dos parâmetros de cor instrumental (L , a^* , b^*) utilizou-se um colorímetro (*Spectrophometer* CM-2300d – Konica Minolta), sendo as farinhas analisadas de acordo com o sistema *International Commission of Illumination* (CIE LAB System), calibrando-se previamente o equipamento utilizado. As farinhas foram espalhadas em placas de Petri, em quantidade suficiente até cobrir completamente o fundo e analisadas em três pontos distintos, alternando-se a posição entre as medidas. O parâmetro L^* corresponde a luminosidade, sendo um demonstrativo de quão clara é a amostra, com valores que assumem de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca); a coordenada a^* corresponde aos extremos vermelho ao verde; já a coordenada b^* , indica a intensidade do azul ao amarelo.

2.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado por potenciometria e, para isso, 10 g de farinha foram pesados e diluídos em 100 mL de água destilada, posteriormente, a solução foi agitada, deixada em repouso por 10 minutos e filtrada em papel filtro 125 mm para avaliação em pHmetro digital (MS Tecnopon) (AOAC, 2012).

2.3.3 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi determinada por titulometria, deste modo em 2,5 g de amostra foram adicionados 50 mL de álcool etílico 99,8 °, sendo o meio deixado em repouso por 24 horas, em seguida, 20 mL do sobrenadante foi retirado e titulado com solução de NaOH 0,01 M até pH $8,1 \pm 0,2$, utilizando-se a fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em g.100 g^{-1} de ácido cítrico (AOAC, 2012).

2.3.4 Atividade de água (Aa)

A atividade de água foi detectada por medida direta em analisador de atividade de água (Aqualab Series 3 TE), aplicando-se a metodologia Sensor Ponto de Orvalho/ AOAC 978.18 (AOAC, 2012).

2.3.5 Composição centesimal

A determinação do teor de umidade foi realizada pelo método gravimétrico de secagem em estufa a 105 °C, baseado na remoção da água por aquecimento. As amostras previamente

CAPÍTULO II

pesadas (2 g) foram colocadas em cadinhos de porcelana, permanecendo na estufa até obtenção da massa constante (AOAC, 2012).

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo processo de digestão de *Kjeldahl*, com conversão à proteína por meio do fator de correção 6,25. Os lipídeos foram quantificados pela extração no aparelho tipo *Soxhlet* (SOLAB SL-202). O teor de cinzas foi obtido carbonizando-se 2 g de amostra em chapa aquecedora, colocadas posteriormente para incinerar em uma mufla a 550 °C, os carboidratos determinados por cálculo de diferença (AOAC, 2012), a partir da equação 1 e o valor energético obtido pela equação 2.

$$\% \text{ Carboidratos totais} = 100 - (A + B + C + D) \text{ (eq. 1)}$$

Sendo, A = Teor de umidade (%); B = Teor de cinzas (%); C = Teor de proteínas (%); D = Teor de lipídeos (%).

$$\text{VE (kcal.100 g}^{-1}\text{)} = (P \times 4) + (L \times 9) + (C \times 4) \text{ (eq. 2)}$$

Sendo, P = proteína (g), L = lipídeos (g) e C = carboidratos (g).

2.4 Análises tecnológicas

2.4.1 Índice de absorção em água (IAA)

Foram misturados cerca de 1,0 g de cada farinha em 20 mL de água destilada, a 25 ± 2 °C, sendo a massa do sistema aferida. Em seguida, os tubos foram mantidos sob agitação por 30 minutos em banho-maria agitador (Full Gauge Controls) e centrifugados a $1372 \times g$ por 10 minutos em centrífuga de bancada (Daiki 50/60 Hz). Para o cálculo do índice de absorção, a equação 3 foi utilizada, sendo fixado o peso dos tubos contendo o resíduo embebido em água (RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019) com adaptações.

$$\text{IAA} = \frac{\text{massa (g) da amostra com água destilada}}{\text{massa (g) da amostra seca}} \text{ (eq. 3)}$$

2.4.2 Solubilidade em água (ISA)

Para o índice de solubilidade, o sobrenadante de cada tubo do item 2.4.1, foi transferido para placas de petri previamente secas e pesadas, levado a estufa com circulação de ar a 105 °C por 24 horas e resfriados, tendo ao final a massa registrada e o índice calculado pela equação 4 (RESENDE; FRANCA; OLIVEIRA, 2019).

$$\text{ISA} = \frac{\text{massa (g) do resíduo seco}}{\text{massa (g) da amostra seca}} \times 100 \text{ (eq. 4)}$$

CAPÍTULO II

2.4.3 Índice de absorção em óleo (IAO)

Do mesmo modo que o IAA, contudo substituindo-se a água destilada por óleo de soja comercial, foi calculado o índice de absorção em óleo, conforme a equação 5.

$$IAO = \frac{\text{massa (g) da amostra com óleo de soja}}{\text{massa (g) da amostra seca}} \quad (\text{eq. 5})$$

2.4.4 Índice de absorção em leite (IAL)

O índice de absorção em leite foi avaliado por meio da equação 6, seguindo o mesmo procedimento descrito no item 2.4.1, modificando-se a água destilada por leite pasteurizado comercial a $1372 \times g$ (BECKER *et al.*, 2014) com adaptações.

$$IAL = \frac{\text{massa (g) da amostra com leite pasteurizado}}{\text{massa (g) da amostra seca}} \quad (\text{eq. 6})$$

2.5 Análises de antioxidantes

2.5.1 Compostos fenólicos totais

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método do reagente *Folin-Ciocalteu* em comparação com curva de calibração construída com ácido gálico. Inicialmente, foram pesados 0,25 g de farinha, acrescentando-se 25 mL de solução 1% HCl em metanol, sendo agitados em *shaker* (Eltek) por 2 horas a 150 rpm. Em seguida, foram adicionados uma fração de 10 mL em tubos de centrífuga e estes centrifugados a $1008 \times g$ por 15 minutos. Adiante, 100 µL das amostras centrifugadas foram retirados e adicionados de 1,1 mL de água deionizada em cada tubo, 0,4 mL de solução de reagente *Folin-Ciocalteu* (0,02 N), 0,9 mL de solução de Etanolamina (0,5 M) e então agitados em vórtex por 15 segundos. A leitura das absorbâncias foi realizada após 20 min das amostras em repouso, no escuro, em espectrofotômetro (U-1100, HITACHI) a 600 nm e os resultados expressos em mg equivalente de ácido gálico (EAG) por g de amostra seca (KALUZA *et al.*, 1980).

2.5.2 Taninos Condensados

O método vanilina/HCl (PRICE *et al.*, 1978) foi utilizado para determinação do teor de taninos condensados das amostras de farinhas de sorgo. Inicialmente, preparou-se uma solução de HCl 8% (v/v) em metanol e outra de vanilina 1% (p/v) também em metanol, sendo elas misturadas, obtendo-se a solução de vanilina/HCl (1:1).

Foram pesados 0,15 g de farinha em tubos Falcon, em seguida, adicionaram-se 8 mL de metanol 1% HCl. As amostras foram agitadas em vórtex mixer (GLOBAL TRADE) e então

CAPÍTULO II

centrifugadas por 15 min. Posteriormente, em cada tubo de ensaio, foi adicionado 1 mL do extrato (sobrenadante) e 5 mL da solução de vanilina/HCl com intervalos de 30 segundos. Para os tubos controle, preparou-se uma solução de HCl 4% (v/v) em metanol, a qual serviu como branco. Por fim, realizou-se a leitura das absorbâncias em espectrofotômetro a 500 nm e os teores de taninos foram determinados por meio da equação 7, sendo os resultados expressos em mg equivalente de catequina (mgEC) por grama de amostra seca.

$$TC = \frac{(A-B) \times 8}{Ca} / \text{peso da amostra} \quad (\text{eq. 7})$$

Onde: A = Absorbância da amostra; B = Branco da amostra; Ca = Coeficiente angular da curva padrão.

2.5.3 Antocianinas totais

As antocianinas totais foram extraídas com solução de metanol 1% HCl, separadas e quantificadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), em coluna de fase reversa C18 (fases móveis: água com 4% de ácido fórmico e acetonitrila, com fluxo de 1,0 mL.min⁻¹ em gradiente) e os resultados expressos em antocianinas totais µg.g⁻¹ de amostra em base seca (AWIKA; ROONEY; WANISKA *et al.*, 2004).

2.5.4 Atividade antioxidante – método ABTS

A atividade antioxidante foi determinada por espectrofotometria (U-1100, HITACHI) a 734 nm, utilizando-se o 2,2 – azinobis (3 – etilbenzotiazolina- 6 202 catiônico radical (sulfonato) (ABTS +) e padrão Trolox, assim como descrito por AWIKA *et al.* (2003). Os resultados foram expressos em µmol equivalente de Trolox (ET) por grama de matéria seca.

2.6 Análises microbiológicas das farinhas

As avaliações microbiológicas compreenderam a pesquisa por *Salmonella* sp., em 25 gramas de produto, *Bacillus cereus*, coliformes totais e termotolerantes, e a contagem de bolores e levedura nas amostras previamente irradiadas a 0, 3 e 5 kGy, de acordo com os limites para farinhas estabelecidos pelo Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, Resolução nº 12 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001; DA SILVA, 2010).

2.7 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido segundo Delineamento Inteiramente Casualizado com três repetições, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2x3, sendo dois níveis do fator farinha (BRS 305 e SC 319) e três níveis do fator irradiação (0, 3 e 5 kGy). Os dados coletados

CAPÍTULO II

em triplicata foram submetidos a análise de variância com dois fatores (ANOVA two-way), após verificação das premissas de normalidade e homogeneidade pelos testes de *Shapiro-Wilk* e *Levene* e posteriormente aplicado o teste de Tukey para a comparação das médias, utilizando os softwares livres R, versão 3.6.3 e SISVAR (UFLA, Lavras - MG), com 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Os resultados foram expressos com média $\pm$ desvio padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises físico-químicas

Em virtude da interação não significativa entre os fatores avaliados, os mesmos foram estudados separadamente, sendo os resultados das propriedades colorimétricas, bem como pH, acidez titulável e atividade de água para as FIS BRS 305 e SC 319 controle e irradiadas apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características físico-químicas: luminosidade, cromaticidade (a^* e b^*), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável - AT (g ac. cítrico.100 g⁻¹) e atividade de água (Aa) das FIS BRS 305 e FIS SC 319.

	Doses de Irradiação (kGy)	FIS BRS 305	FIS SC 319
Luminosidade	0	70,39 $\pm$ 0,5 aA	63,14 $\pm$ 0,7 aB
	3	68,75 $\pm$ 0,8 bA	62,98 $\pm$ 0,6 aB
	5	68,30 $\pm$ 0,4 bA	61,66 $\pm$ 0,6 bB
Croma a*	0	6,13 $\pm$ 0,3 aB	8,89 $\pm$ 0,3 bA
	3	6,34 $\pm$ 0,2 aB	8,85 $\pm$ 0,3 bA
	5	6,36 $\pm$ 0,4 aB	9,32 $\pm$ 0,3 aA
Croma b*	0	13,06 $\pm$ 0,4 aB	13,95 $\pm$ 0,4 bA
	3	13,14 $\pm$ 0,4 aB	13,85 $\pm$ 0,5 bA
	5	13,18 $\pm$ 0,5 aB	14,72 $\pm$ 0,5 aA
pH	0	6,25 $\pm$ 0,1 aA	6,27 $\pm$ 0,0 aA
	3	6,24 $\pm$ 0,1 aA	6,23 $\pm$ 0,1 aA
	5	6,24 $\pm$ 0,0 aA	6,23 $\pm$ 0,1 aA
AT	0	0,94 $\pm$ 0,0 aA	0,90 $\pm$ 0,1 aA
	3	0,92 $\pm$ 0,1 aA	0,89 $\pm$ 0,0 aA
	5	0,93 $\pm$ 0,0 aA	0,88 $\pm$ 0,1 aA
Aa	0	0,64 $\pm$ 0,0 aB	0,71 $\pm$ 0,0 aA
	3	0,65 $\pm$ 0,0 aB	0,70 $\pm$ 0,0 aA
	5	0,63 $\pm$ 0,0 aB	0,71 $\pm$ 0,0 aA

- Média $\pm$ desvio padrão. Para cada atributo avaliado, médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna apresentam diferença significativa entre as doses de radiação ($p < 0,05$). Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha apresentam diferença significativa entre as FIS avaliadas para uma mesma intensidade ($p < 0,05$).

CAPÍTULO II

Buscando verificar a influência das doses de irradiação aplicadas (3 e 5 kGy), quando comparadas com as amostras controle (0 kGy), observou-se o efeito significativo deste processo ($p \leq 0,05$) em relação ao atributo luminosidade para as duas FIS estudadas, acarretando no escurecimento das farinhas, com diminuição dos valores médios. Em termos de cromaticidade a^* e b^* , o efeito da irradiação gama só foi observado nas FIS SC 319 ($p \leq 0,05$), sendo o tratamento irradiado (5 kGy) aquele que apresentou os maiores valores.

Esta ocorrência pode ser explicada, uma vez que, segundo Youssef *et al.* (2002) a radiação gama proporciona o aumento da atividade das polifenoloxidasas, em virtude da resposta ao estresse ocorrido durante o processo. Essas enzimas presentes na farinha de sorgo (OLIVEIRA *et al.*, 2011) em contato com o oxigênio promovem a oxidação dos compostos fenólicos e formação de quinonas que são responsáveis pela tonalidade escura nos produtos, acarretando diminuição da luminosidade e interferência nos demais atributos de cor.

Embora as alterações instrumentais tenham sido observadas, os resultados da análise colorimétrica permitiram garantir que as baixas doses de irradiação utilizadas (3 e 5 kGy) preservaram a cor visível das farinhas integrais de sorgo, mostrando-se essencial para manutenção da qualidade do produto.

A variável pH não apresenta efeito significativo dos fatores genótipo e irradiação gama até 5 kGy ($p > 0,05$). Segundo Mustapha *et al.* (2014), qualquer modificação poderia ser observada devido à leve radiólise sofrida pela água que libera prótons H^+ ; oxidação dos lipídios que liberam ácidos graxos; degradação da molécula de amido em ácidos carboxílicos e/ou pela fermentação realizada por microrganismos durante seu desenvolvimento (BASHIR *et al.* 2017).

Em relação à acidez titulável, Ferreira *et al.* (2013) relataram que a redução deste parâmetro em produtos irradiados pode estar relacionada às transformações ocorridas nos ácidos orgânicos, dióxido de carbono e água presente no alimento. Entretanto, neste estudo não foi observada diferença significativa em relação às dosagens aplicadas e nem entre os genótipos avaliados ($p > 0,05$).

As amostras de FIS analisadas apresentaram baixa atividade de água, variando de 0,63 a 0,71; a FIS BRS305 apresentou índices de (Aa) inferiores comparados à FIS SC 319 ($p \leq 0,05$). Sabe-se que os vegetais com menor atividade de água, principalmente os alimentos secos, açucarados e congelados, têm os efeitos indiretos dos produtos radiolíticos minimizados (TEZOTTO-ULIANA *et al.*, 2015).

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da composição centesimal das FIS submetidas à duas doses de irradiação gama e a amostra controle que não foi submetida à irradiação (dose

CAPÍTULO II

0 kGy). Observou-se que não ocorreram alterações significativas em nenhum dos parâmetros centesimais avaliados ($p > 0,05$) quanto as dosagens de irradiação aplicadas.

Tabela 2 – Composição centesimal (base seca) das FIS BRS 305 e SC 319 submetidas à radiação gama (3 e 5 kGy) e controle (dose 0 kGy).

	Doses de Irradiação (kGy)	FIS BRS 305	FIS SC 319
Umidade (%)	0	11,96 ± 0,5 aB	13,55 ± 0,1 aA
	3	11,49 ± 0,4 aB	13,37 ± 0,4 aA
	5	11,85 ± 0,4 aB	12,92 ± 0,3 aA
Proteína (%)	0	12,16 ± 0,3 aA	12,05 ± 0,3 aA
	3	11,81 ± 0,3 aA	12,01 ± 0,6 aA
	5	11,75 ± 0,2 aA	11,78 ± 0,2 aA
Lipídeo (%)	0	3,41 ± 0,3 aA	3,33 ± 0,3 aA
	3	3,25 ± 0,2 aA	2,29 ± 1,7 aA
	5	3,17 ± 0,2 aA	2,99 ± 0,6 aA
Cinzas (%)	0	1,24 ± 0,0 aB	1,81 ± 0,1 aA
	3	1,18 ± 0,1 aB	1,64 ± 0,2 aA
	5	1,21 ± 0,1 aB	1,76 ± 0,1 aA
Carboidratos (%)	0	71,23 ± 0,5 aA	69,26 ± 0,6 aB
	3	72,27 ± 0,5 aA	70,67 ± 1,1 aB
	5	72,02 ± 0,6 aA	70,54 ± 0,3 aB
Valor energético (kcal/100 g)	0	364,25	355,21
	3	365,57	351,33
	5	363,61	356,19

- Média ± desvio padrão. Para cada atributo avaliado, médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna apresentam diferença significativa entre as doses de radiação ($p < 0,05$). Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha apresentam diferença significativa entre as FIS avaliadas para uma mesma intensidade ($p < 0,05$).

De acordo com a legislação brasileira destinada à composição de farinhas, são permitidos teores de umidade entre 8 a 15% no produto final (BRASIL, 1978). Diante disso, as farinhas avaliadas encontram-se em conformidade com a referida legislação.

Os teores energéticos médios calculados (BRS 305 = 364,48 kcal.100 g⁻¹ e SC 319 = 354,24 kcal.100 g⁻¹) mostraram-se relativamente maiores quando comparados aos de outros tipos de farinhas, como de centeio (336 kcal.100 g⁻¹) ou milho (351 kcal.100 g⁻¹), bem como ao valor energético de resíduos de frutas desidratados, como acerola (332,53 kcal.100 g⁻¹), goiaba (266,65 kcal.100 g⁻¹) e umbu (314,17 kcal.100 g⁻¹) (ARANHA *et al.*, 2017; UNICAMP, 2011).

Para os teores de lipídios verificou-se uma variação de 3,17% a 3,41% para FIS BRS 305 e 2,29% a 3,33% para FIS SC 319. O efeito da irradiação gama também não foi significativo

CAPÍTULO II

nos trabalhos de Zanão *et al.* (2009), Silva *et al.* (2010) e Ito *et al.* (2017) ao avaliarem farinhas de trigo, fubá, arroz e de bagaço da maçã irradiadas, quanto a concentração desses constituintes. Em relação aos carboidratos, estudos sobre os efeitos das radiações ionizantes em macronutrientes demonstram que não há variações significativas em dosagens até 10 kGy (COSTA; SILVA; OLIVEIRA, 2013).

A qualidade e integridade das proteínas em cereais influenciam significativamente em prol do seu valor nutricional. De acordo com Silva *et al.* (2010), altas doses de radiação (30 kGy) não afetam o conteúdo de proteína, entretanto podem acarretar o aumento do teor de aminoácidos livres, de isoleucina, tirosina, valina e alanina.

De maneira geral, as plantas e seus grãos quando expostos a algum tipo de extenuação podem apresentar mecanismos que envolvam alterações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas. O conteúdo de minerais é afetado significativamente, em virtude da sensibilidade de determinados genótipos e do efeito provocado pelo estresse em sua composição centesimal (PAIVA *et al.*, 2017; JOGAIAH; GOVIND; TRAN, 2013).

Poucos são os estudos que avaliam a influência da radiação gama sobre os minerais em alimentos, Brigide e Canniatti-brazaca (2011) verificaram que o teor de cinzas encontrado em feijões cariocas não foi influenciado pelo tratamento de irradiação. Hassan *et al.* (2013) ao estudarem o efeito da irradiação gama (1, 1,5 e 2 kGy) sobre a disponibilidade de Ca, P e Fe de dois cultivares de amendoim, observaram aumento gradual da disponibilidade destes compostos.

Em relação aos parâmetros umidade e cinzas, as FIS BRS 305 apresentaram menores teores em comparação com as FIS SC 319, quanto ao teor de carboidratos a condição foi invertida, com as FIS SC 319 apresentando as menores concentrações ($p \leq 0,05$). Vale ressaltar que a composição centesimal e distribuição de nutrientes dos grãos de sorgo são influenciados por fatores genéticos intrínsecos de cada genótipo (BOUDRIES *et al.*, 2009).

3.2 Análises tecnológicas

Na Tabela 3 estão expressos os resultados das propriedades tecnológicas para as farinhas integrais de sorgo avaliadas.

Tabela 3 – Propriedades tecnológicas: índice de absorção em água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção em óleo (IAO) e índice de absorção em leite (IAL) das FIS BRS 305 e SC 319.

	Doses de Irradiação (kGy)	FIS BRS 305	FIS SC 319
IAA (g/g)	0	2,69 ± 0,09 aA	2,63 ± 0,09 aA
	3	2,72 ± 0,06 aA	2,62 ± 0,12 aA
	5	2,73 ± 0,14 aA	2,71 ± 0,10 aA
ISA (%)	0	3,81 ± 1,56 aA	4,55 ± 1,41 aA
	3	3,59 ± 0,79 aA	4,61 ± 0,82 aA
	5	3,95 ± 0,76 aA	4,15 ± 1,14 aA
IAO (g/g)	0	1,81 ± 0,08 aA	1,88 ± 0,13 aA
	3	1,83 ± 0,08 aA	1,80 ± 0,11 aA
	5	1,79 ± 0,03 aA	1,85 ± 0,05 aA
IAL (g/g)	0	3,18 ± 0,11 aA	3,00 ± 0,30 aA
	3	3,17 ± 0,09 aA	2,99 ± 0,24 aA
	5	3,15 ± 0,12 aA	2,97 ± 0,27 aA

- Média ± desvio padrão. Para cada atributo avaliado, médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna apresentam diferença significativa entre as doses de radiação ($p < 0,05$). Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha apresentam diferença significativa entre as FIS avaliadas para uma mesma intensidade ($p < 0,05$).

A farinha proveniente do genótipo BRS 305 apresentou índices de absorção de água significativamente iguais a farinha derivada do genótipo SC 319, variando de 2,69 a 2,73 g.g⁻¹ e 2,62 a 2,71 g.g⁻¹, respectivamente. Este atributo tecnológico não apresenta efeito significativo dos fatores genótipos e radiação gama ($p > 0,05$).

A absorção de água em produtos de origem vegetal pode estar relacionada principalmente com o elevado teor de fibras presente nestes alimentos (PORTE *et al.*, 2011). Certos genótipos de sorgo são considerados ricos em fibras alimentares, como é o caso do BRS 305 avaliado neste trabalho (MARTINO *et al.*, 2012; QUEIROZ *et al.*, 2015), justificando dessa forma um IAA superior quando comparado ao encontrado por Santana *et al.* (2017) ao avaliarem farinhas de aveia (média de 1,02 g.g⁻¹) e trigo branco (1,15 g.g⁻¹).

A farinha de sorgo apresenta potencialidade para inserção e enriquecimento de alimentos, dado que produtos que apresentam valores de IAA entre 1,49 – 4,72 g.g⁻¹ são considerados fundamentais na elaboração de alimentos viscosos (ALETOR; OSHODI; IPINMOROTI, 2002). De acordo com Kinsella (1976), a capacidade de retenção de água é um parâmetro de extrema importância para artefatos de panificação e alimentos viscosos como sopas, uma vez que esta propriedade está relacionada com a aceitabilidade do produto final pelo

CAPÍTULO II

consumidor. O IAA está associado significativamente com a textura e suculência do alimento, evitando por exemplo, o ressecamento durante o armazenamento (PORTE *et al.*, 2011).

Bashir *et al.* (2017) ao avaliarem farinhas de trigo submetidas à irradiação gama, observaram reduções dos valores de IAA, atribuindo essa consequência à deformação da estrutura física do amido e ao desdobramento de proteínas nas farinhas. Os resultados de IAA podem apontar modificações na estrutura do amido já que este parâmetro determina o volume ocupado pelo seu grânulo após o inchaço, promovido pelo excesso de água (SAVLAK; TÜRKER; YESILKANAT, 2016).

O ISA é um parâmetro que mede o grau de degradação total do grânulo de amido (LUTOSA; LEONEL; MISCHAN, 2009), e esse indicador variou de 3,59 a 4,61% para as FIS. Não ocorreram alterações significativas neste parâmetro antes e após a irradiação ($p > 0,05$), assim como não houve diferença entre os resultados apresentados para cada genótipo.

Valores superiores foram encontrados no presente estudo ao compará-lo com outros teores de ISA verificados em farinhas de arroz cru (1,2%) e farinha do bagaço da mandioca (1,23%) (FIORDA *et al.*, 2013; TAVARES *et al.*, 2012) e inferiores em relação aos observados por Gomes *et al.* (2012) ao avaliarem farinhas de feijão branco (18-20%). Farinhas com elevados valores de ISA podem ser utilizadas em produtos que requerem baixas temperaturas para serem preparados (instantâneos) ou como componente na formulação de sobremesas e molhos, que necessitam de ingredientes com maior solubilidade em água (LEONEL; FREITAS; MISCHAN, 2009).

O IAO em alimentos é fundamental em formulações de produtos tais como massas de bolos. Todas as farinhas avaliadas apresentaram valores próximos de $1,8 \text{ g.g}^{-1}$, indicando baixa absorção em óleo. Este parâmetro tecnológico é utilizado em diversas pesquisas, tratando-se da combinação de gordura com grupos não polares das proteínas ou disponibilidade de grupos lipofílicos (SEIBEL; BELÉIA, 2009). O reduzido IAO pode estar relacionado com a baixa hidrofobicidade dos constituintes das FIS, dificultando a interação entre proteínas e óleo (ZHANG *et al.*, 2012).

As médias de IAL das FIS foram de 3,15 a $3,18 \text{ g.g}^{-1}$ para o sorgo BRS305 e $2,97 \text{ g.g}^{-1}$ a $3,00 \text{ g.g}^{-1}$ para o genótipo SC319. Para adição de farinhas em produtos viscosos como os cremes de queijo, bases para pudins instantâneos e alimentos infantis, o IAL é um importante atributo relativo a rápida homogeneização do produto, evitando por exemplo, características como a sinérese (BECKER *et al.*, 2014). Não houve diferença significativa entre as FIS para os atributos índices de absorção em óleo e leite e nem influência da radiação gama sobre estes parâmetros ($p > 0,05$).

3.3 Propriedades antioxidantes

Os resultados referentes a caracterização de antioxidantes das farinhas integrais de sorgo estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades antioxidantes: compostos fenólicos totais (CFT), taninos condensados (TC), antocianinas totais (ATC) e atividade antioxidante pelo método ABTS (AA) das FIS BRS 305 e SC 319.

	Doses de Irradiação (kGy)	FIS BRS 305	FIS SC 319
CFT	0	21,29 ± 2,4 aA	18,85 ± 0,9 aA
	3	21,07 ± 2,1 aA	18,47 ± 0,2 aA
	5	21,08 ± 2,5 aA	18,42 ± 0,5 aA
TC	0	71,39 ± 5,0 aA	45,16 ± 5,8 aB
	3	66,22 ± 5,0 aA	43,81 ± 3,6 aB
	5	70,66 ± 5,5 aA	42,60 ± 4,2 aB
ATC	0	27,34 ± 5,9 aB	55,41 ± 5,0 aA
	3	28,17 ± 1,4 aB	51,14 ± 5,5 aA
	5	26,04 ± 2,4 aB	46,99 ± 3,7 aA
AA	0	325,39 ± 10,9 aA	304,83 ± 8,8 aB
	3	323,08 ± 13,4 aA	286,68 ± 5,8 aB
	5	326,41 ± 4,9 aA	286,19 ± 8,8 aB

- Média ± desvio padrão. Para cada atributo avaliado, médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna apresentam diferença significativa entre as doses de radiação ($p < 0,05$). Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha apresentam diferença significativa entre as FIS avaliadas para uma mesma intensidade ($p < 0,05$).

Em termos de compostos antioxidantes, não foram observadas diferenças significativas entre as farinhas irradiadas comparadas à controle, para nenhum dos parâmetros avaliados ($p > 0,05$). Resultados que se mostram interessantes do ponto de vista nutricional devido à importância desses compostos nos alimentos, uma vez que são capazes de sequestrar radicais livres e contribuírem para prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como certos tipos de cânceres, diabetes *mellitus* e doenças renais (AWIKA; ROONEY, 2004; CARDOSO *et al.*, 2014; LOPES *et al.*, 2018; MORAES *et al.*, 2012b).

Estes resultados corroboram os dados publicados anteriormente por Mustapha *et al.* (2014), que estudaram farinhas de milho tunisiano submetidas à irradiação gama (1, 2, 3 e 5 kGy) e também não identificaram efeito significativo da radiação ionizante sobre o conteúdo total de fenólicos. Contudo, para outros materiais vegetais, o efeito significativo da radiação gama já foi relatado, Fante *et al.* (2015) observaram diminuição do teor de CFT em maçãs da

CAPÍTULO II

cultivar *Eva* irradiadas (0,5; 1,0 e 1,5 kGy) quando comparado à amostra controle (não submetida à irradiação).

A influência da radiação no teor de CFT pode estar relacionada às condições geográficas e ambientais, tipo de planta e estado físico da amostra, além das condições de extração, temperaturas aplicadas durante avaliação e doses de radiação (MUSTAPHA *et al.*, 2014).

Alguns estudos têm reportado a influência da radiação gama sobre o conteúdo de compostos bioativos, demonstrando aumento ou diminuição destes constituintes. Camargo *et al.* (2015) encontraram aumento nos teores de proantocianidinas e fenólicos totais em amendoins, após aplicação de doses de 2,5 e 5,0 kGy. Enquanto ElShazali *et al.* (2011) ao avaliarem o efeito da radiação em farinhas de milho relataram que este processo por si só não teve efeito significativo sobre o teor de taninos.

Ferreira (2010) ao avaliar o efeito da radiação ionizante em feijões cariocas pré-cozidos, observou que o teor de taninos não foi afetado pelo processo de irradiação, com doses de 1, 2 e 3 kGy. As proantocianidinas ou TC variam entre dímeros e oligômeros, e esta diferença na estrutura das moléculas pode estar relacionada com sua degradação diante da aplicação de radiação gama. No caso de grandes estruturas, como os oligômeros e compostos fenólicos insolúveis, estes estão ligados a parede celular, processo que dificulta a quebra intraestrutural dos componentes, possibilitando sua manutenção nos alimentos, mesmo após baixas doses aplicadas (CAMARGO *et al.*, 2015).

Historicamente, estas substâncias são consideradas indesejáveis do ponto de vista sensorial, em virtude da adstringência gerada aos produtos e do ponto de vista nutricional, devido à redução da disponibilidade de certas macromoléculas. Entretanto, estudos demonstram efeitos benéficos sobre a saúde humana dos TC, relacionados ao auxílio na prevenção de complicações provenientes de doenças como a diabetes e obesidade (YANG *et al.*, 2009).

Comparativamente, ao analisar as FIS para todos os tratamentos, a farinha proveniente do genótipo BRS 305 apresentou concentrações de TC e AA superiores aos encontrados na farinha SC 319 e inferiores em relação as antocianinas totais ($p \leq 0,05$).

Ao avaliarem framboesas expostas a diferentes dosagens de radiação gama (0; 0,5; 1,0; 2,0 kGy), Tezotto-Uliana *et al.* (2013) verificaram que estas não influenciaram significativamente no teor de antocianinas das frutas, corroborando os resultados deste trabalho. No entanto, de acordo com Tiwari *et al.* (2009), os efeitos que a irradiação pode causar no conteúdo de antocianinas está associada a fonte botânica exposta, onde os diglicosídeos são mais estáveis as doses de irradiação quando comparados aos monoglicosídeos.

CAPÍTULO II

Os resultados do presente estudo estão em consonância com os dados apresentados por Murcia *et al.* (2004), que também não observaram alterações significativas em relação a atividade antioxidante em especiarias irradiadas (1, 3, 5 e 10 kGy) de anis, canela, gengibre, assim como o de Mustapha *et al.* (2014) ao avaliarem pelo método ABTS a atividade antioxidante de milhetos tunisianos.

3.4 Análises microbiológicas

A RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece para amidos, farinhas, féculas e fubá em pó ou flocados, um limite máximo de 5×10^2 NMP.g⁻¹ para coliformes a 45 °C; 3×10^3 UFC.g⁻¹ para *B. cereus* e ausência de *Salmonella* sp. em 25 g de produto (BRASIL, 2001).

Todas as amostras analisadas no presente estudo estavam de acordo com a legislação vigente, dessa forma do ponto de vista microbiológico, apresentando-se aptas ao consumo. Os resultados da análise microbiológica para amostras de FIS estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise microbiológica das FIS dos genótipos BRS 305 e SC 319 tratadas com diferentes doses de irradiação gama (3 e 5 kGy) e controle (0 kGy).

Farinhas	Doses (kGy)	Coliformes totais e termotolerantes (NMP.g ⁻¹)	<i>Bacillus cereus</i> (Log UFC.g ⁻¹)	<i>Salmonella</i> sp. (25 g)	Bolores e leveduras* (Log UFC.g ⁻¹)
BRS 305	0	< 3,00	2,00	Ausente	3,35
	3	< 3,00	< 1,00	Ausente	< 1,00
	5	< 3,00	< 1,00	Ausente	< 1,00
SC 319	0	< 3,00	2,19	Ausente	3,39
	3	< 3,00	< 1,00	Ausente	< 1,00
	5	< 3,00	< 1,00	Ausente	< 1,00

-Nd: não detectável. *A legislação sanitária não estabelece limite para a contagem de bolores e leveduras em farinhas.

Não foram detectados coliformes totais, coliformes termotolerantes (45 °C) e *Salmonella* sp., nas amostras avaliadas. Ito *et al.* (2017) ao avaliarem o efeito da irradiação gama (0, 1 e 2 kGy) nas propriedades microbiológicas de farinha de bagaço de maçã durante o armazenamento, também não identificaram a presença desses microrganismos.

CAPÍTULO II

Após irradiação (3 e 5 kGy), verificou-se a redução de $3 \log_{10}$ UFC. g⁻¹ em ambos os genótipos avaliados para bolores e leveduras e de $2 \log_{10}$ UFC.g⁻¹ para *B. cereus*. As FIS irradiadas avaliadas no presente estudo apresentaram contagens de bolores e leveduras menores que o limite de detecção do método ($< 1 \log_{10}$ UFC.g⁻¹), ou seja, a radiação gama demonstrou ser uma tecnologia eficiente na redução da carga inicial desses microrganismos.

Verificou-se a presença de colônias típicas e atípicas de *B. cereus*, bolores e leveduras nas farinhas não irradiadas (controle), e não sugestivas (atípicas) nas amostras irradiadas com 3 kGy. Isto pode estar relacionado com as condições de plantio e formas de armazenamento dos grãos de sorgo, os quais são susceptíveis a contaminações por diferentes agentes etiológicos.

A aplicação da irradiação gama em baixas dosagens (≤ 3 kGy) em produtos alimentícios foi instigada a reduzir a concentração de bactérias contaminantes e estender a vida útil dos produtos, entretanto, muitos microrganismos são capazes de se adaptarem à radiação aplicada, permitindo-lhes a sobreviver a exposições normalmente letais, o que necessita da utilização de dosagens mais elevadas (ARVANITOYANNIS *et al.*, 2009). Bactérias produtoras de esporos, como o *B. cereus* são capazes de reparar rapidamente o DNA modificado, tornando-se geralmente mais resistentes do que células vegetativas ou bactérias não produtoras de esporos (LIMA FILHO *et al.*, 2012).

De acordo com Henriksen e Maillie (2002) a irradiação causa efeito direto nos microrganismos, uma vez que durante este processo existe a formação de íons e radicais livres que podem interagir com proteínas e moléculas de DNA, ocasionando mutação de células microbianas ou até mesmo a morte celular. Com a danificação das unidades estruturais e funcionais do organismo, estes se tornam incapazes de se adaptarem ao meio ambiente (BYUN *et al.*, 2001).

O efeito da irradiação gama sobre a inativação microbiana em farinhas de sorgo também foi avaliado por Mukisa *et al.* (2012). Os autores verificaram que dose de 10 kGy exerceu efeito significativo, com redução de três logs, na contagem de microrganismos aeróbios totais em farinhas maltadas. Aranha *et al.* (2017) concluíram que a irradiação gama nas doses de 2 e 3 kGy mostrou-se eficiente na eliminação de microrganismos em farinhas provenientes de resíduos de frutas, sem provocar alterações significativas nos parâmetros avaliados.

Ao estudarem a eficiência da radiação gama (1, 2, 3 e 5 kGy) em bolores e leveduras presentes em farinhas de milhetos tunisianos, Mustapha *et al.* (2014) observaram que doses de 5 kGy foram suficientes para reduzir 63% da carga contaminante do cereal. Por sua vez, Al-Bachir (2016) ao avaliar sementes de gergelim constatou que dose (≥ 3 kGy) reduziu a carga

CAPÍTULO II

bacteriana e fúngica inicial abaixo do nível de detecção, corroborando os resultados do presente estudo.

De maneira semelhante à desinfecção química e do tratamento térmico, a microbiota contaminante presente no alimento influencia significativamente na eficiência do tratamento por irradiação gama, ou seja, quanto maior o número de células, menor a eficiência do processo. No entanto, ressalta-se que as tecnologias não-térmicas, como a irradiação, possuem a capacidade de inativar microrganismos em temperatura ambiente, evitando dessa forma, efeitos indesejáveis que o calor pode acarretar no valor nutricional, sabor e cor dos produtos (CABO VERDE *et al.*, 2013).

4. CONCLUSÃO

A irradiação nas doses de 3 e 5 kGy mostraram-se eficazes na eliminação dos microrganismos avaliados, sem alterar a constituição funcional, tecnológica e físico-química das farinhas integrais de sorgo avaliadas. Portanto, a aplicação de doses baixas de radiação gama representa uma alternativa vantajosa para conservação das farinhas analisadas, podendo as mesmas serem empregadas seguramente como ingredientes em outros produtos.

A FIS proveniente do genótipo BRS 305 irradiada a 5 kGy foi aquela que apresentou os melhores parâmetros de atividade antioxidante e maior segurança microbiológica, dessa forma é a farinha indicada para utilização no desenvolvimento dos cremes de queijo.

CAPÍTULO II

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-BACHIR, M. Some microbial, chemical and sensorial properties of gamma irradiated sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. **Food Chemistry**, v. 197, p. 191-197, 2016.
- ALETOR, O.; OSHODI, A. A.; IPINMOROTI, K. Chemical composition of commom leaf vegetables and functional proprerties of their leaf protein concentrates. **Food Chemistry**, v. 78, p. 63-68, 2002.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 19th edition. Washington: AOAC, 2012.
- ARANHA, J. B. *et al.* Efeito da radiação gama nos parâmetros microbiológicos, físico-químicos e compostos fenólicos de farinha de resíduos de frutas durante armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-10, 2017.
- ARVANITOYANNIS, I. S. *et al.* Irradiation Applications in Vegetables and Fruits: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 49, p. 427–462, 2009.
- AWIKA, J. M. *et al.* Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 6657–6662, 2003.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, v. 65, p. 1199-1221, 2004.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 90, p. 239–304, 2004.
- BASHIR, K. *et al.* Physico-chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. **LWT - Food Science and Technology**, v. 76, p. 131-139, 2017.
- BECKER, F. S. *et al.* Physical and functional evaluation of extruded flours obtained from different rice genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 367-374, 2014.
- BOUDRIES, N. *et al.* Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria. **Carboh Polymers**, v. 78, p. 475-480, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978. Normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 1978.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2001.

CAPÍTULO II

- BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação dos efeitos da cocção e irradiação na composição do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 22, p. 97-102, 2011.
- BYUN, M. W. *et al.* Alterações nas qualidades microbiológicas e gerais em Doenjang (pasta de soja fermentada). **Food Science and Biotechnology**, v. 10, p. 7-11, 2001.
- CABO VERDE, S. *et al.* Effects of Gamma Radiation on Raspberries: Safety and Quality Issues. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, Part A, v.76, p. 291-303, 2013.
- CAMARGO, A. C. *et al.* Gamma-irradiation induced changes in microbiological status, phenolic profile and antioxidante activity of peanut skin. **Journal of Functional Foods**, v. 12, p. 129-143, 2015.
- CARDOSO, L. M. *et al.* Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidante profile of sorghum. **Food Chemistry**, v. 152, p. 210-217, 2014.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Observatório Agrícola – Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos**, v. 6, n. 5, 2019.
- COSTA, L. F.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, I. S. Irradiação gama em amendoim para controle de *Aspergillus flavus*. **Scientia plena**, v. 9, p. 1-12, 2013.
- DA SILVA, NEUSELY. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**, São Paulo: Livraria Varela, 2010.
- ELSHAZALI, A. M., *et al.* Effect of radiation process on antinutrients, protein digestibility and sensory quality of pearl millet flour during processing and storage. **International Food Research Journal**, v. 18, p. 1401–1407, 2011.
- FANTE, C. A. *et al.* Antioxidant activity during storage of apples subjected to irradiation. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, p. 269-275, 2015.
- FERREIRA, A. C. P. **Feijão pré-cozido irradiado com raios gama do Cobalto-60: uma alternativa de consumo**. 2010. 62 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- FERREIRA, M. S. L. *et al.* Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 822-830, 2013.
- FIORDA, F. A. *et al.* Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 408-416, 2013.

CAPÍTULO II

- GOMES, G. M. S. *et al.* Obtenção de farinha de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, p. 31-36, 2012.
- HASSAN, A. B. *et al.* Effect of radiation processing on in vitro protein digestibility and availability of calcium, phosphorus and iron of peanut. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 91, p. 200-202, 2013.
- HENRIKSEN, T.; MAILLIE, H. D. **Radiation & health**. New York: Taylor & Francis, 2002. 240 p.
- ITO, V. C. *et al.* Effects of gamma radiation on physicochemical, thermogravimetric, microstructural and microbiological properties during storage of apple pomace flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 78, p. 105-113, 2017.
- JOGAIAH, S.; GOVIND, S. R.; TRAN, L. S. P. Systems biology-based approaches toward understanding drought tolerance in food crops. **Journal Critical Reviews in Biotechnology**, v. 33, p. 23-39, 2013.
- KALUZA, W. Z., *et al.* Separation of phenolics of *Sorghum bicolor* (L.) Moench grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, p. 1191–1196, 1980.
- KINSELLA, J. E. Functional properties in foods; a survey. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 219-280, 1976.
- LIMA FILHO, T. *et al.* Energia ionizante na conservação de alimentos: revisão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, p. 243-254, 2012.
- LEONEL, M.; FREITAS, T. S.; MISCHAN, M. M. Physical characteristics of extruded cassava starch. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 486-493, 2009.
- LUTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Influência de parâmetros de extrusão na absorção e solubilidade em água de farinhas pré-cozidas de mandioca e caseína. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, p. 223-229, 2009.
- LOPES, R. C. S. O. *et al.* Evaluation of the health benefits of consumption of extruded tannin sorghum with unfermented probiotic milk in individuals with chronic kidney disease. **Food Research International**, v. 107, p. 629-638, 2018.
- MARTINO, H. S. D. *et al.* Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 337-344, 2012.
- MORAES, E. A. *et al.* In vivo protein quality of new sorghum genotypes for human consumption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 134, n. 3, p. 1549-1555, 2012.

CAPÍTULO II

- MORAES, E. A. *et al.* Sorghum genotype may reduce low-grade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunum morphology of rats fed a hyperlipidic diet. **Food Research International**, v. 49, p. 553-559, 2012b.
- MUKISA, I. M. *et al.* Gamma irradiation of sorghum flour: Effects on microbial inactivation, amylase activity, fermentability, viscosity and starch granule structure. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 81, p. 345–351, 2012.
- MURCIA, M. A. *et al.* Antioxidant evaluation in dessert spices compared with common food additives: influence of irradiation procedure. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 1872-1881, 2004.
- MUSTAPHA, M. B. *et al.* Gamma radiation effects on microbiological, physico-chemical and antioxidant properties of Tunisian millet (*Pennisetum Glaucum* L. R. Br.). **Food Chemistry**, v. 154, p. 230-237, 2014.
- MUTISYA, J. *et al.* Diurnal oscillation of SBE expression in sorghum endosperm. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 428- 434, 2009.
- OLIVEIRA, J. A. *et al.* Secagem e armazenamento de sementes de sorgo com alto e baixo teor de tanino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 699-710, 2011.
- PAIVA, C. L. *et al.* Mineral content of sorghum genotypes and the influence of water stress. **Food Chemistry**, v. 214, p. 400-405, 2017.
- PORTE, A. *et al.* Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Carica papaya*) e de abóbora (*Cucurbita* sp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, p. 91-96, 2011.
- PRICE, M. L., VAN SCOYOC, S., BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, p.1214–1218, 1978.
- QUEIROZ, V. A. V. *et al.* Nutritional composition of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes cultivated without and with water stress. **Journal of Cereal Science**, v. 65, p. 103-111, 2015.
- QUEIROZ, V. A. V. *et al.* Retention of some flavones and flavanones in flour, grain and bran of sorghum during storage. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 3, p. 522-534, 2018.
- RESENDE, L. M.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. **Food Chemistry**, v. 270, p. 53-60, 2019.
- SANTANA, G. S. *et al.* Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, p. 88-95, 2017.

CAPÍTULO II

- SAVLAK, N.; TÜRKER, B.; YESILKANAT, N. Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. **Food Chemistry**, v. 213, p. 180–186, 2016.
- SEIBEL, N. S.; BELÉIA, A. D. P. Hidrólise enzimática de fibras de cotilédones de soja e caracterização das frações sólidas e solúveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1336-1345, 2009.
- SILVA, R. C. *et al.* Estabilidade oxidativa e sensorial de farinhas de trigo e fubá irradiados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 406-413, 2010.
- TAVARES, J. A. S. *et al.* Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1102-1109, 2012.
- TEIXEIRA, N. de C. *et al.* Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes. **Food Chemistry**, v. 197, p. 291-296, 2016.
- TEZOTTO-ULIANA, J. V. *et al.* Gamma radiation: An efficient technology to conserve the quality of fresh raspberries. **Scientia Horticulturae**, v. 164, p. 348-352, 2013.
- TEZOTTO-ULIANA, J.V. *et al.* Radiação Gama em Produtos de Origem Vegetal. **Revista Virtual de Química**, v. 7 n. 1, p. 267-277, 2015.
- TIWARI, B. K. *et al.* Effect of non thermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, n. 3–4, p. 137-145, 2009.
- UNICAMP. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – **Tabela brasileira de composição de alimentos** – TACO. 4. ed Campinas: UNICAMP; NEPA, 161 p., 2011.
- VARGAS-SOLORZANO, J. W. *et al.* Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. **Food Research International**, v. 55, p. 37-44, 2014.
- YANG, L. *et al.* Sorghum 3-Deoxyanthocyanins Possess Strong Phase II Enzyme Inducer Activity and Cancer Cell Growth Inhibition Properties Journal of Agricultural and **Food Chemistry**, v. 57, p.1797–1804, 2009.
- YOUSSEF, B. M. *et al.* Combined effect of steaming and gamma irradiation on the quality of mango pulp stored at refrigerated temperature. **Food Research International**, v. 35, p. 1-13, 2002.
- ZANÃO, C.F.P. *et al.* Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oryza sativa* L.) e no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v.29, n.1, p.46-55, 2009.

CAPÍTULO II

- ZHANG, H. J. *et al.* Preparation and functional properties of rice bran proteins from heat-stabilized defatted rice bran. **Food Research International**, v. 47, p. 359–363, 2012.

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FARINHAS DE SORGO IRRADIADA OU EXTRUSADA NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, ANTIOXIDANTES E SENSORIAIS DE CREMES DE QUEIJO

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi desenvolver e caracterizar diferentes formulações de cremes de queijo adicionados de farinhas integrais de sorgo irradiada ou extrusada do genótipo BRS 305 (com pericarpo marrom e com taninos) quanto às propriedades físico-químicas, antioxidantes e sensoriais. Foram elaboradas 5 formulações: F0) creme de queijo sem adição de sorgo (controle); FI1%) creme de queijo com adição de 1% de farinha integral irradiada de sorgo; FI2%) creme de queijo com 2% de farinha integral irradiada de sorgo; FE1%) creme de queijo com adição de 1% de farinha extrusada de sorgo; FE2%) creme de queijo com adição de 2% de farinha extrusada de sorgo. Verificou-se variação significativa ($p \leq 0,05$) em relação à cor entre as formulações, além de maior concentração de proteínas, menor teor de gordura nas amostras contendo FIS e condições higiênico-sanitárias satisfatórias em relação à *Staphylococcus* coagulase positiva, *Salmonella* spp., coliformes totais e termotolerantes. Ao analisar o perfil de textura e compostos bioativos dos produtos, foram observadas diferenças significativas entre as formulações, em relação aos parâmetros de firmeza, coesividade, gomosidade, adesevidade e mastigabilidade ($p \leq 0,05$) e maiores concentrações de fenólicos totais, taninos condensados e atividade antioxidante nas amostras com 2% de farinha de sorgo. Quanto às propriedades sensoriais, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os produtos em relação aos parâmetros cor, aroma, textura e espalhabilidade. No tocante ao sabor, impressão global e intenção de compra, as amostras com FIS irradiadas foram aquelas que apresentaram os melhores resultados, demonstrando que a presença de farinha de sorgo não influenciou negativamente na aceitação dos cremes de queijo desenvolvidos.

Palavras-chaves: Queijo cremoso. *Sorghum bicolor* L. Desenvolvimento de novos produtos.

CAPÍTULO III

1. INTRODUÇÃO

A alimentação é um dos principais fatores associados à manutenção da qualidade de vida da população, impulsionando pesquisas de desenvolvimento de novos produtos, principalmente da indústria láctea. Esse segmento oferta produtos saborosos e atrativos, proporcionando ao consumidor alimentos diferenciados, acessíveis, concomitantemente, mais saudáveis e com certo apelo funcional (SOUZA *et al.*, 2017). No mercado, o consumo de produtos lácteos está em alta, sendo o queijo um importante alimento procurado pelos consumidores em função de suas características nutricionais e diversidade tecnológica (MOLINA; PELISSARI; FEIHRMANN, 2010).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Queijos, estabelecido pela Portaria 146 de 1996, define-se queijo como um produto fresco ou maturado, obtido por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou pela ação física do coalho a partir de soros lácteos coagulados, de enzimas e/ou bactérias específicas e de ácidos orgânicos. Adicionado ou não de substâncias alimentícias e/ou especiarias, condimentos e/ou aditivos especificamente indicados (BRASIL, 1996).

O processo de elaboração dos queijos consiste na concentração do leite, pelo qual os componentes sólidos, principalmente a gordura e proteínas, são concentrados, enquanto a porção aquosa (soro) é separada da massa durante fabricação convencional. Queijos apresentam elevado valor nutricional, são fontes de sais minerais, proteínas de alto valor biológico, lipídeos, carboidratos e vitaminas (MCSWEENEY, 2004), e podem ser utilizados como matrizes no processo de elaboração de cremes de queijo.

Os cremes de queijo são produtos que se assemelham ao requeijão e podem ser obtidos a partir da fusão da massa ou por mistura do queijo com outros ingredientes como creme de leite, gomas e leite pasteurizado. Este derivado lácteo tem ganhado destaque no mercado devido à sua praticidade, adicionalmente, tem sido indicado como uma opção para substituição da manteiga e margarina em dietas alimentares, uma vez que tendem a possuir um menor valor calórico total em termos de gorduras, quando elaborados a partir da massa de queijo Minas Frescal, ricota ou *cottage*. Aos cremes de queijo também podem ser adicionadas ervas finas e/ou cereais, buscando melhorias na textura, sabor e/ou aumento de propriedades nutricionais (BURITI; CARDARELLI; SAAD, 2008; LEMES *et al.*, 2016).

Dentre os cereais mais produzidos no mundo, destaca-se o sorgo (*Sorghum bicolor* L.) por apresentar alta versatilidade, ser tolerante à seca e isento de glúten. Rico em amido

CAPÍTULO III

resistente e fibras, o genótipo BRS 305 apresenta concentrações significativas de compostos bioativos, como as antocianinas e os taninos condensados, componentes do metabolismo secundário das plantas capazes de sequestrarem radicais livres e promoverem melhorias para saúde humana (MORAES *et al.*, 2012; ROONEY, 2007; TEIXEIRA *et al.* 2016).

Destaca-se ainda que, o genótipo de sorgo exerce forte influência no perfil antioxidante, na coloração e também na aceitação sensorial dos produtos (MARTINO *et al.*, 2012) e que sua adição em derivados lácteos busca maximizar os benefícios para a saúde e aceitação por parte do consumidor. Dessa forma, o desenvolvimento de cremes de queijo adicionados de farinhas de sorgo, possibilitará a introdução desse cereal na alimentação humana, permitindo atender uma demanda da população por alimentos mais saudáveis e saborosos.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e caracterizar diferentes formulações de cremes de queijo adicionados de farinhas integrais de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305 quanto às propriedades físico-químicas, antioxidantes, microbiológicas e sensoriais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos Laboratórios do Departamento de Alimentos (ALM) da Faculdade de Farmácia (FAFAR) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil; Laboratórios do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil; Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil) e no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN CNEM), Belo Horizonte, Minas Gerais.

2.1 Material

Todos os ingredientes necessários para o desenvolvimento dos queijos e cremes de queijo foram adquiridos no comércio local de Belo Horizonte – MG, com exceção das farinhas integrais irradiada a 5 kGy e extrusada de sorgo do genótipo BRS 305, com pericarpo marrom e testa pigmentada (com tanino), cedidas pela Embrapa Milho e Sorgo.

2.2 Métodos

2.2.1 Processo de extrusão e irradiação

A FES BRS 305 foi processada na Embrapa Agroindústria de Alimentos (Rio de Janeiro, Brasil) em extrusora dupla-rosca modelo Evolum 109 HT 25 (Clextral, Firminy,

CAPÍTULO III

França) com matriz circular de quatro furos de igual diâmetro, a uma velocidade constante de $40,32 \times g$ e zonas de temperatura de: 30, 30, 60, 90, 100, 100, 120, 120, 150 e 150 °C, para alimentação de saída. O diâmetro da rosca (D) foi de 25 mm, comprimento total configurado em parafuso de 1000 mm, gerando uma relação global de 40, aberturas circulares de 3,8 mm de diâmetro e 9 mm de comprimento. Os extrusados foram coletados, secos em estufa de ar forçado a 60 °C, por 4 h, e moídos em moinho de disco, seguido por moinho de martelo (0,8 mm de abertura) para obtenção do produto final (VARGAS-SOLÒRZANO *et al.*, 2014).

O processo de irradiação da farinha BRS 305 foi realizado de acordo com o item 2.2 do Capítulo 2, utilizando-se a dosagem de 5 kGy.

2.2.2 Caracterização das farinhas de sorgo

Análise granulométrica

Para determinação da granulometria e distribuição dos tamanhos das partículas, realizou-se a tamisação de 100 g das farinhas de sorgo, em agitador de peneiras (Lucadema), durante 10 minutos, com controlador de velocidade no nível 10, em 11 peneiras padrão ABNT, com vibração. Para isso, foram utilizadas malhas de aberturas variando de 125 a 4000 µm. A amostra retida em cada peneira foi pesada e expressa em porcentagem (%) (MARTINO *et al.*, 2012).

Amido total, resistente e não resistente

A quantificação do amido resistente (AR) foi realizada utilizando-se o kit de ensaio AR fornecido pela *Megazyme International Ireland Ltd.*, Wicklow, Irlanda. As amostras foram incubadas a 37 °C por 16 horas, sendo a hidrólise enzimática do amido não-resistente (ANR) realizada pela ação concomitante da α -amilase pancreática (10 mg/mL) e amiloglucosidase (3 U/mL) e a separação feita por centrifugação. O AR foi purificado com etanol e solubilizado em 2 mol/ L de KOH A (TEIXEIRA *et al.*, 2016).

As concentrações de ANR e AR foram medidas a 510 nm em espectrofotômetro (Instrutherm® Modelo UV-2000 A), com resultados expressos em g.100 g⁻¹ de farinha de sorgo (b.s). O teor total de amido presente na amostra foi calculado a partir da equação 1:

$$\text{Amido total (g.100 g}^{-1} \text{ de amostra)} = \text{AR} + \text{ANR (eq. 1)}$$

CAPÍTULO III

2.2.3 Elaboração do Queijo Minas Frescal

Para a elaboração do queijo Minas Frescal (Figura 1) foi utilizado leite pasteurizado aquecido a 38 °C, temperatura ideal para atuação do agente coagulante. Em seguida, foram adicionados o cloreto de cálcio (2,5 mL.5 L⁻¹ de leite), ácido láctico (2,5 mL.5 L⁻¹ de leite) e o coalho (Ha-La®) em quantidade definida pelo fabricante (4 mL.5 L⁻¹), permanecendo em repouso por 40 min até coagulação. Após coagulação, o corte da massa foi realizado, seguido de agitação e retirada do soro.

Os produtos foram enformados em formas circulares e posteriormente embalados em filmes plásticos de polietileno e armazenados sob refrigeração (7 ± 2 °C) até o momento da elaboração dos cremes de queijo.

Figura 1 - Queijo Minas Frescal desenvolvido



Fonte: Arquivo pessoal.

2.2.3.1 Análise físico-química do queijo Minas Frescal

A determinação do teor de umidade foi realizada pelo método gravimétrico de secagem em estufa a 105 °C, baseado na remoção da água por aquecimento. A concentração de gordura pela metodologia do butirômetro de Gerber; das proteínas pelo método de determinação do nitrogênio total, com a técnica de Kjeldahl (fator de correção 6,38). As cinzas por meio da incineração em mufla a 550 °C, a acidez total titulável por titulometria, sendo os resultados

CAPÍTULO III

expressos em g de ácido láctico.100 g⁻¹ de amostra úmida e os carboidratos por cálculo de diferença (AOAC, 2012).

2.2.4 Processamento dos cremes de queijo

No desenvolvimento dos cremes de queijo, inicialmente a goma xantana foi diluída em leite pasteurizado aquecido à temperatura de 65 °C, com o intuito de promover uma maior tensão entre o hidrocoloide e as moléculas de caseína e assim obter um alimento com melhor textura. O produto foi processado em liquidificador industrial (Poli Metalúrgica Skymssen, modelo TR-02, frequência 60 Hz, potência 245 W), onde foram adicionados o leite aquecido com a goma, creme de leite, massa de queijo cortada, sal e as FIRS ou FES (BURITI; CARDARELLI; SAAD, 2008; LEMES *et al.*, 2016; SANTINI *et al.*, 2012). As proporções de ingredientes adicionados durante a homogeneização dos cremes de queijo estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Ingredientes utilizados nas formulações dos cremes de queijo adicionados de farinhas de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305.

Formulações de cremes de queijo					
Ingredientes	F0	FI1%	FI2%	FE1%	FE2%
Massa base de queijo fresco	60%	60%	60%	60%	60%
Leite pasteurizado	29%	28%	27%	28%	27%
Creme de leite	9,7%	9,7%	9,7%	9,7%	9,7%
FIRS BRS 305	-	1%	2%	-	-
FES BRS 305	-	-	-	1%	2%
Sal	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%
Goma xantana	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

- Sem adição. Cremes de queijo desenvolvidos: F0 (amostra controle), FI1% (amostra contendo 1% de FIRS), FI2% (amostra contendo 2% de FIRS), FE1% (amostra contendo 1% de FES), FE2% (amostra contendo 2% de FES).

Após homogeneização foram obtidas 5 (cinco) formulações: F0) creme de queijo sem adição de sorgo (controle); FI1%) creme de queijo com adição de 1% de FIRS do genótipo BRS

CAPÍTULO III

305; FI2%) creme de queijo com 2% de FIRS do genótipo BRS 305; FE1%) creme de queijo com adição de 1% de FES do genótipo BRS 305; FE2%) creme de queijo com adição de 2% de FES do genótipo BRS 305 (Figura 2).

Figura 2 - Cremes de queijo desenvolvidos



*F0 (amostra controle), FI1% (amostra contendo 1% de FIRS), FI2% (amostra contendo 2% de FIRS), FE1% (amostra contendo 1% de FES), FE2% (amostra contendo 2% de FES). **Fonte: Arquivo pessoal.**

Armazenamento e período de amostragem

Os cremes de queijos foram armazenados sob refrigeração (7 ± 2 °C) em potes de vidro. As avaliações dos parâmetros físico-químicos, antioxidantes, microbiológicos e sensoriais foram realizadas após 1 (um) dia de elaboração dos produtos.

Análise físico-química dos cremes de queijos

A cor instrumental foi analisada com auxílio de um colorímetro (Konica Minolta modelo CM-2600D, Osaka, Japão) com determinação no sistema CIE L, a* e b*. O parâmetro L corresponde a luminosidade, representando quanto mais clara ou mais escura é a amostra, com valores que assumem de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). A coordenada a* representa o eixo do verde (valores negativos) ao vermelho (valores positivos) e coordenada b* representa o eixo do amarelo (valores positivos) ao azul (valores negativos).

A composição centesimal dos cremes de queijo foi determinada seguindo as metodologias descritas no item 2.2.3.1 e para determinação do pH foram homogeneizados 10 g de produto em 50 mL de água destilada e os valores avaliados por potenciometria em analisador (MS Tecnopon) (AOAC, 2012).

Propriedades antioxidantes: compostos fenólicos totais, taninos condensados e atividade antioxidante pelo método ABTS

CAPÍTULO III

Para identificação e quantificação dos compostos antioxidantes, os cremes de queijo foram congelados e então liofilizados, em liofilizador (L101 - Liotop) por 92 horas, para posteriormente serem analisados quanto aos teores de compostos fenólicos totais (CFT), taninos condensados (TC) e atividade antioxidante (AA) pelo método ABTS.

O conteúdo de CFT foi determinado com o reagente *Folin Ciocalteu*, conforme método proposto por Kaluza *et al.* (1980), sendo os resultados calculados e expressos em mg de ácido gálico equivalente (AGE).g⁻¹ amostra, a uma absorbância de 620 nm. Para determinação dos TC foi utilizado o método em espectrofotômetro (500 nm) de reação Vanilina/HCl descrito por Price, Van Scoyoc e Butler (1978) e os resultados expressos em mg de catequina equivalente (EC).g⁻¹ de amostra.

A atividade antioxidante dos cremes de queijo foi determinada pelo método ABTS, de acordo com Awika *et al.* (2003). A absorbância das amostras foi lida a 734 nm, em espectrofotômetro (Instrutherm® Modelo UV-2000 A) e os resultados expressos em µmol equivalente Trolox.g⁻¹.

Textura instrumental

O perfil de textura das cinco formulações desenvolvidas foi determinado por meio do teste de dupla compressão das amostras contidas em embalagens plásticas, utilizando cilindro de alumínio de 35 mm de diâmetro. Os cremes foram avaliados em analisador de textura TAXTPLUS (*Stable Micro Systems*) e os dados coletados por meio do programa *Exponent Lite*, versão 5.1.1.0, 2010. Foram analisados os atributos primários firmeza, adesividade, elasticidade, coesividade, viscosidade, mastigabilidade e o parâmetro secundário gomosidade. Para isso foram empregadas as seguintes condições: amostras com altura de 2 cm e diâmetro de 5 cm, temperatura de 7 °C, distância, velocidade e intervalo de compressão de 10 mm, 1 mm/s, 5 s, respectivamente (BURITI; CARDARELLI; SAAD, 2008).

Análise microbiológica

As avaliações microbiológicas compreenderam a pesquisa por *Salmonella* sp., em 25 gramas de produto, coliformes totais e termotolerantes, e a contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva nas amostras desenvolvidas de acordo com os limites para queijo cremoso estabelecidos pelo Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, Resolução nº 12 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001; DA SILVA, 2010).

CAPÍTULO III

Análise Sensorial

A avaliação sensorial foi realizada em uma única sessão, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Minas Gerais, sob número de protocolo (CAAE-09233419.0.0000.5149/2019).

Os testes sensoriais foram executados no Laboratório de Análise Sensorial na Universidade Federal de São João del-Rei – *Campus* Sete Lagoas, sendo o público alvo apreciadores de cremes de queijos e afins, de ambos os gêneros e com idade variando entre 18 e 60 anos. O recrutamento dos avaliadores foi feito por meio de convite divulgado na universidade, extensivo a todos os estudantes, professores, funcionários e visitantes. Foram excluídos dos testes, pessoas que alegaram alguma restrição alimentar ao leite (intolerância à lactose e alergia à proteína presente no leite de vaca) ou outro ingrediente presente na formulação, bem como indivíduos com problemas de saúde e com uso contínuo de medicamentos que alterassem a percepção sensorial.

Com a finalidade de avaliar a qualidade sensorial dos cremes de queijo adicionados de farinhas de sorgo, foram realizados testes afetivos de aceitação e intenção de compra e o teste descritivo *Check all that apply* (CATA) com 60 painelistas não treinandos. Inicialmente, os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) para Pesquisa com Seres Humanos (APÊNDICE A), Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) em duas vias e também preencheram um questionário de identificação (APÊNDICE B), com perguntas relevantes a pesquisa, objetivando levantar o perfil socioeconômico dos avaliadores.

Para o teste de aceitação foi utilizada uma escala hedônica de 9 pontos, variando de 1 “desgostei extremamente” a 9, “gostei extremamente” para cada atributo avaliado: cor, aroma, textura, sabor, impressão global, espalhabilidade (ESP) e uma escala de atitude (FACT) de 5 pontos para verificar a intenção de compra dos consumidores.

O mesmo painel de avaliadores respondeu às perguntas do teste CATA, o qual incluiu 18 atributos sensoriais relacionados às características de cremes de queijo: arenoso, sabor de creme de leite, odor de queijo, ácido, odor de farinha, amargo, sabor de queijo, cor creme, fluído, salgado, insosso, opaco, viscoso, cremoso, cor rósea, brilhante, integral e odor de leite. Os termos foram selecionados com base em estudos anteriores com cremes de queijo, requeijão e queijos cremosos e complementados com aqueles levantados por uma equipe de cinco pesquisadores (GARRUTI *et al.*, 2003; MININ *et al.*, 2010; PIAZZON-GOMES *et al.*, 2010).

CAPÍTULO III

As amostras foram servidas em cabines individuais, de forma monádica e avaliadas sob luz branca. Cada painelistas foi direcionado a analisar a ficha de avaliação (APÊNDICE C) contendo os atributos e marcar todos os termos considerados apropriados a descrever cada amostra alvo servida.

2.2.5 Análises Estatísticas

O experimento foi conduzido segundo Delineamento Inteiramente Casualizado, o processamento dos dados instrumentais em triplicata e dos testes sensoriais de aceitação e intenção de compra foram analisados no software SPSS 15.0 com média $\pm$ desvio padrão e submetidos à análise de variância (ANOVA).

Foi considerado as formulações como efeito fixo e as repetições do experimento como um termo aleatório, sendo o teste de Tukey utilizado na determinação das diferenças significativas entre as formulações desenvolvidas ($p \leq 0,05$), após verificação das premissas iniciais de homogeneidade e normalidade, pelos testes *Shapiro-Wilk* e *Levene*.

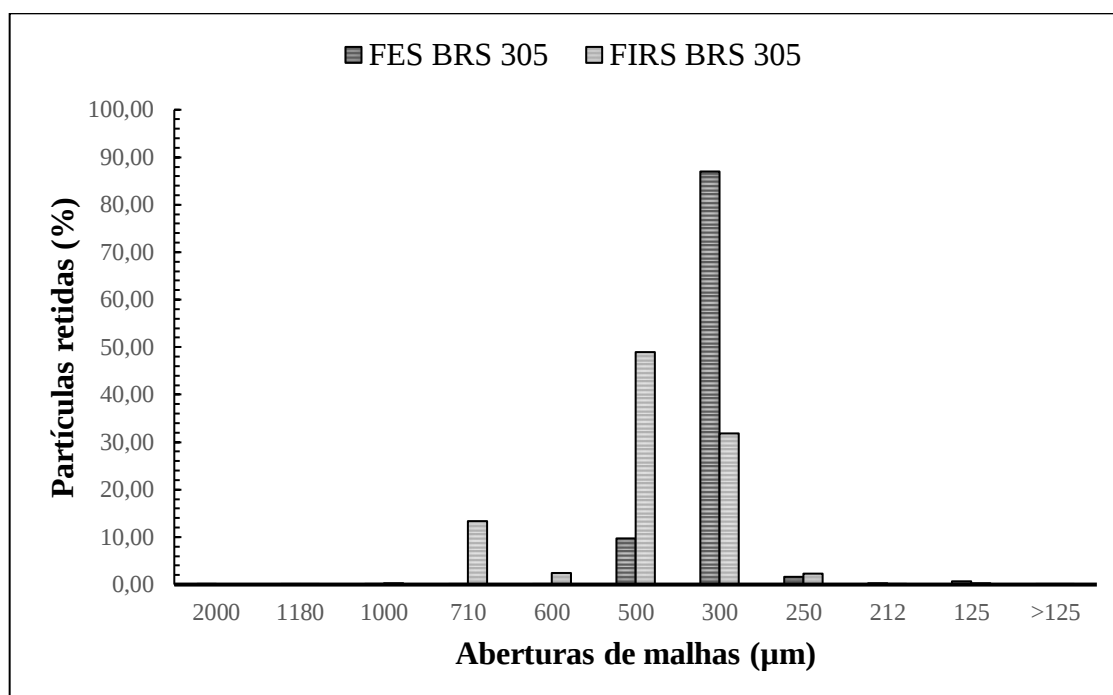
Para o teste descritivo *Check all that apply* a frequência de citação de cada atributo sensorial foi determinada pela contagem do número de avaliadores que utilizaram o termo para descrever as amostras. Para obtenção do mapa sensorial das formulações, foi utilizado a Análise de Correspondência (AC) aplicada à contingência, por meio do programa *SensoMaker* (UFLA) (PINHEIRO; NUNES; VIETORES, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise granulométrica

Os resultados referentes à granulometria das amostras analisadas encontram-se na Figura 3.

Figura 3 - Distribuição de tamanho de partículas das farinhas de sorgo extrusada (FES) e irradiada (FIRS) do genótipo BRS 305



A maior porcentagem de farinha de sorgo foi retida na peneira com abertura 500 µm e 300 µm, para as FIRS (48,94%) e FES (87,00%) respectivamente. Martino *et al.* (2012) analisaram a granulometria de diferentes FIS e obtiveram resultados similares, com maior retenção das farinhas nas peneiras com abertura de malha de 420 µm.

Este fato é importante porque a granulometria e distribuição de tamanho da matéria-prima são parâmetros relevantes quanto ao aspecto de desenvolvimento de novos produtos alimentares, pois em termos nutricionais, podem influenciar na digestibilidade dos nutrientes, considerando que, quanto menor o tamanho das partículas maior o contato dessas com os sucos digestivos, beneficiando a digestão e absorção das mesmas (MARTINO *et al.*, 2012). Além disso, do ponto de vista tecnológico partículas mais finas estão associadas a maior absorção de água (PAUCAR-MENACHO *et al.*, 2008).

Amido total (ATo), resistente (AR) e não resistente (ANR)

A análise do teor de AR na FIRS mostrou a presença de 59,57 g.100 g⁻¹, ANR de 7,85 g.100 g⁻¹ e ATo de 67,42 g.100 g⁻¹ de amostra. Em relação à FES o teor de AR corresponde a 0,75 g.100 g⁻¹, ANR a 68,8 g.100 g⁻¹ e ATo igual a 69,56 g.100 g⁻¹ de amostra, conforme Tabela 2. Comparando-se os processos, a extrusão favoreceu a diminuição do teor de amido resistente

CAPÍTULO III

e como consequência aumento da concentração do ANR ($p \leq 0,05$), em termos de amido total, as farinhas não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

Tabela 2 - Teores de amido resistente em farinhas de sorgo irradiada (FIRS) e extrusada (FES) do genótipo BRS 305.

(g.100 g ⁻¹)	FIRS BRS 305	FES BRS 305
Amido Resistente	59,57 ± 2,18 a	0,75 ± 0,08 b
Amido Não Resistente	7,85 ± 0,48 b	68,80 ± 0,83 a
Amido total	67,42 ± 2,07 a	69,56 ± 0,76 a

- Média ± desvio padrão. Para cada atributo avaliado, médias seguidas de diferentes letras minúsculas na linha apresentam diferença significativa entre as farinhas avaliadas ($p < 0,05$).

Khan *et al.* (2013) ao avaliarem farinhas de trigo, sorgo branco e vermelho indicaram que a porção não digerível de amido de sorgo é superior ao do trigo, com teores de amido resistente iguais a $0,42 \pm 0,06$ g.100 g⁻¹ para o trigo, $2,21 \pm 0,06$ g.100 g⁻¹ para FIS branca e $2,95 \pm 0,15$ g.100 g⁻¹ para FIS vermelha. Enquanto que Teixeira *et al.* (2016) observaram grande variação no conteúdo de amido resistente de 49 genótipos de sorgo com valores variando de $0,31 \pm 0,33$ a $65,66 \pm 5,46$ g.100 g⁻¹ em base seca.

Considerando o processo de extrusão, Freitas e Leonel (2008) constataram que houve redução significativa ($p \leq 0,05$) do conteúdo de amido resistente ao estudarem a concentração do mesmo em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais, o que corrobora com os resultados deste presente estudo.

De acordo com Hagenimana, Ding e Fang (2006), o cozimento por extrusão aumenta proporcionalmente a digestibilidade do amido quando comparados com amostras não extrusadas, em virtude da ruptura da estrutura física e gelatinização de seus grânulos. Este rompimento está associado à energia térmica e mecânica gerada no processo de extrusão, acarretando o aumento da acessibilidade da amilase. Posterior resfriamento, as cadeias hidratadas de amilose e amilopectina reassociam-se molecularmente, adquirindo resistência a digestão enzimática (HTOON *et al.* 2009).

Análise físico-química de queijo Minas Frescal

Os resultados dos atributos físico-químicos do queijo Minas Frescal desenvolvido encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização físico-química de queijo Minas frescal elaborado.

Parâmetros avaliados	Concentração* (%)
Umidade	62,16 ± 0,22
Proteínas	20,91 ± 0,41
Gordura no (ES)	32,15 ± 0,58
Cinzas	2,52 ± 0,07
Carboidratos	2,24 ± 0,44
Acidez total titulável	0,04 ± 0,00

*Média ± desvio padrão. (ES) extrato seco.

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Minas Frescal (BRASIL, 1997, 2004), o produto desenvolvido por apresentar teor de umidade igual a 62,16%, classifica-se como queijo de muita alta umidade (não inferior a 55%). O teor de umidade de um alimento influencia significativamente na sua qualidade, estando associado a susceptibilidade, a contaminação microbiana e variações físico-químicas. Em queijos, essas alterações estão interligadas ao processo de produção, quantidade de produto e ao tipo de salga (VISOTTO *et al.*, 2011).

O queijo Minas Frescal por ser um alimento de consumo imediato, apresenta expressivo teor de umidade, fator que influencia na textura e no sabor característico do produto (MAGENIS *et al.*, 2014). Quanto ao teor de gordura, o queijo desenvolvido foi classificado como semigordo (25 a 44,9% de gordura no extrato seco) (BRASIL, 1997, 2004), não sendo referenciados na regulamentação vigente os teores de cinzas e acidez.

O percentual de proteínas identificado neste trabalho se enquadra nos valores preconizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que, segundo a Portaria nº 146/1996 (BRASIL, 1996) o percentual mínimo de proteínas em queijos deve ser de 20%. Felício *et al.* (2016) encontraram teores de proteínas entre 16% e 18% ao avaliarem queijos Minas probióticos com baixo teor de sódio adicionado de arginina, valores estes, inferiores aos obtidos neste estudo.

O valor de acidez encontrado foi de 0,04% de ácido láctico para a amostra de queijo desenvolvida, resultado inferior ao encontrado por Back *et al.* (2013) ao avaliarem a viabilidade probiótica de queijos Minas Frescal com teor reduzido de lactose. Em relação à concentração de cinzas, a encontrada neste estudo se assemelha aos resultados de Ribeiro *et al.* (2009), os quais desenvolverem queijo Minas Frescal adicionado de *Lactobacillus acidophilus* a partir de retentados de ultrafiltração, obtendo valores entre 2,3 a 2,5 %.

CAPÍTULO III

Análises físico-químicas de cremes de queijo

Os resultados da caracterização físico-química dos cremes de queijo estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Caracterização físico-química de cremes de queijo adicionados de farinhas de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305.

(%)	F0	FI1%	FI2%	FE1%	FE2%
Umidade	68,86 ± 0,38 ^a	67,80 ± 1,94 ^a	66,66 ± 1,19 ^a	68,35 ± 0,81 ^a	65,05 ± 4,18 ^a
Proteínas	10,57 ± 0,35 ^b	14,27 ± 0,22 ^a	14,50 ± 1,60 ^a	13,87 ± 0,54 ^a	13,91 ± 1,26 ^a
Lipídeos	10,00 ± 0,00 ^a	9,33 ± 0,58 ^b	8,50 ± 0,87 ^b	9,17 ± 0,29 ^b	8,50 ± 0,87 ^b
Cinzas	3,75 ± 0,05 ^a	3,77 ± 0,37 ^a	3,93 ± 0,73 ^a	4,51 ± 1,39 ^a	4,29 ± 1,33 ^a
Carboidratos	6,82 ± 2,61 ^a	4,83 ± 2,61 ^a	6,41 ± 1,85 ^a	4,10 ± 1,93 ^a	8,25 ± 5,41 ^a
L*	92,99 ± 0,39 ^a	87,42 ± 0,42 ^b	85,88 ± 0,27 ^c	86,05 ± 0,52 ^c	83,82 ± 0,27 ^d
a*	- 0,72 ± 0,06 ^e	1,98 ± 0,03 ^d	3,26 ± 0,13 ^b	2,82 ± 0,25 ^c	3,88 ± 0,18 ^a
b*	11,98 ± 0,30 ^a	10,34 ± 0,05 ^{bc}	10,56 ± 0,51 ^b	10,01 ± 0,19 ^{bc}	9,71 ± 0,24 ^c

- Médias com letras diferentes, na mesma linha, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
Formulações F0 (amostra controle), FI1% (amostra contendo 1% de FIRS), FI2% (amostra contendo 2% de FIRS), FE1% (amostra contendo 1% de FES), FE2% (amostra contendo 2% de FES).

O creme de queijo controle diferiu nos valores de luminosidade, cromaticidade a^* e b^* , em relação a todos os tratamentos desenvolvidos ($p \leq 0,05$). A variação significativa da cromaticidade (a^*), é representada pelo eixo vermelho (com valores positivos) para amostras contendo FIS e negativo para a amostra F0. Em relação à luminosidade (L^*), a adição de farinha de sorgo proporcionou maior opacidade nas formulações, característica observada pela diminuição desse parâmetro, em comparação ao creme de queijo sem o cereal.

Isso pode ser explicado porque, os grãos de sorgo do genótipo BRS 305 com pericarpo marrom, apresentam concentrações significativas de antocianinas (QUEIROZ *et al.*, 2014). Estas são consideradas corantes alimentícios naturais e conferiram visualmente uma tonalidade

CAPÍTULO III

rósea aos cremes de queijo desenvolvidos com FIS em comparação ao controle, que apresentou maior valor de (b^*) e cor creme.

Ardabilchi *et al.* (2020) relataram resultados semelhantes ao estudarem a coloração de iogurtes adicionados de linhaça. De acordo com os autores, o valor L^* do produto diminuiu com o aumento no nível de linhaça adicionada, o que pode estar relacionado à cor original escura do cereal. Ressalta-se ainda que, os parâmetros de cor influenciam significativamente na aceitação dos produtos lácteos pelos consumidores e consequentemente sua comercialização, demonstrando a importância de sua determinação (ZARE *et al.*, 2011).

As amostras de creme de queijo não diferiram quanto aos teores de umidade, cinzas e carboidratos ($p > 0,05$). Em relação aos teores de proteínas e lipídios, estes diferiram entre F0 e os tratamentos contendo farinha de sorgo irradiada ou extrusada ($p \leq 0,05$). Isso indica que o uso de farinhas de sorgo contribuiu para o aumento nutricional, no que diz respeito ao aporte de proteínas contidas nos cremes de queijo. Este parâmetro das cinco formulações, foi superior à de outros produtos similares encontrados na literatura, conforme descrito abaixo.

Zulkunair *et al.* (2008) encontraram valores médios de 4,3% de proteínas ao avaliarem queijos cremosos elaborados à base de soja. Do mesmo modo, Sang-Hun *et al.* (2012) verificou teores médios de 7,97% de proteínas ao desenvolverem *cream cheese* com reduzido teor de colesterol.

As amostras contendo FIS apresentaram menores teores de gordura em comparação à formulação controle. De certo modo, a diminuição neste parâmetro foi proporcional ao conteúdo de leite adicionado durante a elaboração dos produtos. Lemes *et al.* (2016) ao avaliarem queijos cremosos adicionados de farinhas de chia e quinoa, obtiveram concentrações de lipídeos similares (média de 8,5%), em consonância com o presente estudo.

O pH é um importante parâmetro para caracterização de todos os queijos, pois influencia diretamente na estrutura e propriedades reológicas dos produtos, afetando as interações químicas entre seus principais componentes estruturais (proteínas, água e minerais) (GOMES; PENNA, 2010). Essa escala foi igual a 6,71 para a F0, de 6,60 para amostra FI1%, de 6,60 para amostra FI2%, de 6,68 para amostra FE1% e de 6,59 para amostra FE2%, demonstrando que adição de FIS, seja irradiada ou extrusada, não contribuiu para alteração dessa propriedade ($p > 0,05$).

Tendo em vista a demanda da população por alimentos com concentrações expressivas de proteínas e com reduzido teor de gordura, os resultados apresentados neste trabalho tornam-se relevantes a fim de atenderem a demanda dos consumidores de cremes de queijo. O que abre perspectivas para o desenvolvimento industrial desse tipo de produto.

CAPÍTULO III

Propriedades antioxidantes

A Tabela 5 mostra as concentrações de CFT, TC e AA para as formulações de cremes de queijo desenvolvidas neste estudo. Os tratamentos FI2% e FE2% apresentaram maior conteúdo de CFT e maior atividade antioxidante quando comparados aos demais ($p \leq 0,05$).

Tabela 5 - Teor em base seca de fenólicos totais, taninos condensados e atividade antioxidante de formulações de cremes de queijo: controle e com adição de farinhas de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305.

Cremes de queijo	Fenólicos totais	Taninos condensados	Atividade antioxidante
F0	$0,87 \pm 0,02^d$	Nd	$333,18 \pm 5,32^c$
FI1%	$0,96 \pm 0,02^c$	Nd	$379,43 \pm 4,89^b$
FI2%	$1,21 \pm 0,07^a$	$0,75 \pm 0,06^a$	$423,37 \pm 15,12^a$
FE1%	$1,05 \pm 0,01^b$	Nd	$395,07 \pm 11,27^b$
FE2%	$1,19 \pm 0,06^a$	$0,25 \pm 0,09^b$	$454,96 \pm 19,97^a$

- Nd: Não detectado. Médias com letras diferentes, na mesma coluna, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Formulações: F0 (amostra controle), FI1% (amostra contendo 1% de FIRS), FI2% (amostra contendo 2% de FIRS), FE1% (amostra contendo 1% de FES), FE2% (amostra contendo 2% de FES).

A presença de TC foi detectada apenas nos cremes de queijo contendo 2% de farinha de sorgo, sendo a amostra FE2% significativamente diferente da amostra FI2% ($p \leq 0,05$). É importante destacar que, embora a presença de taninos nos alimentos esteja relacionada à redução da digestibilidade das proteínas e da eficiência alimentar em animais e humanos, esses compostos estão associados à efeitos imunomoduladores, antioxidantes, anti-inflamatórios, cardioprotetores e antitrombóticos (WU *et al.*, 2012).

Adicionalmente, Oliveira *et al.* (2020) observaram maiores concentrações de AA, TC e CFT em iogurtes gregos preparados com 4% de farinha de sorgo do genótipo BRS 305. Isso sugere um maior potencial funcional de derivados lácteos adicionados de sorgo com tanino, em comparação aos produtos sem este cereal.

Wang, Kristo e LaPointe (2020) ao avaliarem a adição de bagaço de maçã (1%, 2% e 3%) como ingrediente funcional em iogurtes perceberam que os teores de CFT encontrados nos

CAPÍTULO III

produtos aumentaram de maneira dependente da concentração de bagaço adicionada, ou seja, quanto maior a quantidade adicionada, maior o teor de compostos fenólicos detectado.

Com o aumento da adição de casca de jabuticaba (1,5%, 2,0%, 2,5% e 3,0%) na elaboração de queijos *petit suisse*, Saito *et al.* (2019) observaram que o comportamento da AA avaliada pelo método ABTS foi semelhante ao conteúdo de CFT, no qual houve um aumento com a gradativa adição deste corante natural.

Existe uma associação entre grãos de sorgo com testa pigmentada e a capacidade antioxidante de farinhas produzidas, uma vez que os compostos responsáveis pela ação antioxidante das mesmas são encontrados majoritariamente em genótipos escuros (com pigmentos naturais), como o BRS 305 utilizado neste trabalho (AWIKA *et al.*, 2003; DO PRADO *et al.*, 2019).

Textura instrumental

Os perfis de textura dos cremes de queijo com e sem adição de FIS estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Análise instrumental de textura para os cremes de queijo controle e desenvolvidos com farinha de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305.

Parâmetros	F0	FI1%	FI2%	FE1%	FE2%
Firmeza (N)	386,8 ± 126,2 ^c	477,1 ± 23,9 ^c	702,1 ± 130,6 ^b	479,8 ± 7,3 ^c	978,0 ± 90,7 ^a
Elasticidade	0,9 ± 0,02 ^a	0,9 ± 0,05 ^a	1,00 ± 0,03 ^a	1,00 ± 0,01 ^a	1,00 ± 0,03 ^a
Coesividade (N)	0,4 ± 0,02 ^b	0,4 ± 0,01 ^b	0,5 ± 0,01 ^a	0,4 ± 0,01 ^b	0,5 ± 0,03 ^a
Gomosidade (N)	183,0 ± 55,9 ^c	198,3 ± 8,6 ^c	344,0 ± 58,9 ^b	207,0 ± 3,7 ^c	492,3 ± 47,7 ^a
Mastigabilidade (N)	172,7 ± 52,5 ^c	185,7 ± 9,5 ^c	328,1 ± 60,2 ^b	191,9 ± 14,6 ^c	475,4 ± 37,8 ^a
Viscosidade (Pa.s)	0,02 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,0 ^a	0,02 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,00 ^a
Adesividade (N.m)	2240,4 ± 205,9 ^c	2476,1 ± 98,7 ^{bc}	2615,6 ± 292,7 ^{bc}	2773,4 ± 157,6 ^{ab}	3165 ± 480,2 ^a

- Médias com letras diferentes, na mesma linha, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
Formulações: F0 (amostra controle), FI1% (amostra contendo 1% de FIRS), FI2% (amostra contendo 2% de FIRS), FE1% (amostra contendo 1% de FES), FE2% (amostra contendo 2% de FES).

As formulações F0, FI1% e FE1% apresentaram comportamento similar quanto à firmeza, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade, não diferindo

CAPÍTULO III

significativamente entre elas ($p > 0,05$). Observou-se que nas formulações contendo 2% de FIS, houve um aumento significativo ($p \leq 0,05$) na média destes parâmetros, podendo ser atribuído a maior concentração de sorgo adicionada.

É possível verificar que a adesividade foi mais elevada ($p \leq 0,05$) nas formulações com maiores percentuais de FIS, proporcionando a formação de uma estrutura mais resistente, que requer maior força para remoção do queijo na superfície de contato da boca, geralmente a língua ou palato (KARAMAN; AKALIN, 2013). Os atributos mastigabilidade e gomosidade apresentaram o mesmo comportamento, resultando em maiores valores médios para os cremes de queijo com 2% de FIS adicionada.

O creme de queijo FE2% apresentou maiores valores de firmeza, gomosidade, e mastigabilidade quando comparado com as outras formulações ($p \leq 0,05$), e este resultado pode estar associado ao processo de extrusão sofrido pela farinha de sorgo e pela quantidade dela adicionada aos produtos. O processo de extrusão proporciona novos formatos e estruturas com diferentes características funcionais e nutricionais às farinhas, diminuindo sua área superficial, contribuindo para a redução da interação entre as superfícies do alimento, ocasionando a variação destes atributos avaliados (BECKER *et al.*, 2014).

O amido resistente e as fibras alimentares contidos na farinha de sorgo podem complexar (via ligações de hidrogênio) com agregados de proteínas, tornando-se parte da rede estrutural formada no produto (BATISTA *et al.*, 2017), acarretando maior firmeza nas formulações desenvolvidas com este cereal. Batista *et al.* (2017) ao desenvolverem leites fermentados simbióticos utilizando bactérias probióticas e farinha de banana verde orgânica em diferentes concentrações, observaram que as formulações que continham os maiores teores de farinha (3 e 5%) apresentaram maior firmeza.

Para a elasticidade e viscosidade não houve diferença significativa entre as formulações desenvolvidas ($p > 0,05$), o que está de acordo com os resultados obtidos por Buriti, Cardarelli e Saad (2008) ao avaliarem a textura instrumental de queijos cremosos simbióticos com adição de *Lactobacillus paracasei* e inulina.

Análise microbiológica

Para produtos como o creme de queijo, os limites máximos permitidos na legislação são de $5,0 \times 10^3$ UFC/g de coliformes a 45 °C, $1,0 \times 10^3$ de *Staphylococcus* sp. e ausência de *Salmonella* sp. em 25 g de produto. Os resultados das análises microbiológicas estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Análises microbiológicas de cremes de queijo adicionados de farinhas de sorgo irradiada (FIRS) ou extrusada (FES) do genótipo BRS 305.

Cremes de queijo	Coliformes a 30°C	Coliformes a 45 °C	<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>Salmonella</i> sp.
F0	AUS	AUS	< 1x10 ³ UFC/g	AUS
FI1%	AUS	AUS	< 1x10 ³ UFC/g	AUS
FI2%	AUS	AUS	< 1x10 ³ UFC/g	AUS
FE1%	AUS	AUS	< 1x10 ³ UFC/g	AUS
FE2%	AUS	AUS	< 1x10 ³ UFC/g	AUS

- AUS: ausente em 25 g de produto. Formulações: F0 (amostra controle), FI1% (amostra contendo 1% de FIRS), FI2% (amostra contendo 2% de FIRS), FE1% (amostra contendo 1% de FES), FE2% (amostra contendo 2% de FES).

Os resultados demonstraram que os produtos desenvolvidos estavam de acordo com a legislação vigente e que poderiam ser avaliados sensorialmente de maneira segura.

Análise sensorial dos cremes de queijo

Perfil dos avaliadores

Em relação aos resultados encontrados nos questionários de coleta de dados respondidos pelos 60 avaliadores, verificou-se que 65% destes eram do sexo feminino e 35% do sexo masculino. Dos 60 avaliadores, apenas 8,33% nunca haviam consumido cremes de queijo, 33,33% consumiam esporadicamente, 42,34% raramente, 10% frequentemente e 6% diariamente.

Mais de 75% dos avaliadores possuíam renda familiar em uma faixa de 1 a 5 salários mínimos, 65% apresentaram idades variando entre 18 a 25 anos, sendo 70% desses painelistas alunos de graduação dos cursos da UFSJ- *Campus Sete Lagoas*.

Aceitação e intenção de compra

De acordo com os resultados sensoriais, quanto a aceitabilidade dos cremes de queijo estes não diferiram significativamente ($p > 0,05$) para os atributos cor, aroma, textura e espalhabilidade (Tabela 8), com notas médias sensoriais variando de 6,78 a 8,12 (gostei ligeiramente a gostei extremamente). Entretanto, em relação ao sabor e à impressão global, observou-se diferença significativa entre as formulações contendo FIRS e FE2% ($p \leq 0,05$), sendo os cremes de queijo desenvolvidos com farinha irradiada àquele com as maiores notas.

Tabela 8 - Médias dos atributos sensoriais e intenção de compra de cremes de queijo adicionados ou não de FIS do genótipo BRS 305.

Atributos sensoriais							
Formulações	Cor	Aroma	Textura	Sabor	Impressão Global	ESP	Intenção de compra
F0	7,63 ^a	7,00 ^a	7,80 ^a	7,42 ^{ab}	7,40 ^{ab}	8,07 ^a	3,93 ^{ab}
FI1%	7,90 ^a	7,30 ^a	7,98 ^a	7,63 ^a	7,58 ^{ab}	8,12 ^a	4,17 ^a
FI2%	7,82 ^a	7,23 ^a	7,70 ^a	7,65 ^a	7,65 ^a	8,08 ^a	4,07 ^{ab}
FE1%	7,65 ^a	7,03 ^a	7,63 ^a	7,47 ^a	7,57 ^{ab}	7,93 ^a	3,98 ^{ab}
FE2%	7,42 ^a	6,80 ^a	7,77 ^a	6,78 ^b	7,00 ^b	8,10 ^a	3,60 ^b

- Médias com letras diferentes, na mesma coluna, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Atributos sensoriais: 9 pontos-escala hedônica: 9 = gostei extremamente gostei; e 1 = desgostei extremamente. Intenção de compra de 5 pontos: 5 = certamente compraria o produto e 1 = certamente não compraria o produto).

De acordo com as fichas de intenção de compra, os avaliadores “provavelmente comprariam” os produtos adicionados de FIRS, enquanto “tenho dúvidas se compraria” predominou para as amostras F0 (controle) e cremes de queijo adicionados de FES. Estes resultados demonstram que a presença de farinha de sorgo nas amostras FI1%, FI2%, FE1% e FE2% não afetou negativamente na aceitação e intenção de compra por parte dos avaliadores, já que as notas sensoriais destes produtos foram similares às obtidas pela amostra controle (comumente consumida pela população).

Oliveira *et al.* (2020) ao desenvolverem iogurtes gregos com adição de FIS BRS 305 observaram que a formulação com adição de 2% de FIS foi aceita ($p < 0,01$) com média 7,05 (gostei moderadamente-gostei muito), adicionalmente a amostra com 4% de FIS obteve média 6,17 (gostei ligeiramente-gostei moderadamente). Estes resultados evidenciam uma boa aceitação sensorial de produtos lácteos elaborados com genótipos de sorgo contendo tanino, demonstrando a potencialidade sensorial e comercial deste cereal.

A menor velocidade de digestão observada após se ingerir genótipos de sorgo com taninos é reportada por Awika e Rooney (2004), e este fator auxilia na maior saciedade do avaliador quando comparada a outros grãos e cereais. No trabalho de Queiroz *et al.* (2018) foram elaboradas duas formulações de *shake*, um contendo sorgo com tanino e outro contendo sorgo sem tanino, de modo que, ao final da análise sensorial realizada, observou-se que o produto que apresentava concentrações desse composto bioativo foi o preferido.

CAPÍTULO III

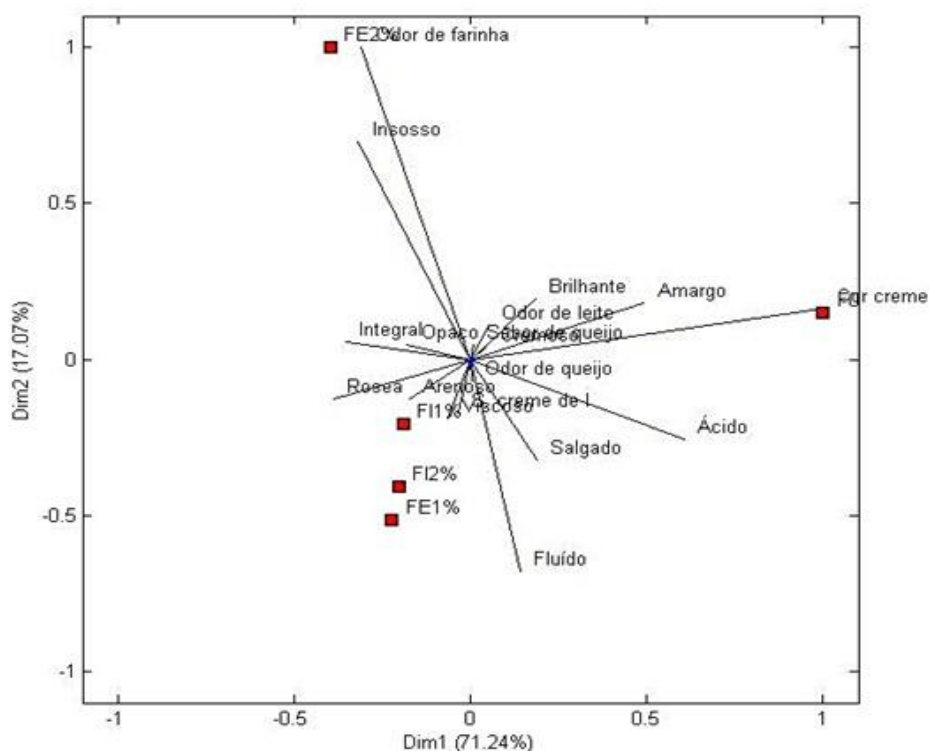
Dessa forma, em termos de aceitabilidade e intenção de compra, os cremes de queijo desenvolvidos neste trabalho possuem significativo potencial de inserção no mercado consumidor.

Check all that apply

A Análise de Correspondência (AC) foi aplicada à tabela de contingência e um mapa bidimensional foi derivado dos resultados, a primeira e segunda dimensões representavam aproximadamente 88,31% da variância dos dados experimentais, com 71,24% e 17,07%, respectivamente. Verifica-se uma alta explicação dos resultados por meio dessa técnica estatística, a qual é maior que o mínimo (70%) sugerido por REGAZZI (2000).

Na Figura 4 é mostrada a representação gráfica dos termos sensoriais levantados pelos avaliadores para o método CATA.

Figura 4 - Representação gráfica de cinco amostras de cremes de queijo e seus atributos sensoriais (vetores) utilizados para descrevê-las em duas dimensões da análise de correspondência sobre a frequência apresentada nas questões do teste descritivo CATA



*Formulações: F0 (amostra controle), FI1% (amostra contendo 1% de FIRS), FI2% (amostra contendo 2% de FIRS), FE1% (amostra contendo 1% de FES), FE2% (amostra contendo 2% de FES).

CAPÍTULO III

O gráfico evidencia a formação de três grupos distintos, sendo o primeiro formado pelas formulações FI1%, FI2% e FE1% com características semelhantes, o segundo pela amostra FE2% contendo farinha extrusada e o terceiro pelo creme de queijo controle. Nele é possível observar que a amostra F0 (controle) foi associada com o atributo “cor creme”. As formulações (FI1%, FI2% e FE1%) expuseram resultados com os parâmetros: “arenoso”, “viscoso”, “cor rósea” e “sabor de creme de leite”. Já a formulação que foi desenvolvida com a farinha de sorgo extrusada (FE2%) foi relacionada às características: “insosso”, “odor de farinha”, e “opaco”.

Devido ao genótipo BRS 305 apresentar testa pigmentada com pericarpo marrom e significativa concentração de antocianinas, este contribuiu para uma tonalidade rósea às formulações de cremes que continham a farinha integral de sorgo, diferentemente da formulação controle que apresentou cor creme (QUEIROZ *et al.*, 2014).

Com a adição da goma xantana, verificou-se o aumento da viscosidade dos produtos e melhora do aspecto visual das formulações, com diminuição de grumos de queijo inicialmente formados, cremes mais brilhantes e espessura mais fina. Comparando o creme de queijo controle (F0) com os produtos adicionados de FIS, observou-se que os avaliadores indicaram que a presença de FIS contribuiu para o aumento da viscosidade e consistência do produto. Essa atribuição possivelmente está relacionada com o elevado teor de amido resistente e granulometria da FIS BRS 305 que interagem com a parte aquosa dos cremes de queijo.

Em relação ao método utilizado para descrever os produtos, o CATA torna-se útil para agrupar as informações perceptíveis aos consumidores de creme de queijo a partir de uma lista de atributos, deste modo, os avaliadores poderiam selecionar várias características simultaneamente, possibilitando uma descrição dos parâmetros sensoriais que surgem sequencialmente ao provar o alimento (CASTURA *et al.*, 2015).

4. CONCLUSÃO

A adição de FIS contribuiu para a diminuição da luminosidade dos cremes de queijo e para tornar rósea as formulações. Em termos de textura instrumental, os cremes com maiores concentrações de FIS apresentaram maior firmeza, adesividade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade.

O uso de FIS no desenvolvimento de cremes de queijo contribuiu para o enriquecimento nutricional destes alimentos, melhorando a qualidade do produto, em termos do aumento da concentração de proteínas e diminuição dos teores de lipídeos.

Em relação aos teores de compostos antioxidantes, quanto maior a concentração de FIS adicionada aos produtos, maiores as concentrações de fenólicos totais, taninos condensados e atividade antioxidante. Quanto à análise sensorial, todas as formulações desenvolvidas foram aceitas pelos avaliadores, demonstrando não haver influência negativa da adição de farinha de sorgo sobre os atributos sensoriais avaliados.

O desenvolvimento de novos produtos, como os cremes de queijo adicionados de FIS, atendem uma demanda de mercado, por produtos viáveis, estáveis e que contribuam com benefícios nutricionais ao organismo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 19th edition. Washington: AOAC, 2012.
- ARDABILCHI MARAND, M. *et al.* Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties. **Powder Technology**, v. 359, p. 76–84, 2020.
- AWIKA, J. M. *et al.* Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 6657–6662, 2003.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, v. 65, p. 1199-1221, 2004.
- BACK, D. *et al.* Viabilidade probiótica de queijos minas frescal com teor reduzido de lactose. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, v. 68, p. 27-35, 2013.
- BATISTA, A. L. D. *et al.* Developing a synbiotic fermented milk using probiotic bacteria and organic green banana flour. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 242-250, 2017.
- BECKER, F. S. *et al.* Physical and functional evaluation of extruded flours obtained from different rice genotypes. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, p. 367-374, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. Brasília: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 352, de 4 de setembro de 1997. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de queijo Minas Frescal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 04 set. 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 4, de 1 de março de 2004. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de queijo Minas Frescal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 01 mar. 2004.
- BURITI, F. C. A.; CARDARELLI, H. R.; SAAD, S. M. I. Textura instrumental e avaliação sensorial de queijo fresco cremoso simbiótico: implicações da adição de *Lactobacillus paracasei* e inulina. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 75-84, 2008.

CAPÍTULO III

- CASTURA, J. C. *et al.* Temporal Check-All-That-Apply (TCATA): A novel dynamic method for characterizing products. **Food Quality and Preference**, v. 47, p. 79–90, 2016.
- DA SILVA, NEUSELY. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**, São Paulo: Livraria Varela, 2010.
- DO PRADO, M. E. A. *et al.* Physicochemical and sensorial characteristics of beef burgers with added tannin and tannin-free whole sorghum flours as isolated soy protein replacer. **Meat Science**, v. 150, p. 93-100, 2019.
- FELÍCIO, T. L. *et al.* Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. **Food Chemistry**, v. 196, p. 628-637, 2016.
- FREITAS, T. S.; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alimentos e Nutrição, Araraquara**, v. 19, p. 183-190, 2008.
- GARRUTI, D. S. *et al.* Desenvolvimento do perfil sensorial e aceitação de requeijão cremoso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 234-240, 2003.
- GOMES, R. G. PENNA, A. L. B. Caracterização de requeijão cremoso potencialmente prebiótico pela adição de inulina e proteína de soja. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, p. 289-302, 2010.
- HAGENIMANA, A.; DING, X.; FANG, T. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. **Journal of Cereal Science**, v. 43, p. 38-46, 2006.
- HTOON, A. *et al.* Effects of processing high amylase maize starches under controlled conditions on structural organization and amylase digestibility. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, p. 236-245, 2009.
- KALUZA, W. Z., *et al.* Separation of phenolics of *Sorghum bicolor* (L.) Moench grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, p. 1191–1196, 1980.
- KARAMAN, A. D.; AKALIN, A. S. Improving quality characteristics of reduced and low fat Turkish white cheeses using homogenized cream. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, p. 503-510, 2013.
- KHAN, I. *et al.* Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. **Food Research International**, v. 54, p. 578-586, 2013.

CAPÍTULO III

- LEMES, A. C. *et al.* A new milk-clotting enzyme produced by *Bacillus* sp. P45 applied in cream cheese development. **LWT - Food Science and Technology**, v. 66, p. 217-224, 2016.
- MAGENIS, R. B. *et al.* Rheological, physicochemical and authenticity assessment of Minas Frescal cheese. **Food Control**, v. 45, p. 22-28, 2014.
- MARTINO, H. S. D. *et al.* Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 337-344, 2012.
- MCSWEENEY, P. L.H. Biochemistry of cheese ripening. **International Journal of Dairy Technology**, v. 27, p. 127-144, 2004.
- MINIM, V. P. R. *et al.* Contribuição dos atributos sensoriais para aceitabilidade de requeijão cremoso. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, v. 65, p. 34:42. 2010.
- MOLINA, G.; PELISSARI, F. M.; FEIHRMANN, A. C. Perfil do consumo de leite e produtos derivados na cidade de Maringá, Estado do Paraná. **Maringá**, v. 32, n.3, p. 327-334, 2010.
- MORAES, E. A. *et al.* In vivo protein quality of new sorghum genotypes for human consumption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 134, p. 1549-1555, 2012.
- OLIVEIRA, F. C. E. *et al.* Greek yogurt with added sorghum flour: antioxidant potential and sensory acceptance. **Revista Chilena de Nutrición**, v. 47, p. 272-280, 2020.
- PAUCAR-MENACHO, L. M. *et al.* Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 767-778, 2008.
- PIAZZON-GOMES, J. *et al.* Queijo tipo minas frescal com derivados de soja: características físicas, químicas e sensoriais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 77-85, 2010.
- PINHEIRO, A. C. M; NUNES, C. A.; VIETORES, V. Sensomaker: A tool for sensorial characterization of food products. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 37, p. 199-201, 2013.
- PRICE, M. L., VAN SCOYOC, S., BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, p. 1214-1218, 1978.
- QUEIROZ, V. A. V. *et al.* Substituição de metanol por água na extração de antocianinas totais de glumas de sorgo para uso como corante alimentício. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, 18 p., 2014.

CAPÍTULO III

- QUEIROZ, V. A. V. *et al.* A low calorie and nutritive sorghum powdered drink mix: Influence of tannin on the sensorial and functional properties. **Journal of Cereal Science**, v. 79, p. 43-49, 2018.
- REGAZZI, A. J. **Análise multivariada, notas de aula INF 766**, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v. 2, 2000.
- RIBEIRO, E. P. *et al.* Desenvolvimento de queijo minas frescal adicionado de *Lactobacillus acidophilus* produzido a partir de retentados de ultrafiltração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 19-23, 2009.
- ROONEY, L.W. Food and Nutritional Quality of Sorghum and Millet. **INTSORMIL 2007 Annual Report**, Nebraska-Lincoln, p. 91-93, 2007.
- SAITO, T. *et al.* Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) peel extract increases bioactive compounds in Petit Suisse cheese. **International Food Research Journal**, v. 26, p. 277-285, 2019.
- SANG-HUN, Y. *et al.* Texture and sensory properties of cream cheese and cholesterol-removed cream cheese made from whole milk powder. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 32, p. 49-53, 2012.
- SANTINI, M. S. S. *et al.* Dried Tomato-Flavored Probiotic Cream Cheese with *Lactobacillus paracasei*. **Journal of Food Science**, v. 77, p. 604-608, 2012.
- SOUZA, D. G. *et al.* Parâmetros físico-químicos e sensoriais de queijos frescos saborizados com pequi (*Caryocar brasiliense* camb.). **Global Science and Technology**, v. 10, p. 105-111, 2017.
- TEIXEIRA, N. de C. *et al.* Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes. **Food Chemistry**, v. 197, p. 291-296, 2016.
- VARGAS-SOLORZANO, J. W. *et al.* Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. **Food Research International**, v. 55, p. 37-44, 2014.
- VISOTTO, R. G. *et al.* Queijo Minas Frescal: perfil higiênico-sanitário e avaliação da rotulagem. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 1, p. 8-15, 2011.
- WANG, X.; KRISTO, E.; LAPOINTE, G. Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. **Food Hydrocolloids**, v. 100, 2020.
- WU, Y. *et al.* Presence of tannins in sorghum grains is conditioned by different natural alleles of Tannin1. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 26, p. 10281-10286, 2012.

CAPÍTULO III

- ZARE, F. *et al.* Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. **Food Research International**, v. 44, n. 8, p. 2482–2488, 2011.
- ZULKURNAIN, M. G. *et al.* Development of a soy-based cream cheese. **Journal of Texture Studies**, v. 39, p. 635–654, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estratégia de conservação das farinhas de sorgo com irradiação gama (3 e 5 kGy) não comprometeu as características físico-químicas, tecnológicas e antioxidantes das mesmas. Em termos microbiológicos, este procedimento proporcionou a redução da carga contaminante de bolores e leveduras, bem como de culturas típicas de *B. cereus*, utilizando-se a dosagem de 5 kGy.

Os cremes de queijo desenvolvidos com farinhas de sorgo apresentaram propriedades tecnológicas e sensoriais similares ao do produto sem sorgo, sendo altamente estáveis e viáveis. A composição química indicou maior teor de proteínas nas amostras contendo sorgo e maior concentração de antioxidantes. Além disso, os produtos apresentaram características microbiológicas satisfatórias, alta aceitação sensorial e intenção de compra.

SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Avaliação da bioacessibilidade e biodisponibilidade dos nutrientes dos produtos desenvolvidos, com estudos sobre a proporção dos compostos liberados no processo de digestão gastrointestinal *in vitro* e *in vivo*, em comparação com o teor do composto na amostra e seus possíveis efeitos benéficos.
- Estabilidade dos compostos antioxidantes (oxidação) durante a vida útil dos cremes de queijo.
- Definição do prazo de vida útil dos cremes de queijo com e sem sorgo: com avaliações microbiológicas, sensoriais e físico-químicas, durante o armazenamento sob refrigeração.

APÊNDICE A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido dos Provedores**pag. 1**

Você está convidado a participar de um teste sensorial de creme de queijo por meio dos testes afetivos de aceitação, intenção de compra e descritivo *Check all that apply*. Esta atividade é parte integrante do projeto de pesquisa do aluno Vinícius Tadeu da Veiga Correia, discente do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Farmácia (PPGCA). Podem participar da avaliação, pessoas que apreciem este produto e que não apresentam nenhuma restrição à ingestão de ingredientes de sua composição, como: leite (lactose e proteína presente no leite). O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da adição de farinhas integrais irradiada ou extrusada de sorgo da cultivar BRS 305 nas características de cremes de queijo.

A pesquisa será realizada no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal de São João Del-Rei (*Campus- Sete Lagoas*). Você será solicitado a responder um questionário com perguntas socioeconômicas e de hábitos de consumo, o que demandará aproximadamente 5 minutos.

Também será solicitado que você avalie 5 amostras de creme de queijo. Para isso as amostras serão fornecidas em bandeja e copos descartáveis de 30 mL, na quantidade de aproximadamente 25 g. Ainda, serão apresentadas de forma aleatória, em cabines individuais. Deste modo, você deverá avaliar a amostra servida e indicar o quanto você gostou ou desgostou do produto, dando notas de acordo com a escala (1- desgostei extremamente a 9 – gostei extremamente), demonstrar a sua intenção de compra em relação ao alimento desenvolvido e marcar todos os atributos perceptíveis e que descrevam as amostras. Essa etapa da pesquisa demandará aproximadamente 15 minutos.

Você poderá desistir de participar a qualquer momento, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo ou penalização, sem necessidade de justificativa. Esta pesquisa pode oferecer os riscos de desconforto ou constrangimento do participante ao responder os questionários, do provedor não gostar dos produtos, intolerância ou alergia a algum constituinte do alimento; para minimizar estes riscos, todos os questionários serão preenchidos em cabines individuais, e a avaliação sensorial será realizada após preenchimento do questionário de coleta de dados.

Esta pesquisa não apresenta nenhum benefício individual direto aos provedores. Os dados fornecidos são considerados confidenciais, sendo totalmente garantidos o sigilo das informações e sua privacidade. Caso aceite participar, saiba que seu nome não será divulgado,

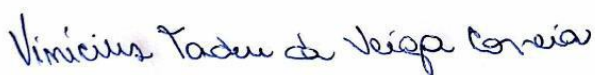
apenas sua opinião fará parte de um banco de dados que será utilizado para fins acadêmicos (artigos científicos, congressos e/ou palestras).

A SUA PARTICIPAÇÃO NO PROJETO TEM CARÁTER VOLUNTÁRIO E NÃO LHE TRARÁ NENHUM TIPO DE ÔNUS OU REMUNERAÇÃO. Em caso de dúvidas para maiores esclarecimentos da pesquisa, favor entrar em contato com a pesquisadora Camila Argenta Fante por e-mail camilafante@ufmg.br. Muito obrigado!

Assinatura do pesquisador responsável:



Profa. Dra. Camila Argenta Fante - Fone: (31) 3409-6922



Mestrando Vinícius Tadeu da Veiga Correia - Fone: (31) 99825-0770

. Será disponibilizada ao participante uma via deste documento e a outra ficará com os pesquisadores.

Você poderá obter qualquer informação deste estudo com os pesquisadores ou se tiver dúvidas sobre questões éticas, pode consultar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP/UFMG): Avenida Antônio Carlos, 6627 Unidade Administrativa II 2º andar sala 2005 Campus Pampulha 31270-901 Belo Horizonte MG Brasil Telefax: (31) 3499-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Compreendi e concordo com as informações que me foram transmitidas e, portanto, aceito participar como voluntário neste projeto de pesquisa.

Este documento deve ser assinado em duas vias.

Sete Lagoas, ____ de _____ de _____

Nome: _____

Assinatura: _____

Telefones de contato: _____

E-mail: _____

APÊNDICE B

Questionário de Coleta de Dados para Análise Sensorial de Cremes de Queijo

ESTUDO SOBRE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS: Caso tenha concordado em participar deste projeto, por favor, complete o questionário com todas as informações solicitadas, as quais serão mantidas confidenciais. Agradecemos sua colaboração!

Nome: _____ Telefone: _____ E-mail: _____

Gênero: ☐ Masculino ☐ Feminino ☐ Não binário

Idade: ☐ < 18 ☐ 18-25 ☐ 26-35 ☐ 36-45 ☐ 46-55 ☐ 56-65 ☐ >65

- Escolaridade:

☐ Ensino fundamental incompleto

☐ Ensino fundamental completo

☐ Ensino médio incompleto

☐ Ensino médio completo

☐ Superior incompleto

☐ Superior completo

☐ Pós-graduação: Especialização

☐ Pós-graduação: Mestrado/Doutorado

- Profissão: _____

- Renda familiar mensal (salários mínimos):

☐ 1 a 5 ☐ 6 a 10 ☐ 11 a 20 ☐ 21 a 30 ☐ > 30

- Você está fazendo uso de algum medicamento? ____ SIM ____ NÃO. Qual(is)? _____

- Você está seguindo alguma dieta especial? ____ SIM ____ NÃO. Qual (is)? _____

- Você tem alguma restrição de saúde que impossibilite ou torne não recomendado o consumo de produtos contendo lactose? ____ SIM ____ NÃO.

- Você tem alguma restrição de saúde que impossibilite ou torne não recomendado o consumo de produtos contendo leite de vaca? ____ SIM ____ NÃO.

- Você gosta de creme de queijo? ____ SIM ____ NÃO.

- Você conhece o sorgo? ____ SIM ____ NÃO.

• Com que frequência você consome creme de queijo? ☐ Nunca ☐ Raramente ☐ Esporadicamente ☐ Frequentemente ☐ Diariamente

• Quais produtos elaborados com leite você tem o hábito de consumir? (Pode ser marcada mais de uma opção). ☐ Iogurte ☐ Manteiga ☐ Bebida Láctea ☐ Sorvete ☐ Kefir ☐ Ricota ☐ Leite condensado ☐ Queijo.

APÊNDICE C

Testes afetivos de aceitação sensorial e intenção de compra, e descritivo *Check all that apply* de cremes de queijo.

Avaliador _____ Data: / / n° amostra: _____

1) Por favor, avalie a amostra servida e indique o quanto você gostou ou desgostou do produto, dando notas de acordo com a escala abaixo. Após cada degustação, beba um pouco de água para que não haja uma interferência de avaliação entre duas amostras.

9- gostei extremamente

8- gostei muito

7- gostei moderadamente

6- gostei ligeiramente

5- nem gostei, nem desgostei

4- desgostei ligeiramente

3- desgostei moderadamente

2- desgostei muito

1- desgostei extremamente

Atributos a serem avaliados:

Cor _____

Aroma _____

Textura _____

Sabor _____

Impressão global _____

Espalhabilidade _____

2) Por favor, com relação ao produto, caso estivesse à venda, indique qual seria sua atitude:

() 5- Certamente compraria

() 4- Provavelmente compraria

() 3- Tenho dúvidas se compraria

() 2- Provavelmente não compraria

() 1- Certamente não compraria

Por quê? _____

3) Teste *Check all that apply* - experimente a amostra e, de acordo com sua percepção, marque na lista abaixo todos os atributos que melhor a descrevem:

() Cor creme () Fluído () Arenoso () Viscoso () Ácido () Odor de leite

() Odor de queijo () Cremoso () Amargo () Cor rósea () Salgado () Odor de farinha

() Sabor de queijo () Brilhante () Inosso () Opaco () Integral () Sabor de creme

de leite. Comentários _____