

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade De Farmácia
Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos

Erica Michele de Souza Oliveira

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE *CUPCAKES ISENTOS DE GLÚTEN*
UTILIZANDO FARINHA INTEGRAL DE SORGO E LINHAÇA

Belo Horizonte

2024

Erica Michele de Souza Oliveira

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE *CUPCAKES ISENTOS DE GLÚTEN*
UTILIZANDO FARINHA INTEGRAL DE SORGO E LINHAÇA**

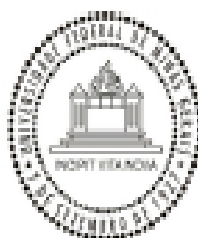
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestra em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Camila Argenta Fante

Belo Horizonte

2024

O48d	Oliveira, Erica Michele de Souza. Desenvolvimento e avaliação de <i>cupcakes</i> isentos de glúten utilizando farinha integral de sorgo e linhaça [recurso eletrônico] / Erica Michele de Souza Oliveira. – 2024. 1 recurso eletrônico (70 f. : il.) : pdf Orientadora: Camila Argenta Fante. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader. 1. Sorgo – Teses. 2. Linho (Planta) – Teses. 3. Farinhas – Teses. 4. Sementes – Teses. I. Fante, Camila Argenta. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Farmácia. III. Título. CDD:664.7
------	--



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE CUPCAKES ISENTOS DE GLÚTEN UTILIZANDO FARINHA INTEGRAL DE SORGO E LINHAÇA**ÉRICA MICHELE DE SOUZA OLIVEIRA**

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 28 de agosto de 2024, pela banca constituída pelos membros:

Profa. Dra. Camila Argenta Fante (Orientadora e presidente da comissão) - UFMG

Profa. Dra. Raquel Linhares Bello de Araújo - UFMG

Prof. Dr. Felipe Machado Trombete - UFSJ

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por Raquel Linhares Bello de Araújo, Professora do Magistério Superior, em 28/08/2024, às 14:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Camila Argenta Fante, Professora do Magistério Superior, em 28/08/2024, às 15:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Felipe Machado Trombete, Usuário Externo, em 28/08/2024, às 20:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 3493299 e o código CRC 0FFFFB15A.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar comigo em cada etapa, em todos os processos vividos.

Ao meu marido Cheldon, minha filha Esther, companheira Crislei, e minha cunhada Raquel. Sem vocês, este trabalho não teria sido possível. Dedico a vocês esta conquista. A minha mãe Rita, pelas orações, e minha irmã Pricila, pelo apoio constante e preces.

À minha orientadora, Dra. Camila Argenta Fante, pelos ensinamentos, amizade, empatia, alegria e exemplo durante todo o andamento deste projeto. Agradeço pela paciência e compreensão.

Aos professores Dr. Felipe Trompete, Dra. Raquel Linhares, Dra. Viviane, Dra. Bruna Maria, e Dr. Washington Azevedo, pelas valiosas contribuições com equipamentos, análises e esclarecimento de dúvidas.

Aos colegas que fiz durante o Mestrado em Ciência de Alimentos da UFMG, especialmente Ana Paula, Lucilene, Isabela, Amanda, Taynan, Vinícius, Gabi, Nayara, Bruno, Guilherme, Ana Luiza, Raphael e, em especial, Ailton, pela ajuda na parte de estatística.

Aos técnicos dos laboratórios: Maria José, obrigada por me acompanhar nas análises, sou grata por tudo. E também Gabriel, Edna, Marina, Ronália, Dhionne, pelo apoio prestado.

À Embrapa Milho e Sorgo, especialmente à Dra. Valéria Queiroz, pela matéria-prima dos grãos de sorgo e pelos conselhos.

Ao Departamento de Alimentos, à Faculdade de Farmácia e à Universidade Federal de Minas Gerais pela oportunidade de realizar este trabalho, e à CAPES, pelo apoio financeiro.

Gratidão a todos que fizeram parte dessa jornada!

"Bem sei eu que tudo podes, e que nenhum dos teus planos pode ser frustrado" (Jó 42:2).

RESUMO

A crescente demanda por produtos livre de glúten tem incentivado estudos voltados ao uso de outras fontes de cereais, como a farinha de sorgo, visando explorar alimentos de alto valor nutricional que promovam uma alimentação saudável e rica em nutrientes. Portanto, esse estudo avaliou as características físico-químicas e sensoriais de diferentes formulações de *cupcakes* contendo farinha de sorgo BRS305 e farinha de linhaça. Foram elaboradas quatro formulações: 75% de farinha de linhaça e 25% de farinha de sorgo (25S), 50% de farinha de sorgo e 50% de farinha de linhaça (50S), 25% de farinha de linhaça e 75% de farinha de sorgo (75S), e 100% de farinha de sorgo (100S). As análises físico-químicas foram realizadas conforme a metodologia AOAC. Os padrões microbiológicos foram baseados na RDC nº 724 de julho de 2022 e Instrução Normativa (IN) nº 161 de julho de 2022. As análises sensoriais dos *cupcakes* foram realizadas por meio de testes afetivos com provadores não treinados, incluindo teste de aceitação e intenção de compra, seguidos pelo teste descritivo CATA. Para análise estatística, utilizou-se ANOVA com um nível de significância de 5% ($p < 0,05$) no teste de Tukey. Houve variações significativas nos teores de umidade e cinzas, com as amostras 25S e 50S apresentando valores maiores em comparação às amostras 75S e 100S. No teor de proteínas, as diferenças variaram de 7,79% (amostra 100S) a 13,8% (amostra 25S). A amostra 25S apresentou o menor percentual de carboidratos, enquanto a fibra total variou de 4 g a 12 g para as formulações 100S e 25S, respectivamente. No parâmetro de cor, a amostra 25S demonstrou menor luminosidade, indicando uma pigmentação mais escura. Quanto à textura, a formulação 100S foi a mais firme, enquanto as amostras 25S, 50S e 75S apresentaram baixa adesividade e dureza. Nas características sensoriais de sabor, textura, aroma e impressão global, houve diferenças significativas ($p < 0,05$), com a amostra 25S recebendo a menor pontuação em comparação com as outras amostras. A intenção de compra indicou que as formulações 50S, 75S e 100S seriam mais aceitáveis pelo público. Os *cupcakes* desenvolvidos mostraram-se fontes em fibras e proteínas, com características nutricionais promissoras e potencial para sucesso no mercado consumidor.

Palavras-chave: bolos; cereal; semente; qualidade nutricional.

ABSTRACT

The growing demand for gluten-free products has encouraged studies focused on the use of other cereal sources, such as sorghum flour, in order to explore foods with high nutritional value that promote a healthy and nutrient-rich diet. Therefore, this study assessed the physicochemical and sensory characteristics of different cupcake formulations containing BRS305 sorghum flour and flaxseed flour. Four formulations were developed: 75% flaxseed flour and 25% sorghum flour (25S), 50% sorghum flour and 50% flaxseed flour (50S), 25% flaxseed flour and 75% sorghum flour (75S), and 100% sorghum flour (100S). Physicochemical analyses were conducted following AOAC methodology, and microbiological standards were based on RDC No. 724 from July 2022 and Instruction Normative (IN) No. 161 from July 2022. Sensory evaluations of the cupcakes were performed using affective tests with untrained panelists, including acceptance and purchase intent tests, followed by the descriptive CATA test. Statistical analysis was carried out using ANOVA with a significance level of 5% ($p < 0.05$) and Tukey's test. Significant variations were observed in moisture and ash content, with samples 25S and 50S showing higher values compared to samples 75S and 100S. Protein content varied from 7.79% in sample 25S to 13.8% in sample 100S. Sample 25S had the lowest carbohydrate percentage, while total fiber ranged from 4 g in formulation 100S to 12g in formulation 25S. In terms of color, sample 25S exhibited lower luminosity, indicating a darker pigmentation. For texture, formulation 100S was the firmest, while samples 25S, 50S, and 75S displayed lower adhesiveness and hardness. Sensory characteristics for flavor, texture, aroma, and overall impression showed significant differences ($p < 0.05$), with sample 25S receiving the lowest scores compared to the other samples. Purchase intent indicated that formulations 50S, 75S, and 100S were more acceptable to the public. The developed cupcakes were rich in fiber and protein, with promising nutritional characteristics and potential for success in the consumer market.

Keywords: cake; cereal; seed; nutritional quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Série histórica do Sorgo - Valor da produção	15
Figura 2. Evolução de área e valor de mercado do sorgo granífero em 2023 por Estados do Brasil.....	16
Figura 3. Evolução de área cultivada x produtividade de sorgo no Brasil	16
Figura 4. Diferentes colorações do sorgo granífero	17
Figura 5. Estrutura do grão de sorgo	18
Figura 6. Diferentes colorações de linhaça	25
Figura 7. Fluxograma representativo da metodologia adotada no trabalho	30
Figura 8. Apresentação das cores dos <i>cupcakes</i> produzidos	41
Figura 9. Resultado das análises de componentes principais (PCA) do teste CATA	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química e nutricional do sorgo 305	20
Tabela 2. Formulações para produção dos <i>cupcakes</i> produzidos com farinha de sorgo e linhaça	31
Tabela 3. Composição centesimal (%) em massa seca de <i>cupcakes</i> elaborados com diferentes concentrações de farinha de sorgo e linhaça	37
Tabela 4. Variação das características de cor instrumental dos <i>cupcakes</i> produzidos com diferentes formulações.....	41
Tabela 5. Variação das características de textura instrumental	41
Tabela 6. Resultado da análise de volume específico dos <i>cupcakes</i>	45
Tabela 7. Análise microbiológica dos <i>cupcakes</i> produzidos em diferentes formulações.....	46
Tabela 8. Resultado da pesquisa do questionário socioeconômico	47
Tabela 9. Resultado da análise sensorial referente aos atributos avaliados para os <i>cupcakes</i> produzidos em diferentes formulações	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALM – Departamento de Alimentos

ANOVA – Análise de Variância

CATA – *Check-all-that-apply*

DIC – Delineamento Inteiramente Casualizado

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAFAR – Faculdade de Farmácia

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

LASEC - Laboratório de Análise Sensorial e Estudos de Consumidor

PPGCA – Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

PCA- Análises de Componentes Principais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Sorgo.....	15
3.1.2 Importância nutricional do sorgo granífero	18
3.1.3 Utilização do sorgo no desenvolvimento de novos produtos	20
3.2.1 Linhaça e sua importância nutricional.....	25
3.3 Análise sensorial.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Material.....	29
4.2 Método de Produção dos <i>Cupcakes</i>	29
4.3 Análises Físico-químicas e composição centesimal.....	31
4.4 Coloração.....	33
4.5 Textura.....	33
4.6 Volume específico	33
4.7 Análises microbiológicas.....	34
4.8 Análise sensorial.....	34
4.9 Análise ESTATÍSTICA.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Composição centesimal	36
5.2 Cor	39
5.3 Análise de textura (TPA).....	41

5.4 volume específico	43
5.4 Análise MICROBIOLÓGICA.....	44
5.5 Análise sensorial.....	45
5.5.1 Teste de aceitação e Intenção de Compra.....	45
5.5.2 Análise de componentes principais (PCA).....	48
6. CONCLUSÃO.....	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	64

1. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como o quarto maior produtor mundial de grãos, incluindo soja, milho, feijão e arroz, estando atrás apenas da China, Estados Unidos e Índia (EMBRAPA, 2022). Com uma fatia de 22,2% das exportações globais de cereais, o país é o principal exportador de grãos de valor. Em 2020, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Brasil alcançou o maior volume de produção de soja no mundo, superando os Estados Unidos, consolidando-se como líder na exportação de *commodities* agrícolas. Entretanto, há preocupações em relação à vulnerabilidade do agronegócio às mudanças climáticas, que podem impactar negativamente a produtividade e a disponibilidade de alimentos (JANK *et al.*, 2023). Diante disso, iniciativas devem ser consideradas para mitigar os efeitos das alterações no solo e garantir a oferta de alimentos em face do crescimento populacional.

Em busca de alternativas, têm-se estudado outras fontes de cereais, visando explorar alimentos de alto valor nutricional capazes de atender a diversas demandas por alimentação saudável e rica em nutrientes (ÁVILA *et al.*, 2017). Além dos cereais tradicionais como trigo, milho, cevada, quinoa, amaranto, arroz, centeio e aveia, o sorgo vem ganhando destaque devido à sua composição nutricional e versatilidade no cultivo em diferentes condições ambientais (MARTINS *et al.*, 2018; QUEIROZ *et al.*, 2021; DUARTE *et al.*, 2021).

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é um cereal que pertence à família das gramíneas e tem sido alvo de estudos nos últimos anos por ter propriedades nutritivas para o consumo humano (CURTI *et al.*, 2022). De acordo com dados da FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, o sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo, e o Brasil ocupou o terceiro lugar no *ranking* de produtividade em 2023, depois dos Estados Unidos e Nigéria (USDA, 2024). Inicialmente, a produção do sorgo era destinada para ração animal, mas atualmente, vem sendo explorada como uma opção de alimentação base, principalmente para o público celíaco e intolerantes ao glúten (MOCELLIN *et al.*, 2021). Adaptado ao clima tropical brasileiro, o sorgo destaca-se pelo baixo custo de produção, resistência à seca e elevada produtividade, emergindo como um cereal com potencial significativo para ser consumido. Ademais as vantagens citadas, pode-se dizer que é o cereal com maior propensão a ser comercializado no Brasil, já demonstrando uma produção expressiva em 2019 e também em 2022 e 2023 (EICHOLZ *et al.*, 2020, USDA, 2024).

As sementes com alegações funcionais, como a linhaça, estão se tornando populares. A linhaça (*Linum usitatissimum*) é conhecida por sua função nutricional e por conter componentes bioativos como o ácido alfa-linolênico (ALA), um ácido graxo ômega (ω -3), bem como fibras solúveis e insolúveis. Esses componentes contribuem para a saúde digestiva, ajudando na regulação intestinal, promovendo a prevenção de doenças e ao mesmo tempo atuando na manutenção da saúde (CARVALHO *et al.*, 2023).

Nesse cenário, o sorgo e a linhaça despontam como alternativas promissoras para a formulação de novos produtos, aproveitando seu potencial nutricional em substituição aos amidos convencionalmente empregados (VIEIRA *et al.*, 2020). Os bolos, por exemplo, representam uma opção versátil e amplamente consumida, podendo ser adaptados para atender à crescente demanda por alimentos saudáveis, substituindo parcial ou totalmente a farinha de trigo (CAYRES *et al.*, 2020). Dessa forma, torna-se fundamental desenvolver novas formulações de produtos que já são bem aceitos pela população, como é o caso do bolo, explorando o potencial desse mercado ainda pouco conhecido e utilizado, mas que apresenta qualidade nutricional (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Diante desse contexto, este trabalho teve como propósito elaborar quatro formulações diferentes de bolos utilizando a farinha de sorgo BRS 305 e a farinha de linhaça. Além disso, foram analisadas as características físico-químicas e a aceitação sensorial desses *cupcakes* pelos consumidores, medindo o índice de aceitabilidade dos produtos desenvolvidos e investigando a intenção de compra.

2. OBJETIVOS

2.1 objetivo geral

Produzir *cupcakes* com diferentes teores de farinha de sorgo BRS 305 (*Sorghum bicolor* L. Moench) e farinha de linhaça (*Linum usitatissimum*), e avaliar suas propriedades físico-químicas e sensoriais para determinar os efeitos das variações nas formulações.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar os *cupcakes* sem glúten, que foram produzidos, por meio de caracterizações físico-químicas, incluindo umidade, teor de cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos e fibras.
2. Verificar as características de coloração, textura e volume específico dos *cupcakes*.
3. Avaliar os *cupcakes* desenvolvidos quanto aos padrões microbiológicos.
4. Conduzir um teste de aceitação do produto pelos consumidores, seguido de um teste descritivo *Check-All-That-Apply* (CATA), e validar a intenção de compra.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SORGO

A cultura do sorgo, segundo Tabosa e colaboradores (2019), foi provavelmente domesticada na Etiópia, na África Oriental, há aproximadamente 5.000 anos. Esse marco representa um momento importante na história da agricultura, quando as comunidades começaram a cultivar e utilizá-lo de forma sistemática. Após sua domesticação na Etiópia, a cultura do sorgo se disseminou pela África Ocidental, ganhando popularidade. A expansão dessa cultura para outros países ocorreu a partir do século XIX, evidenciando um aumento gradual de sua importância ao longo do tempo (TABOSA *et al.*, 2019; VENKATESWARAN *et al.*, 2019).

O sorgo, categorizado como *Sorghum bicolor* L. Moench, pertence à família *Poaceae* (gramíneas). Classificado como o quinto grão mais produzido no mundo, o sorgo destaca-se por sua importância global em termos de produção e consumo. Sua posição significativa entre outros cereais, como milho, arroz, trigo e cevada, evidencia sua versatilidade e utilidade em uma variedade de produtos alimentícios (MAJZOUN *et al.*, 2023).

No Brasil, o grão começou a ganhar destaque a partir da década de 1970, quando se tornou comercialmente relevante. Nesse período, a área de plantio atingiu 80 mil hectares, com concentração significativa nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo (LIRA *et al.*, 1988). Desde então, a produção de sorgo no Brasil tem crescido consideravelmente, impulsionada por sua adaptabilidade às condições climáticas adversas, seu menor custo de produção em comparação com o milho e a demanda das agroindústrias de ração animal. A Figura 1 mostra o crescimento exponencial do valor da produção de sorgo no Brasil entre os anos de 2018 e 2022.

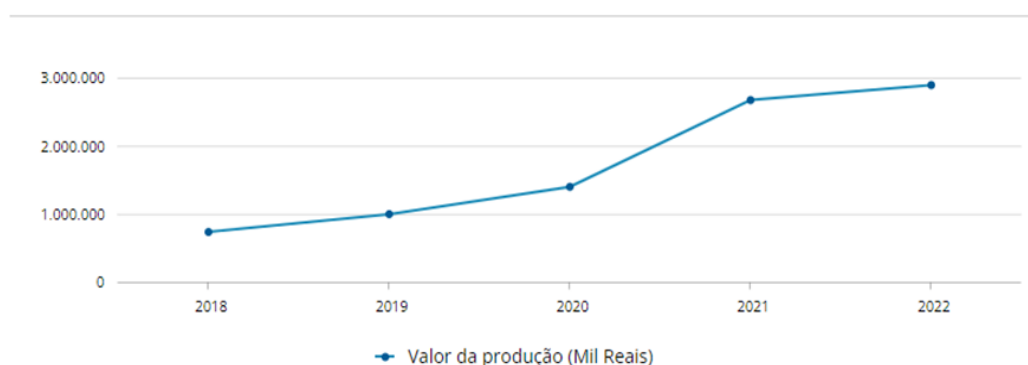


Figura 1. Série histórica do Sorgo - Valor da produção (IBGE, 2022).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a safra de grãos no ciclo 2022/23 atingiu uma produção de 322,8 milhões de toneladas, representando um crescimento de 18,4%, o que corresponde a 50,1 milhões de toneladas a mais em comparação com a temporada anterior. Este resultado reflete tanto uma maior área plantada, chegando a 78,5 milhões de hectares, como uma melhor produtividade média, que aumentou de 3.656 kg/ha para 4.111 kg/ha. Nesse contexto, cerca de 2,923 milhões de toneladas correspondem à produção de sorgo, colhidas em uma área plantada de 1,043 milhão de hectares, sendo Goiás e Minas Gerais os maiores produtores em 2022 (IBGE, 2024).

De acordo com o levantamento de dados do IBGE em 2023, a produtividade do sorgo chegou a 4,307 milhões de toneladas, 32% acima do produzido em 2022. Uma arrecadação de R\$ 357 milhões foi confirmada pelo estudo *Farm Trak da Kynetec Brasil*, 23% a mais que em 2022, quando o faturamento chegou a R\$ 289 milhões. A pesquisa também mostra que o cereal, semeado como alternativa à soja ou ao milho, registrou um aumento de 7% em área plantada, alcançando 1,25 milhão de hectares em 2023.

Atualmente, o Brasil é o nono maior produtor mundial de sorgo e possui potencial para ampliar ainda mais sua participação no mercado global. Como apresentado na Figura 2, o estado de Minas Gerais foi o principal produtor de sorgo granífero por três anos consecutivos, responsável por 31% de toda produção nacional, seguido de Goiás com 30% da área cultivada, e São Paulo ocupando o terceiro lugar com 21%. Os estados da Bahia e Mato Grosso somaram 9% cada. Em valor, Minas Gerais arrecadou cerca de R\$ 109 milhões das vendas de sementes de sorgo, Goiás faturou R\$ 106 milhões e São Paulo, R\$ 75 milhões.

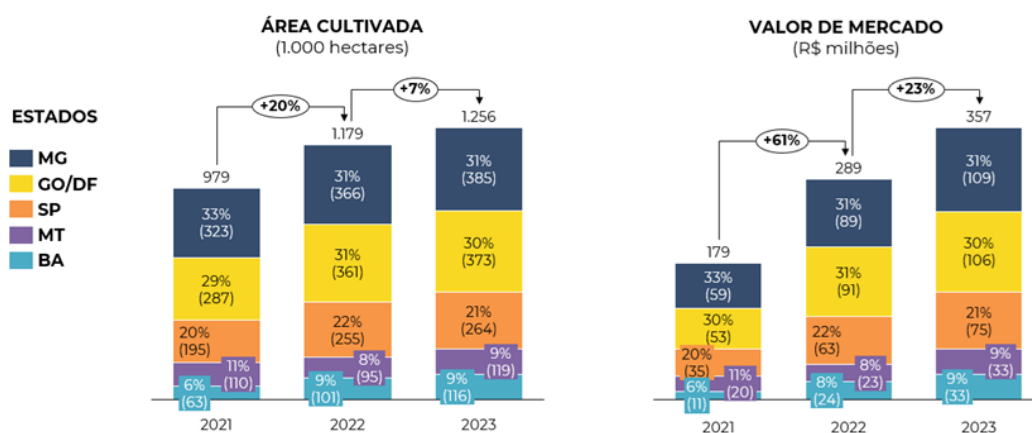


Figura 2. Evolução de área e valor de mercado do sorgo granífero em 2023 por Estados do Brasil (EQUIPE MAIS SOJA, 2023).

Devido à sua adaptabilidade ao clima tropical e resistência a condições climáticas secas e quentes, sua produção agrícola é favorecida economicamente e vem crescendo ao longo dos últimos 30 anos (Figura 3) (GABRIEL *et al.*, 2023). Seu período vegetativo é relativamente curto, variando de 90 a 130 dias, o que o torna ideal para a produção fora de época e para associação com outras culturas, como cana-de-açúcar, milho ou soja (VIEIRA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2019).

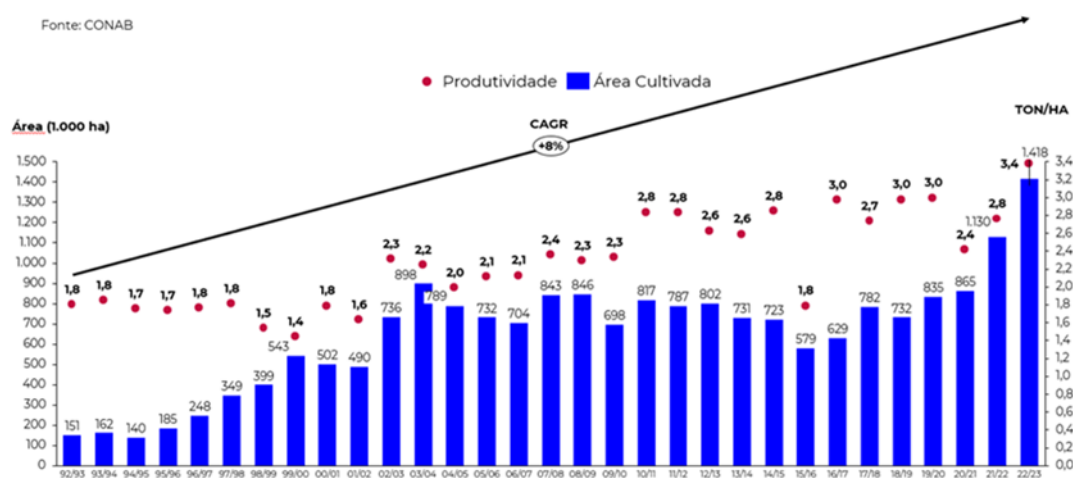


Figura 3. Evolução de área cultivada x produtividade de sorgo no Brasil (EQUIPE MAIS SOJA, 2023).

Agronomicamente, o sorgo pode ser dividido em cinco grupos, cada um com usos específicos (VIEIRA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2019):

- 1- Granífero: Voltado para a produção de grãos destinados à alimentação humana, este grupo tem se destacado na produção e consumo, desempenhando um papel importante na economia.
- 2- Forrageiro: Utilizado como alimento para animais, principalmente ruminantes.
- 3- Sacarino: Cultivado para a produção de açúcares, principalmente para a produção de etanol.
- 4- Biomassa: Cultivado para a produção de biomassa, que pode ser utilizada na produção de etanol de segunda geração e na produção de pellets.
- 5- Vassoura: Possui características específicas, como uma planta mais alta (de 2 a 3 metros) e uma panícula longa, sendo cultivado para a produção de vassouras artesanais.

O sorgo granífero apresenta uma variação na quantidade de taninos e na cor dos grãos, características que têm um impacto direto na sua utilização e valor nutricional (Figura 4). Essas diferenças são importantes para a escolha das variedades de sorgo, dependendo do uso pretendido, seja na alimentação animal ou humana. (TABOSA *et al.*, 2019).



Figura 4. Diferentes colorações do sorgo granífero. (EMBRAPA, 2024).

Essa diversidade de grupos agronômicos permite que o sorgo atenda a diferentes demandas da indústria, agricultura e consumo, contribuindo para sua versatilidade e utilidade em diversas aplicações (SILVA *et al.*, 2019; DUARTE *et al.*, 2021; MALDONADO *et al.*, 2021). Portanto, o sorgo apresenta-se como um grão de grande relevância tanto histórica quanto contemporânea, com uma capacidade notável de adaptação e aplicação em múltiplos setores. A combinação de sua adaptabilidade climática, diversidade agronômica e importância econômica faz do sorgo um componente vital para a agricultura sustentável e a segurança alimentar global.

3.1.2 Importância nutricional do sorgo granífero

Os grãos integrais de sorgo destacam-se por suas propriedades nutricionais e funcionais. São uma excelente fonte de fibras, minerais, vitaminas e uma variedade de compostos bioativos benéficos para a saúde, como antocianinas, ácidos fenólicos, taninos e amido resistente (TELES *et al.*, 2022). As sementes do sorgo são compostas por três partes principais: o pericarpo e a

testa, que constituem o farelo, rico em fibras alimentares e minerais; o endosperma, que é abundante em amido e proteínas de reserva; e o gérmen, onde se encontra a maior concentração de lipídios, açúcares e proteínas de reserva. (Figura 5) (VILELLA *et al.*, 2022).

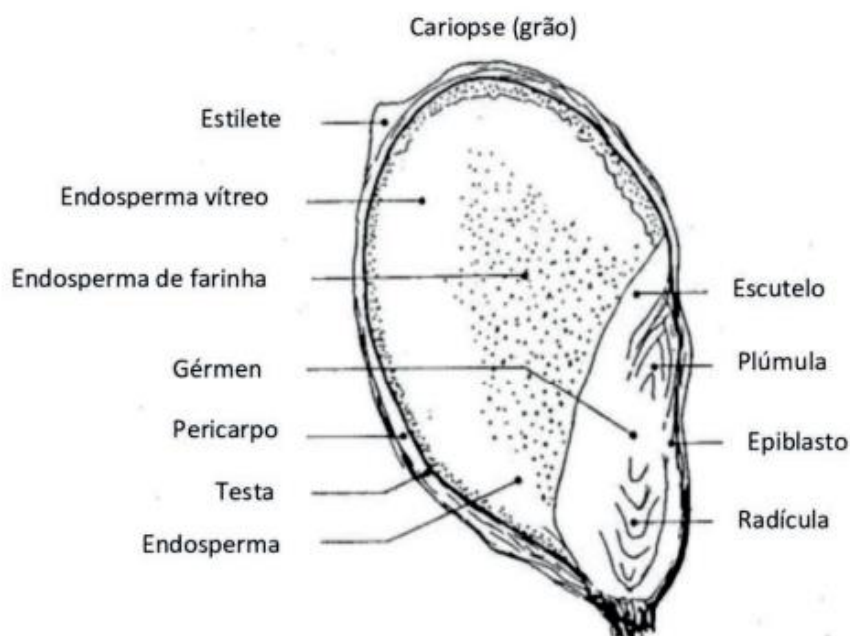


Figura 5. Estrutura do grão de sorgo. Fonte: Ben *et al.*, 2014.

O principal carboidrato presente no grão do sorgo é o amido, que representa cerca de 50 a 70% do peso total do grão. O amido consiste em cadeias de amilose lineares e amilopectina, que são unidades de glicose unidas por diferentes ligações glicosídicas. Além do amido, o sorgo também contém glicose, que faz parte da composição da celulose e hemiceluloses, carboidratos estruturais (WIDOWATI *et al.*, 2020).

A digestibilidade do amido presente no sorgo é menor em comparação com o milho, devido ao alto teor de fitoquímicos, especialmente taninos. Essa menor digestibilidade o torna uma opção alimentar recomendada para pessoas com diabetes e obesidade, pois pode ajudar a controlar os níveis de açúcar no sangue e promover a saciedade (CURTI *et al.*, 2022). Além disso, o sorgo não contém proteínas formadoras de glúten, tornando-o uma escolha atrativa para dietas livres de glúten, como aquelas necessárias para pessoas com doença celíaca. Ademais, possui sabor neutro, o que o torna versátil para a produção de uma variedade de alimentos sem glúten, diversificando as opções disponíveis no mercado (PAIVA *et al.*, 2019).

Martino e colaboradores (2012) destacam que as farinhas de sorgo são uma boa fonte de energia e carboidratos. Em seu trabalho, caracterizaram 8 tipos diferentes de sorgo destinado à alimentação humana, avaliando características como composição centesimal, distribuição granulométrica e concentração de minerais. A concentração proteica das amostras variou de 8,57 a 11,59%, os lipídios de 1,24 a 3,07% e os carboidratos de 57,3 a 64,7%. A fibra alimentar total variou de 9,13% a 15,09%. Além disso, as farinhas se destacaram como boas fontes de ferro, fósforo, magnésio e zinco. O estudo evidenciou a variabilidade entre as farinhas de diferentes genótipos de sorgo, que se diferem em relação a composição química e nutricional (MARTINO *et al.*, 2012).

A composição dos grãos de sorgo pode variar significativamente em função da maneira de cultivar, local de cultivo, estágio de maturação e práticas de fertilização. Em um estudo com 156 novas variedades de sorgo da Turquia, foram encontradas variações nos seguintes componentes: lipídeos (1,7 a 5,9%), proteínas (5,73 a 14,42%), taninos condensados (0 a 5,36%), ácido fítico (0,02 a 6,15%), amido resistente (0,08 a 25,45%), amido total (22,12 a 83,67%), amilose (4,21 a 32,8%) e amilopectina (15,22 a 72,95%). Além disso, a análise de 25 amostras de grãos de diferentes cultivos brasileiros revelou variações de 2,83 a 4,16% em minerais e de 5,24 a 8,26% em proteínas. Em outra pesquisa, a fração mineral de três variedades de sorgo cultivadas em cinco países da África Austral mostrou variações consideráveis, com 92 a 209 µg/g de cálcio (Ca), 25 a 42 µg/g de ferro (Fe), 2387 a 3536 µg/g de potássio (K), 1257 a 1734 µg/g de magnésio (Mg), 2283 a 3534 µg/g de fósforo (P) e 18 a 30 µg/g de zinco (Zn) (MEDEIROS e NIRO, 2022).

3.1.3 Utilização do sorgo no desenvolvimento de novos produtos

Segundo Tasie e colaboradores (2020), na Etiópia, o sorgo é utilizado de diversas formas, desde grãos para fazer injera (um tipo de pão), mingau, nifro (comida infantil), até a produção de xarope e bebidas locais como "*tella*" e "*arekie*". Além disso, as folhas e talos do sorgo são aproveitados na alimentação animal, enquanto os talos também são utilizados na construção de casas, cercas e como lenha. Isso destaca sua importância não apenas como fonte de alimento, mas como um recurso versátil em várias áreas da vida cotidiana.

É pertinente observar que a investigação acadêmica tem desempenhado um papel significativo na exploração das potencialidades do sorgo na indústria alimentícia. Vários produtos à base desse grão têm sido propostos, como *cookies* e pastéis (SOARES *et al.*, 2019),

barra de cereais (PAIVA *et al.*, 2018), bebida de baixa caloria (QUEIROZ *et al.*, 2018) e churros (QUEIROZ *et al.*, 2021). A pesquisa acadêmica nesse campo não apenas contribui para o desenvolvimento de produtos mais nutritivos e funcionais, mas também fornece *insights* valiosos para a indústria alimentícia sobre como utilizar ingredientes alternativos de maneira eficaz e sustentável. Assim, ao incorporar o sorgo no desenvolvimento de novos produtos, é possível criar alimentos que atendam às demandas crescentes por opções alternativas, nutritivas e adaptadas às necessidades específicas dos consumidores.

No estudo de Soares e colaboradores (2019) foram desenvolvidos biscoitos tipo “cookies” sem glúten e pastéis utilizando farinha de sorgo (*Sorghum bicolor*) rica em taninos. Além disso, eles avaliaram a digestibilidade *in vitro* dos amidos presentes nesses produtos e investigaram como o conhecimento sobre os benefícios do sorgo pode influenciar a aceitabilidade sensorial. Os biscoitos apresentaram concentrações de amido resistente e amido lentamente digerível de 5,07% e 16,22%, respectivamente, aproximadamente o dobro das encontradas nos pastéis (2,54% e 8,89%). Em contraste, os pastéis apresentaram uma concentração de amido rapidamente digerível quase duas vezes maior que a dos biscoitos (9,89% e 19,65%). Os resultados mostraram que ambos os produtos foram bem aceitos sensorialmente, e houve um aumento significativo nas médias dos escores sensoriais após a divulgação dos benefícios do sorgo para a saúde humana (SOARES *et al.*, 2019).

Queiroz e colaboradores (2018) desenvolveram uma mistura de bebida em pó utilizando farinhas extrusadas de sorgo tanino (PDT-3670) e sorgo isento de tanino (PDTF-7064), além de avaliar as propriedades sensoriais, nutricionais e funcionais. Ambos os produtos receberam uma aceitação variando de 70,9% a 90% em todos os atributos. A bebida PDT-3670 mostrou maior intenção de compra e melhor aceitabilidade em termos de sabor e aceitabilidade geral em comparação com a PDTF-7064. Além disso, a bebida PDT-3670 apresentou maiores níveis de atividade antioxidante, fenóis, taninos e antocianinas, indicando um maior potencial para propriedades funcionais em comparação com a PDTF-7064. Para as análises químicas, ambas as formulações demonstraram ser boas fontes de fibra (7,9–9,1 g/100 g) e proteínas (18,5 g/100 g), indicando que se trata de uma mistura de bebida em pó nutritiva, de baixa caloria, com potencial para ser introduzida no mercado de alimentos sem glúten, oferecendo benefícios à saúde dos consumidores.

Paiva e colaboradores (2018) desenvolveram uma barra de cereal com sorgo, extrusados de sorgo, fibra de caju e banana desidratada. A aceitabilidade sensorial deste produto foi determinada por dois painéis: um composto por indivíduos celíacos e outro por indivíduos não

celíacos. A aceitação sensorial semelhante entre celíacos e não celíacos indica que o produto possui um amplo potencial de mercado, atendendo tanto a indivíduos com restrição ao glúten quanto àqueles que não possuem essa restrição, mas buscam produtos funcionais e nutritivos.

Queiroz e colaboradores (2021) desenvolveram churros sem glúten utilizando farinha de sorgo BRS 305 com tanino e BR 501 sem tanino, avaliando a aceitabilidade sensorial, a retenção de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante após cozimento e fritura. Os produtos apresentaram alta aceitabilidade (84,5–95,5%) para todos os atributos sensoriais, sem diferenças significativas quanto à cor, aroma e sabor. Os churros feitos com a farinha de sorgo BRS 305 tiveram maior aceitação em termos de textura, aceitabilidade geral e intenção de compra. Além disso, os churros que foram produzidos com farinha BRS 305 mostraram teores de fenólicos cerca de três vezes maiores e atividade antioxidante cerca de 20 vezes maior em comparação com os feitos com farinha BR 501. Após a fritura, os churros de BRS 305 retiveram mais de 70% de antocianinas, 40% de fenóis e 65% da atividade antioxidante, enquanto os churros de BR 501 retiveram mais de 50% desses compostos. Esses resultados indicam que o teor de tanino da farinha BRS 305 contribui para um potencial funcional sem afetar negativamente a aceitabilidade dos churros.

As aplicações do sorgo em novos produtos também foram exploradas por Correia *et al.* (2021). Nesse estudo, os autores testaram o uso de sorgo 305, cru e extrusado, em cinco formulações de creme *cheese*, adicionando 1% e 2% dos dois tipos de farinha. Os resultados mostraram que as amostras analisadas, incluindo a referência, não apresentaram diferenças em relação ao teor de umidade, cinzas e carboidratos. Em comparação com a amostra sem farinha de sorgo cru ou extrusada (CORREIA *et al.*, 2021), observou-se maior teor de proteína e menor teor de gordura, demonstrando que a adição de farinha de sorgo nas formulações de creme *cheese* contribuiu para melhorar a qualidade nutricional do produto. Isso é relevante devido ao apelo dos consumidores por alimentos com alto teor de proteína e com baixo teor de gordura. Além disso, no teste de aceitação, as amostras contendo farinha de sorgo cru com 1% e 2% foram melhor avaliadas do que aquelas com 2% da farinha extrusada, validando o uso da farinha na sua forma mais econômica e favorecendo o consumo de um produto com maior qualidade nutricional e funcional.

O mercado de alimentos sem glúten está em expansão contínua, impulsionado pela alta demanda por produtos de panificação que atendam a esse nicho específico. Nesse cenário promissor, o sorgo se destaca como uma excelente alternativa, pois é naturalmente isento de glúten. Pesquisas recentes têm demonstrado que a incorporação do sorgo em formulações de

farinhas para panificação não apenas enriquece o perfil nutricional dos produtos finais, mas também oferece benefícios significativos à saúde. Essa versatilidade permite que o grão seja utilizado de várias maneiras na panificação: como farinha integral, parcialmente refinada ou em combinação com outras farinhas sem glúten, melhorando tanto a textura quanto a aceitação dos produtos finais (MEDEIROS e NIRO, 2022).

3.1.3.1 Sorgo e produtos de panificação

Nos últimos anos, tem sido observado um aumento expressivo na demanda por produtos de panificação no Brasil, especialmente no segmento de bolos. Em 2022, o faturamento desse mercado alcançou a cifra de R\$2,14 bilhões, com perspectivas de crescimento nos próximos anos. Além disso, o consumo de bolos industrializados atingiu 0,590 kg por ano no país, embora o pão francês ainda lidere o consumo na categoria de produtos de panificação, com 0,723 kg por ano, evidenciando uma diversificação crescente nos hábitos de consumo e um interesse crescente por produtos de panificação além do pão tradicional (ABIMAPI, 2022).

Lima e colaboradores (2022) caracterizam o bolo como um produto assado à base de farinha, açúcar e fermento, podendo conter ingredientes adicionais como ovos, lipídios e leite. Embora os bolos sigam uma formulação convencional, não há regulamentação específica para este tipo de produto até a promulgação da Resolução Diretoria Colegiada, RDC nº 719, de 01 de julho de 2022, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Esta resolução define alimentos semiprontos ou prontos para o consumo, onde os bolos se enquadram como alimentos preparados, podendo ser pré-cozidos, cozidos ou requerer aquecimento complementar.

A versatilidade dos bolos é um fator fundamental que impulsiona o aumento de sua comercialização. A variedade de tipos, formatos, recheios e sabores permite que os fabricantes atendam a uma ampla gama de preferências e demandas dos consumidores. Destacam-se entre essas variedades o *muffin* e o *cupcake*, frequentemente comercializados em porções individuais, tornando-os convenientes para consumo em lanches rápidos ou como uma opção leve para refeições (LIMA *et al.*, 2022).

A farinha de sorgo é utilizada em bolos, cereais matinais, pães, tortilhas, biscoitos e massas alimentícias. Com amido resistente, fibras alimentares, proteínas e compostos fenólicos, o sorgo não apenas melhora a qualidade sensorial e nutricional dos produtos finais, mas também promove benefícios à saúde dos consumidores. Um estudo realizado por Khan e colaboradores

(2024) mostrou que o uso de farinha de sorgo vermelho em macarrão de sêmola reduziu os efeitos glicêmicos pós-prandial e aumentou o nível de saciedade, o que pode estar relacionado ao maior teor de polifenóis e fibra alimentar no sorgo vermelho em relação à farinha branca.

A aceitação positiva pelos consumidores também é um ponto forte para a farinha de sorgo em produtos de panificação. Pesquisas, como as realizadas por Gava Junior (2017), mostraram alta aceitação de pães com adição de sorgo. O autor avaliou o uso da farinha em formulações de pães, elaborados juntamente com espessantes específicos (goma xantana e *psyllium*), de modo a conferir as características desejadas para esse produto. A aceitação foi superior a 6 na escala hedônica para os quesitos avaliados: maciez, volume e aceitação.

A combinação da farinha de sorgo com outras farinhas, como arroz ou milho, amplia ainda mais suas aplicações. Essa mistura pode ser utilizada no preparo de bolos, biscoitos, massas alimentícias, panquecas, entre outros, oferecendo flexibilidade nas formulações sem comprometer a qualidade final dos produtos. Dessa forma, a farinha de sorgo não apenas apresenta vantagens tecnológicas e nutricionais significativas, mas também se destaca pela sua aceitabilidade sensorial e versatilidade nas aplicações em produtos de panificação. Com essas características, ela se posiciona como uma alternativa robusta para atender à crescente demanda por alimentos saudáveis e funcionais no mercado atual (MEDEIROS e NIRO, 2022).

Semente de linho (*Linum usitatissimum*), conhecida como linhaça, é uma planta *Linum* da família *Linaceae*. Essa planta é cultivada há séculos tanto por suas sementes quanto por suas fibras. Existem dois tipos da semente conhecidos: a marrom e a dourada (COSTA *et al.*, 2020). A linhaça marrom se desenvolve melhor em climas mais tropicais como Brasil e Argentina, enquanto a dourada é produzida em climas frios, como no Canadá e Estados Unidos (RIBEIRO *et al.*, 2021).



Figura 6. Diferentes colorações de linhaça. Fonte: Semadesc 2024.

A linhaça marrom é a mais comum e é reconhecida por ser rica em ácido alfa-linolênico, tornando-a uma escolha popular para fins nutricionais (KAUR *et al.*, 2018). Segundo relatório da FAO (2020), a produção global de semente de linhaça em 2018 atingiu 3,183 milhões de toneladas, destacando a importância dessa cultura em escala mundial. O Canadá é conhecido por ser um dos principais produtores e exportadores de linhaça, respondendo por cerca de 33% da produção mundial total (TANG *et al.*, 2020). No Brasil, a linhaça marrom é produzida em maior escala e se destaca por seu maior teor de tocoferóis e atividade antioxidante, embora tenha um valor comercial relativamente menor (COSTA *et al.*, 2020).

Além de seu uso direto como alimento, as sementes moídas ou granulares são frequentemente utilizadas na indústria alimentícia como ingrediente funcional em pães, cereais matinais, barras de cereal, iogurtes e produtos de panificação.

3.2.1 Linhaça e sua importância nutricional

A linhaça é reconhecida por seus diversos benefícios à saúde, e rica em vitaminas (A, C, F e E) e minerais como fósforo, magnésio, potássio, sódio, ferro, cobre, manganês e zinco (RAGHUWANSHI *et al.*, 2019), ela também contém ácido alfa-linolênico (ALA), um ácido graxo ômega 3 essencial (ω -3), fibras solúveis e insolúveis (LAN *et al.*, 2020; YE, XIN-PEI *et al.*, 2022; WU *et al.*, 2019). O ácido alfa-linolênico (ALA) é um ácido graxo essencial, não sintetizado pelo organismo humano, sendo necessário obtê-lo por meio da dieta. Ele

desempenha funções fundamentais na estrutura das membranas celulares e nos processos metabólicos. No fígado, o ALA é convertido em ácido eicosapentaenoico (EPA) e, posteriormente, em ácido docosa-hexaenoico (DHA) por meio de reações enzimáticas de alongamento e dessaturação. O DHA é considerado o principal produto final desse metabolismo, sendo essencial para diversas funções fisiológicas (SOUZA *et al.*, 2021). Este ácido graxo é particularmente importante para indivíduos que não consomem peixes, oferecendo benefícios para a saúde cardiovascular e cerebral (AHMADINE *et al.*, 2023).

Além do ALA, a linhaça é reconhecida por seus compostos bioativos, como lignanas fenólicas, incluindo o dibenzilbutano. Esses compostos atuam como poderosos antioxidantes, ajudando a neutralizar os radicais livres no corpo e protegendo as células contra danos que podem levar ao desenvolvimento de câncer (RIBEIRO *et al.*, 2021). Segundo Costa e colaboradores (2020) o consumo regular de linhaça pode estar associado a um menor risco de câncer de cólon, devido às suas propriedades antioxidantes e à capacidade de promover a saúde intestinal.

Além de seu valor nutricional e propriedades funcionais, é utilizada industrialmente em produtos como tintas, revestimentos, tintas de impressão, sabão, óleos de núcleo, lonas de freio e adjuvantes herbicidas (BEKHIT *et al.*, 2018). Essa versatilidade destaca a importância econômica e industrial da linhaça além de seu uso alimentar.

Os consumidores estão cada vez mais conscientes da importância da dieta, buscando alimentos que possam contribuir para a saúde e melhorar seu bem-estar (SILVA *et al.*, 2019; WIR KIJOWSKA *et al.*, 2020). Portanto, a linhaça pode ser facilmente incorporada à dieta diária, podendo ser adicionada a iogurtes, cereais, *smoothies* ou utilizada como ingrediente em diversos produtos de panificação (WIR KIJOWSKA *et al.*, 2020).

Na indústria alimentícia, especialmente no segmento de panificação, há uma demanda por produtos que ofereçam benefícios à saúde sem comprometer o sabor e a textura dos alimentos (SA *et al.*, 2021). Diante disso, vários produtos à base de linhaça têm sido desenvolvidos, incluindo bolos (SÁ *et al.*, 2021), pão de ló (AHMADINE *et al.*, 2023), pães (KIJOWSKA *et al.*, 2020), *brownies* (SANTOS *et al.*, 2021) e *cookies* (KAUR *et al.*, 2017), proporcionando opções nutritivas e funcionais para os consumidores.

3.3 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é uma metodologia científica essencial para avaliar as características sensoriais dos alimentos, utilizando os sentidos humanos, como visão, olfato, paladar, tato e audição (SILVA *et al.*, 2023). Esta abordagem permite uma compreensão detalhada das preferências dos consumidores em relação aos produtos alimentícios, destacando aspectos como sabor, aroma, textura e aparência. Essas informações são fundamentais para ajustar ou aprimorar as formulações e garantir que os produtos atendam às expectativas e necessidades do público-alvo (INÔ *et al.*, 2020).

Existem diferentes tipos de testes sensoriais que podem ser aplicados de acordo com os objetivos da pesquisa, como testes discriminativos, testes descritivos e testes afetivos.

Os métodos discriminativos são realizados por meio de testes que indicam a existência ou não de diferença entre amostras analisadas. Esses testes são objetivos e podem ser empregados no controle de qualidade, no desenvolvimento de novos produtos e para testar a precisão e a confiabilidade dos provadores (AMARAL *et al.*, 2017). Os testes discriminativos mais comuns incluem, teste triangular que consiste em apresentar ao provador três amostras, das quais duas são idênticas e uma é diferente. O provador deve identificar a amostra diferente. No teste duo-trio o provador recebe uma amostra de referência e duas amostras de teste, sendo uma igual à referência e a outra diferente. O provador deve identificar qual das amostras de teste é igual à referência (AMARAL *et al.*, 2017). Teste de comparação pareada são apresentadas duas amostras, e o provador deve indicar qual delas possui uma característica específica em maior intensidade, e o teste de ordenação onde o provador recebe várias amostras e deve ordená-las de acordo com a intensidade de uma característica específica (AMARAL *et al.*, 2017).

Os testes afetivos constituem um dos principais grupos de métodos sensoriais, destinados a coletar opiniões dos consumidores em relação a produtos específicos. Esses testes são divididos em duas categorias: testes de preferência e testes de aceitação, os quais diferem principalmente em seus objetivos (NORA, 2021). Os testes afetivos, como a escala hedônica de nove pontos, são aplicados para avaliar a aceitação dos produtos pelos consumidores não-treinados. Neste teste, os participantes atribuem uma pontuação de acordo com o grau de gostar ou desgostar do produto, permitindo uma avaliação quantitativa da aceitação sensorial (CAYRES *et al.*, 2020). Os testes de aceitação são particularmente relevantes no desenvolvimento de novos produtos, na otimização de processos, na modificação de produtos

existentes e na avaliação de mercados potenciais para novos alimentos (NORA, 2021). Existem também os testes de preferência onde o consumidor deve escolher um produto em comparação com outro (s) em relação ao quanto ele prefere e, a escala de atitude, onde o provador indica o quanto ele teria interesse em comprar ou não aquele produto (DUTCOSKY, 2019).

Os métodos sensoriais descritivos envolvem uma equipe treinada de avaliadores que descrevem qualitativa e/ou quantitativamente os atributos sensoriais de um produto. Esses métodos detalhados são essenciais para caracterizar as propriedades sensoriais de forma precisa, identificando diferenças sutis entre amostras que podem não ser perceptíveis para consumidores não-treinados (ALCÂNTARA *et al.*, 2018).

Para complementar essa abordagem, surgiram métodos descritivos alternativos que visam otimizar a análise sensorial, reduzindo custos e tempo de avaliação. São eles: *Pivot Profile* (WANG *et al.*, 2023), *check-all-that-apply* (CATA) (CORREIA *et al.*, 2020), *Flash Profile* (NORIEGA 2021), *Sorting Task* (HAMILTON *et al.*, 2020), *Projective Mapping e Ultra-Flash* (MCSWEENEY *et al.*, 2022; PEREZ *et al.*, 2021). Essas técnicas têm se mostrado adequadas para a determinação do perfil sensorial dos alimentos. O teste CATA (*Check-All-That-Apply*) é um exemplo significativo, onde os consumidores assinalam todos os termos descritivos que consideram aplicáveis à amostra em avaliação. Essa técnica permite uma avaliação aberta e detalhada das características percebidas, facilitando a compreensão das preferências dos consumidores de maneira prática e eficiente (SILVA *et al.*, 2023).

A quantidade de consumidores necessária para a realização da análise sensorial é um fator crucial para obter resultados estatisticamente válidos. Idealmente, a amostra deve incluir entre 50 a 100 consumidores, embora esse número possa variar dependendo do tamanho das diferenças entre as amostras. Outro fator importante é a ordem dos termos apresentados no questionário CATA, pois ele também influencia as respostas dos consumidores. Atributos listados no topo tendem a ser mais frequentemente selecionados. Portanto, é recomendado que a ordem dos termos seja balanceada entre os avaliadores e amostras para minimizar vieses e manter a atenção dos consumidores durante toda a análise (SATOR *et al.*, 2021).

O método CATA envolve a apresentação de uma lista de termos descritivos relevantes aos atributos sensoriais do produto. Os participantes são convidados a assinalar todos os termos que acharem aplicáveis à amostra que estão avaliando. Isso permite uma avaliação mais ampla e aberta das características percebidas, sem limitar os participantes a escolher apenas uma opção (JAEGER *et al.*, 2020). Segundo Pisarra e colaboradores (2021), é interessante trabalhar com um grupo focal para definir os termos descritores, pois essa metodologia permite reunir

informações sobre os termos sensoriais percebidos nos alimentos sem a necessidade de uma escala, proporcionando uma descrição mais relevante de suas propriedades.

A aplicação do método CATA tem se expandido para diversos produtos alimentícios, como torta de tilápia (LÁZARI *et al.*, 2021), café (NEVES *et al.*, 2021), bebidas de cajá (ALVES *et al.*, 2023), requeijão cremoso (SILVA *et al.*, 2021) e bebidas esportivas (TEIXEIRA *et al.*, 2020). Essa diversificação evidencia a relevância do método na análise sensorial contemporânea, proporcionando *insights* valiosos para o desenvolvimento de produtos que melhor atendam às expectativas dos consumidores.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Os grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), do genótipo BRS 305, foram cedidos pela Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. Os grãos foram armazenados em sacos plásticos de polietileno e transportados para o campus da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ), em Sete Lagoas, onde foram submetidos a moagem em moinho de facas (Marconi MA048) e peneirados utilizando uma peneira de 1000 micrômetros. Após esse processo, a farinha resultante foi embalada e transportada para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

A farinha de linhaça, juntamente com os demais ingredientes necessários para a preparação das formulações (açúcar, óleo de soja, fermento químico em pó, goma xantana, essência de baunilha, sorbitol, maltitol e forminhas forneáveis), foi adquirida em um estabelecimento comercial na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. Todos os itens utilizados pertenciam a uma mesma marca e lote, sendo preparados exclusivamente para esta pesquisa.

4.2 MÉTODO DE PRODUÇÃO DOS CUPCAKES

O fluxograma apresentado na Figura 7 mostra todas etapas adotadas para o desenvolvimento do trabalho.

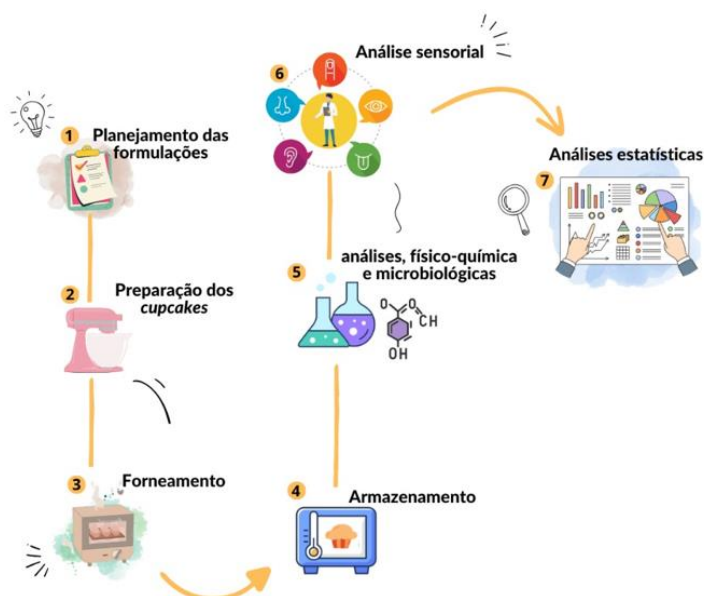


Figura 7. Fluxograma representativo da metodologia adotada no trabalho.

Uma formulação de bolo de sorgo padrão, concedida pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) no ano de 2023, contendo farinha de sorgo, amido de milho, açúcar, manteiga, água, goma xantana, ovo, fermento químico e essência de baunilha, foi utilizada como referência. A partir desta receita base, que tem como principal fonte o amido de milho e a farinha de sorgo, foram realizadas substituições. O amido de milho foi substituído pela farinha de linhaça, e a farinha de sorgo foi mantida nos seguintes percentuais: 75% de farinha de linhaça e 25% de farinha de sorgo (25S); 50% de farinha de farinha de linhaça e 50 % farinha de sorgo (50S); 25% de farinha de linhaça e 75% farinha de sorgo (75S); e 100% de farinha de sorgo (100S), totalizando quatro formulações. Os demais ingredientes e suas proporções estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Formulações para produção dos *cupcakes* produzidos com farinha de sorgo e linhaça.

Ingredientes	25S	50S	75S	100S
Farinha de Sorgo	8,53%	17,07%	25,60%	34,13%
Farinha de Linhaça	25,60%	17,07%	8,53%	0,00%
Açúcar	4,49%	4,49%	4,49%	4,49%
Maltitol	2,69%	2,69%	2,69%	2,69%
Sorbitol	2,69%	2,69%	2,69%	2,69%

Óleo	5,39%	5,39%	5,39%	5,39%
Água	32,93%	32,93%	32,93%	32,93%
Goma Xantana	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%
Ovo	14,97%	14,97%	14,97%	14,97%
Fermento Químico	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%
Essência de Baunilha	0,30%	0,30%	0,30%	0,30%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Legenda: 25S (amostra 25% Farinha de sorgo e 75% Farinha de Linhaça) 50S (amostra 50% Farinha de sorgo e 50 % Farinha de linhaça) 75S (amostra 75% Farinha de sorgo e 25 % de Farinha de Linhaça) 100S (amostra 100% Farinha de sorgo) médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Autor, 2024.

A produção dos *cupcakes* ocorreu no Laboratório de Análise Sensorial e Estudos de Consumidor (LASEC) na Faculdade de Farmácia (FAFAR). A farinha de sorgo, farinha de linhaça os ovos, óleo de soja, açúcar, água, goma xantana, aroma artificial de baunilha, sorbitol, maltitol e fermento foram colocados dentro do *bowl* da batedeira planetária (Arno Deluxe/Brasil) e batidos em velocidade média (velocidade 5) por três minutos até obter uma mistura homogênea. Em seguida, a massa foi transferida para uma manga de confeitar para facilitar o preenchimento das formas de *cupcakes*, com 18 gramas de massa sendo distribuídos em cada uma delas. Os *cupcakes* foram assados em forno elétrico a 180°C (Progás) por 30 minutos. Após o término do cozimento, os *cupcakes* foram retirados do forno, resfriados, embalados e armazenados a uma temperatura de 23°C $\pm$ 2°C para análises posteriores.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

No dia seguinte à produção dos *cupcakes*, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Bromatologia - Unidade de Pesquisa Química de Alimentos da Faculdade de Farmácia da UFMG para serem analisadas, em triplicata.

A determinação do teor de umidade foi realizada pelo método gravimétrico de secagem direta em estufa ventilada (Fanem, 320-SE, São Paulo) a 105°C, seguindo a metodologia descrita pela AOAC (2016). Os *cupcakes* foram misturados e triturados para obter uma amostra homogênea. Foram pesados 5 g de cada amostra em cápsula de porcelana utilizando uma balança analítica (SHIMADZU) e levados à estufa por três horas. Após um intervalo de trinta

minutos, as amostras foram pesadas novamente, repetindo o procedimento até que o peso se mantivesse constante.

Para a determinação do teor de cinzas, as amostras foram incineradas em mufla (FORNITEC, 2629, São Paulo) a 550°C, seguindo os padrões da AOAC (2016). Todo o material foi previamente preparado e pesado em cadinho utilizando uma balança analítica. Em seguida, as amostras foram carbonizadas em chama direta, utilizando um bico de Bunsen, dentro de uma capela de exaustão, e, posteriormente, levadas à mufla até a completa mineralização da amostra.

A determinação do teor de proteína foi realizada pela metodologia de Kjeldahl. Foram pesados 5 g das amostras em balança analítica e adicionados ácido sulfúrico (Neon lote 36744) juntamente com uma mistura digestora em tubos de digestão. Em seguida, a amostra foi digerida em um bloco digestor (TECNAL, 040/25, Piracicaba, SP) por aproximadamente 4 horas a 350 °C. Após este processo, as amostras foram destiladas em um destilador de nitrogênio (TECNAL, TE-0363) e tituladas utilizando o fator de conversão 6,25, conforme as diretrizes da AOAC (2016). Todo esse processo foi realizado dentro de uma capela de exaustão, observando-se as normas de biossegurança.

O teor de lipídios foi obtido por meio de extração direta semi contínua pelo método de *Soxhlet*, utilizando um extrator de lipídeos (Solab, SL-202, Piracicaba, SP) e éter etílico da marca Êxodo. A gordura foi extraída da amostra, o solvente foi removido posteriormente, e a gordura foi quantificada após a secagem. Todas as análises foram realizadas em triplicata e de acordo com a AOAC (2016).

Os carboidratos foram calculados por diferença, utilizando a fórmula:

$[100 - (\text{umidades} + \text{proteína} + \text{lipídeo} + \text{cinzas})]$.

Os resultados foram expressos em gramas por 100 gramas de matéria seca (AOAC, 2012).

Para a determinação de fibras, foi realizado o cálculo indireto conforme o (IN) nº 75 de outubro de 2020 (ANVISA). Utilizou-se o artigo do Martino e colaboradores (2012) como referência para o cálculo de fibras no sorgo e o rótulo da farinha encontrada no mercado local para linhaça.

4.4 COLORAÇÃO

Para avaliação dos parâmetros de cor instrumental (L^* , a^* , b^* , C^* , h°), utilizou-se um colorímetro (*Spectrophotometer* CM-2300d – Konica Minolta, Tóquio, Japão). Os *cupcakes* foram analisados de acordo com o sistema *International Commission on Illumination* (CIE LAB System), calibrando-se previamente o equipamento utilizado. Os *cupcakes* foram posicionados de forma que o leitor alcançasse três pontos distintos, alternando a posição entre as medições. O parâmetro L^* corresponde a luminosidade, indicando quão clara é a amostra, com valores que assumem de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). A coordenada a^* corresponde aos extremos vermelhos ao verde, enquanto a coordenada b^* indica a intensidade do azul ao amarelo. O croma (C^*) está relacionado com a saturação da cor e o ângulo *hue* (h°) à tonalidade. Estes dois últimos parâmetros foram calculados conforme as Equações 1 e 2 (SILVA *et al.*, 2020).

$$h^\circ = \text{arco tangente} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad \text{Equação 1}$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Equação 2}$$

4.5 TEXTURA

A avaliação de textura foi realizada em temperatura ambiente com o analisador de textura (TA. XT plus, *Stable Micro Systems*) conforme o método 74-09.01 da AACC International (AACC, 2010b), em triplicata. Utilizou-se uma probe cilíndrica de 36 mm de diâmetro para as amostras, com altura de 3 cm e diâmetro de 4 cm a unidade.

4.6 VOLUME ESPECÍFICO

O volume específico dos *cupcakes* foi obtido seguindo a metodologia descrita pela *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 2010). Após a pesagem das amostras em balança semi-analítica, o volume dos *cupcakes* foi medido, em triplicata, em três repetições, por meio de deslocamento de sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.). O método (nº 55-50.01) consiste no preenchimento de béquer transparente totalmente preenchido com sementes

de painço. Em seguida, uma parte das sementes é substituída pela amostra, até que o béquer ficasse cheio até a borda e nivelado com auxílio de uma régua plástica. As sementes restantes são então transferidas para uma proveta graduada (100 ml), apresentando o resultado final em ml, e o volume específico foi calculado de acordo com a Equação 3.

$$Volume\ específico = \frac{Volume\ deslocado\ (mL)}{Peso\ da\ amostra\ (g)} \quad \text{Equação 3}$$

4.7 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Para avaliar se os produtos desenvolvidos atendem aos padrões microbiológicos para “pães, bolos, bolachas, biscoitos e outros produtos de panificação, estáveis à temperatura ambiente”, conforme preconizada pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 724 de julho de 2022 e Instrução Normativa (IN) nº 161 de julho de 2022 (BRASIL, 2022), foram realizadas análises dos *cupcakes* para pesquisa de *Salmonella*/25g e contagem de *Bacillus cereus* presuntivo/g, *Escherichia coli*/g e *Bolores e leveduras*/g, conforme as metodologias descritas pela *American Public Health Association* (APHA, 2015).

4.8 ANÁLISE SENSORIAL

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Pesquisa e Ética Humana (COEP) sob o protocolo nº 60865622.0.1001.5149. A análise sensorial foi realizada em sessão única no Laboratório de Análise Sensorial e Estudos com Consumidor (LASEC) na Faculdade de Farmácia (FAFAR). Os participantes do teste sensorial assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) para Pesquisa com Seres Humanos (ANEXO A) em duas vias: uma destinada aos pesquisadores e a outra aos provadores. Além disso, os provadores preencheram um questionário socioeconômico para identificação, que incluía perguntas relevantes à pesquisa (ANEXO B). Vale ressaltar que os provadores foram selecionados com base nos seguintes critérios: ausência de aversão ao produto, disponibilidade, motivação e interesse em participar dos testes sensoriais, ausência de restrições de saúde no que se refere à ingestão de ovo, amido de milho, farinha de sorgo, farinha de linhaça, açúcar, goma xantana, manteiga, óleo de soja, fermento químico, aroma artificial de baunilha, sorbitol e maltitol.

As análises sensoriais dos *cupcakes* foram realizadas por meio de testes afetivos com provadores não treinados, incluindo teste de aceitação e intenção de compra, seguidos pelo teste descritivo *check-all-that-apply* (CATA) (ANEXO C). Para o teste de aceitação, foi utilizado uma escala hedônica de 9 pontos, variando de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente), para cada atributo avaliado: cor, aroma, textura, sabor e impressão global. Para a intenção de compra utilizou-se a escala de 5 pontos, variando de 1 (certamente não compraria) a 5 (certamente compraria).

Os termos utilizados no CATA foram desenvolvidos a partir de um grupo focal de oito participantes que experimentaram as amostras uma semana antes da análise sensorial, onde foi levantado vinte e nove características dos *cupcakes* e definido por consenso os que melhor se aplicavam dentro dos parâmetros do mini bolo, para uma análise mais fidedigna do estudo.

No mesmo cenário, os avaliadores responderam as questões do teste CATA, que incluiu 15 atributos sensoriais relacionados às características dos *cupcakes*, sendo eles: cor marrom, aroma de baunilha, úmido, macio, integral, doce, aroma de cereais, fibroso, sabor residual, cor acastanhada, amanteigado, aroma de chocolate, arenoso, sabor de castanha e amargo.

As amostras foram codificadas com três dígitos aleatórios e apresentadas de forma monódicas, casualizadas e sequenciais, oferecidas em porções individuais de 18 g de cada *cupcake*. Foram servidas em bandejas com guardanapos, biscoito água e sal e um copo de água para limpar o palato. O teste foi realizado em cabines individuais com luz branca. Cada provador recebeu uma ficha de avaliação contendo os atributos para descrever cada amostra.

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado. A análise de variância (ANOVA) foi aplicada aos dados instrumentais e aos resultados dos testes sensoriais de aceitação e intenção de compra, utilizando o software R (versão 4.4) com a interface RStudio (versão 2024). Adotou-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$) no teste de Tukey.

A relação entre as variáveis medidas nas formulações de *cupcake* foi avaliada por meio da análise de componentes principais (PCA), baseada em uma matriz de correlação, também utilizando o software R (versão 4.4). No teste descritivo CATA, a frequência de citação de cada atributo sensorial foi determinada pela contagem do número de vezes que os termos foram utilizados pelos avaliadores para descrever as amostras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A análise dos teores de umidade, cinzas, proteínas, gorduras e carboidratos, por diferença, e fibra total, por cálculo indireto, está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Composição centesimal (%) em massa seca de *cupcakes* elaborados com diferentes concentrações de farinha de sorgo e linhaça.

Composição (%)	Teor das diferentes formulações dos <i>cupcakes</i> (%)			
	25S	50S	75S	100S
Umidade	34,32 ± 0,73a	34,60 ± 0,23a	21,14 ± 2,69c	30,04 ± 0,17b
Cinzas	3,07 ± 0,07a	2,7 ± 0,06b	2,54 ± 0,18bc	2,32 ± 0,06c
Proteína	13,8 ± 2,55a	10,2 ± 0,60b	9,23 ± 0,33b	7,79 ± 0,27c
Lipídios	10,62 ± 0,32a	10,61 ± 0,97a	10,56 ± 0,89a	10,57 ± 0,66a
Carboidratos	38,21 ± 2,42c	41,87 ± 2,56c	56,53 ± 3,65a	49,27 ± 0,68b
Fibra total	12	9	6,7	4

Tratamentos: 25S (amostra 25% Farinha de sorgo e 75% Farinha de Linhaça) 50S (amostra 50% Farinha de sorgo e 50 % Farinha de linhaça) 75S (amostra 75% Farinha de sorgo e 25 % de Farinha de Linhaça) 100S (amostra 100% Farinha de sorgo). Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Autor, 2024.

Os valores de umidade variaram significativamente entre as formulações. Observa-se que a amostra 75S apresentou o menor valor de umidade (21,14% ± 2,69c), diferindo significativamente das amostras 50S (34,60% ± 0,23a) e 25S (34,32% ± 0,73a), que possuem valores similares entre si e apresentam os maiores teores de umidade. Esse fato está associado à quantidade de farinha de linhaça nas formulações, dado que, em relação ao sorgo, ela apresenta maior teor de umidade, decorrente da sua composição química apresentar maior teor de fibras alimentares, gordura e proteínas (POHJANHEIMO *et al.*, 2006).

Assim, na medida que a concentração de linhaça aumenta nas formulações dos *cupcakes*, maior é a umidade. Marpalle *et al.* (2014) observaram essa mesma característica na produção de pães funcionais, no qual houve um aumento de absorção de água proporcional à adição de linhaça. Concomitante a esse estudo, Lee *et al.* (2023) verificaram que a adição de linhaça a *muffins* afeta a umidade e as propriedades sensoriais, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho.

Em relação à análise de cinzas, nota-se a mesma disposição observada para a umidade. A linhaça confere aos produtos aumento no teor de cinzas, o que pode ser constatado nas formulações 25S, 50S e 75S, quando os teores de cinzas variam entre $3,07\% \pm 0,07$; $2,7\% \pm 0,06$ e $2,54\% \pm 0,18$, respectivamente. Esse resultado é coerente entre si e também se assemelha com valores encontrados na literatura para essa medida específica. Por exemplo, a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (2011) apresenta valores representativos da composição dos principais alimentos consumidos no Brasil, e para a linhaça é conferido um percentual de 3,7% de presença de cinza para cada 100 g do produto *in natura*. Essa informação é baseada em estudos quantitativos e norteia toda a cadeia nutricional necessária para controle de qualidade alimentar no Brasil. Estudos mostram uma variação para essa semente de 3%, 3,5% e 3,28%, a depender da localização, cultivo e condições ambientais (MARPALLE *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2020; NOVELLO E POLLONIO, 2011).

Ao contrário da linhaça, o sorgo não entra na lista desses alimentos descritos pelas TACO (2011) desde sua última revisão, porém, a literatura fornece uma base de dados ampla sobre a composição de cinzas do sorgo BRS 305, a composição encontrada varia entre 1,32%; 1,7% e 0,16% o que também é influenciado pelo cultivo e processamento (MARTINO *et al.*, 2012; VIEIRA, 2020; WIDOWATI e LUNA, 2022; AGUIAR, 2017). Sendo assim, é esperado que os *cupcakes* feitos com maior parte de linhaça (25S) tenha maior teor de cinzas do que os que possuem mais sorgo (75S) ou produzidos com 100% de sorgo (100S).

Dentre os benefícios de usar os dois insumos para a produção dos *cupcakes*, está a oferta de proteína, benéfica para o nosso organismo e presente tanto na linhaça quanto no sorgo. Este fator foi essencial na escolha das formulações desenvolvidas. A amostra 25S destacou-se por possuir o maior teor de proteína com $13,8\% \pm 2,55$, diferenciando-se das demais 50S, 75S e 100S, que apresentaram $10,2\% \pm 0,6$; $9,23\% \pm 0,33$ e $7,79\% \pm 0,27$, respectivamente. A quantidade de proteínas de 14%; 19,5%; 22,58%; 17,56% foram reportados na literatura para cada 100 g de linhaça (TACO, 2011; NOVELLO E POLLONIO, 2011; MARPALLE *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2020), enquanto que para o sorgo um valor menor é encontrado, variando entre 10% e 11% (MARTINO *et al.*, 2012; AGUIAR, 2017). Entretanto, a linhaça por possuir maior percentual de proteína, favorece a obtenção de *cupcakes* mais proteicos quando é utilizada em maior fração.

Portanto, do ponto de vista nutricional, pode-se dizer que todas as formulações são "fontes" de proteína. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), (IN) nº 75 de outubro de 2020, o teor mínimo de proteína necessário é de 5g por porção do alimento.

Os resultados deste estudo corroboram com trabalho de Ávila e colaboradores (2017), que desenvolveram bolos sem glúten utilizando farinha integral de sorgo e tiveram como destaque um aumento de $9,2\% \pm 0,6$ no teor de proteína quando comparados aos bolos vendidos em lojas regulares.

Sobre lipídios não houve diferenças estatísticas (de $10,56 \pm 0,89$ a $10,62 \pm 0,32$) e entre as formulações, sugerindo que a adição de farinha de sorgo e farinha de linhaça não interferiu no teor final de lipídios.

O amido é o principal componente do sorgo (60 a 75%) (VIEIRA, 2020) e se destaca nesse quesito em relação a linhaça (27% até 43%) (TACO (2012). Sendo assim, o resultado apresentado na Tabela 3 é coerente com o esperado. A formulação 75S possui maior teor de sorgo, dentre as formulações com a linhaça, logo, maior é o valor de carboidrato identificado ($56,53\% \pm 3,65$). Essa propensão pode ser observada quando comparada com a amostra 25S, que possui menor teor de sorgo e, portanto, menor quantidade de carboidrato ($38,21\% \pm 2,42$).

No que diz respeito as fibras, a presença da linhaça implica em um aumento significativo desse componente, além de proteína e umidade como foi discutido. Para que o alimento seja considerado fonte desse nutriente, deve-se apresentar 2,5 g por porção do alimento, e no presente estudo, a amostra 25S, contém 12g em 100 g na porção. Uma forma de garantir que a população em geral receba quantidades adequadas de fibras na dieta é consumir alimentos que normalmente não seriam associados como fonte de fibras, mas que são frequentemente consumidos nos lanches, como *muffins*, *cupcakes* ou bolos que normalmente seriam consumidos durante o café da manhã (ÁVILA *et al.*, 2017).

Portanto, do ponto de vista nutricional, pode-se dizer que as amostras 25S, 50S e 75S são "fontes" de fibra, e sobre proteína todas as formulações são consideradas como "fontes". Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), (IN) nº 75 de outubro de 2020, o teor mínimo de proteína necessário é de 5 g por porção. Os resultados deste estudo corroboram com trabalho de Ávila e colaboradores (2017), que desenvolveram bolos sem glúten utilizando uma mistura de farinha integrais, e tiveram como destaque um aumento de $9,2\% \pm 0,6$ no teor de proteína quando comparados aos bolos vendidos em lojas regulares.

Compreendendo que a farinha de sorgo é integral, a amostra 100S desenvolvido neste estudo pode ser considerado integral, pois, de acordo com a Resolução Diretoria Colegiada, RDC nº 712, de 01 de julho de 2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, os alimentos contendo cereais que sejam classificados como integrais podem apresentar na sua denominação de venda a expressão "integral", quando contém no mínimo

30% de ingredientes integrais ou quando a quantidade dos ingredientes integrais for superior à quantidade dos ingredientes refinados. Produtos integrais, consequentemente, apresentam alto teor de fibras, pois as matérias primas integrais não sofrem modificações em sua estrutura no processo de industrialização, conservando minerais, vitaminas e os fitoquímicos presentes no pericarpo (LIMA *et al.*, 2020).

5.2 COR

Na Tabela 4 estão apresentados os valores obtidos na análise de cor, que tem como principais atributos a luminosidade (L^*), a tonalidade (h), e a saturação (C^*). O parâmetro L^* indica a luminosidade da cor, que pode variar entre 0 (preto) e 100 (branco), conforme orientado pelo Espaço de Cor (CIE - *Commission Internationale de l'Eclairage*) criado para expressar o parâmetro de cor de forma numérica e precisa.

Tabela 4. Variação das características de cor instrumental dos *cupcakes* produzidos com diferentes formulações.

Cor	Formulações dos <i>cupcakes</i> (%)			
	25S	50S	75S	100S
L^*	$31,9 \pm 2,54b$	$35,3 \pm 3,93ab$	$39,2 \pm 1,46a$	$38,9 \pm 2,98a$
a^*	$9,24 \pm 0,97b$	$10,5 \pm 0,43a$	$11,3 \pm 0,62a$	$10,8 \pm 1,23a$
b^*	$12 \pm 1,56b$	$14,1 \pm 1,85a$	$16 \pm 1,12a$	$13,9 \pm 2,26a$
h	$52,3 \pm 1,27a$	$53,2 \pm 2,95a$	$54,7 \pm 0,94a$	$51,8 \pm 1,84b$
C	$15,2 \pm 1,8b$	$17,6 \pm 1,66a$	$19,6 \pm 1,24a$	$17,6 \pm 2,5a$

Tratamentos: 25S (amostra 25% Farinha de sorgo e 75% Farinha de Linhaça) 50S (amostra 50% Farinha de sorgo e 50 % Farinha de linhaça) 75S (amostra 75% Farinha de sorgo e 25 % de Farinha de Linhaça) 100S (amostra 100% Farinha de sorgo). Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). L^* luminosidade; a^* cromaticidade extremos vermelho ao verde; b^* intensidade do azul ao amarelo e h tonalidade e saturação.

Observa-se que a luminosidade variou de $31,9 \pm 2,54$ na formulação 25S a $39,2 \pm 1,46$ na formulação 75S. As formulações com maior proporção de sorgo (75S e 100S) apresentaram valores mais altos de L^* , indicando uma coloração mais clara e não diferindo significativamente entre si. Conforme mencionado por Vieira (2020), é desejável uma maior luminosidade para o amido, ou seja, uma coloração branca, devido apresentar maior índice de pureza. Porém, isso depende da pigmentação do grão, que contém tanino na sua composição (LIMA *et al.*, 2022). A amostra 25S, contendo mais linhaça, apresentou menor luminosidade, revelando uma pigmentação mais escura (marrom), como pode ser observado na Figura 8, associada à cor mais escura característica da linhaça (LEE *et al.*, 2023).

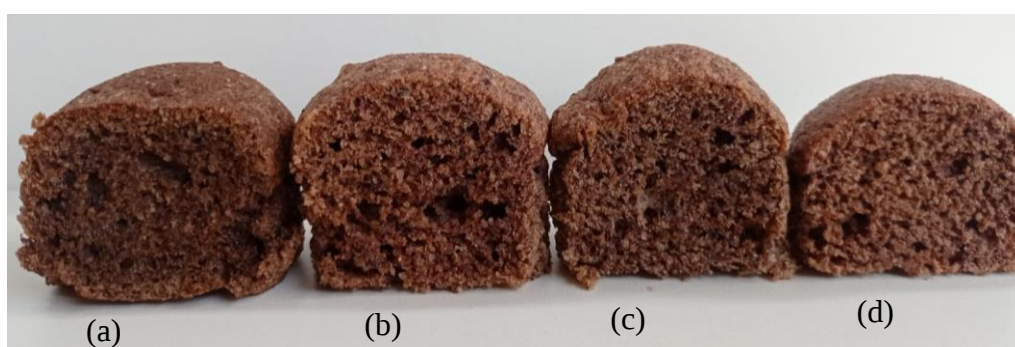


Figura 8. Apresentação das cores dos *cupcakes* produzidos em diferentes formulações: (a) 25% Farinha de sorgo e 75% Farinha de Linhaça; (b) 50% Farinha de sorgo e 50 % Farinha de linhaça; (c) 75% Farinha de sorgo e 25 % de Farinha de Linhaça e (d) 100% de farinha de sorgo.

Ao avaliar os parâmetros a^* (tonalidade + **a** vermelho / -**a** verde), b^* (tonalidade +**b** amarelo/ -**b** azul) e C^* (croma), constata-se que os valores variaram de $9,24 \pm 0,97$ na formulação 25S a $11,3 \pm 0,62$ na formulação 75S. Sendo assim, o resultado mostra que as formulações com maior proporção de sorgo apresentaram maiores valores de a^* , indicando uma cor mais avermelhada, característico do sorgo BRS 305, pericarpo com tanino (VIEIRA, 2020). Esse parecer de cor corrobora com os resultados encontrados por Lima *et al.*, 2022, quando avaliou a farinha de sorgo vermelho na produção de *muffins*. A formulação 25S, com maior quantidade de linhaça, mostrou menor intensidade de vermelho. Para o parâmetro b^* , os valores indicam uma cor mais amarelada para a amostra que possui mais sorgo, variando de $12 \pm 1,56$ na formulação 25S a $16 \pm 1,12$ na formulação 75S. Contudo, ao comparar as coordenadas L^* com as cores em b^* , os valores obtidos foram mais altos quando houve o aumento de sorgo na composição, diferenciando da inclinação de aumento entre as amostras avaliadas do parâmetro

de tonalidade em a^* . Em relação à saturação das cores, os valores de C^* variaram entre $15,2 \pm 1,8$ na formulação 25S a $19,6 \pm 1,24$ na formulação 75S, demonstrando que a cor mais intensa é obtida na amostra 75S e a menos intensa é a de 25S.

Quanto ao ângulo de tonalidade (h°), ele é calculado a partir dos valores de a^* e b^* e representa a tonalidade percebida da cor, variando de 0° até 360° . Por exemplo, no ângulo 0° a cor é vermelha, 90° é amarelo, 180° verde e 270° azul. Conforme mostrado na Tabela 3, houve uma pequena variação de h^* entre as diferentes amostras, sendo $52,3 \pm 1,27a$ para 25S; $53,2 \pm 2,95a$ para 50S; $54,7 \pm 0,94a$ para 75S e $51,8 \pm 1,84b$ para a amostra 100S. Apesar da pouca diferença, nota-se que a formulação 100S apresentou o menor valor de h^* , indicando uma ligeira diferença na tonalidade em comparação com as outras amostras, o que pode ser justificado pela ausência da farinha de linhaça. Kaur e colaboradores (2019) relataram resultados semelhantes em *cookies* produzidos com farinha de linhaça. Notaram que quanto maior a quantidade de farinha de linhaça, maior o escurecimento. Essas reações são ainda mais nítidas durante o cozimento, pois os componentes da farinha de linhaça participam ativamente das reações de *Maillard*, o que leva a uma aparência consideravelmente mais escura e marrom dos produtos finais (KAUR *et al.*, 2019).

A análise de cor no espaço CIE permitiu verificar que a composição das formulações influencia a coloração dos *cupcakes*. Quanto maior a proporção de linhaça nas formulações maior o escurecimento (menor L^*) e com menor intensidade de vermelho (menor a^*) e amarelo (menor b^*), resultando em cores menos saturadas (menor C^*). Em contraste, as formulações com maior proporção de sorgo apresentaram cores mais claras (maior L^*), mais avermelhadas e amareladas (maiores a^* e b^*), e mais intensas (maior C^*). Esses resultados são importantes para a caracterização sensorial dos produtos e podem influenciar a aceitação dos consumidores.

5.3 ANÁLISE DE TEXTURA (TPA)

Os aspectos de textura foram avaliados de acordo com os parâmetros primários de dureza, adesividade, elasticidade, coesão e resiliência, conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5. Variação das características de textura instrumental.

Parâmetros	Formulações dos <i>cupcakes</i> (%)			
	25S	50S	75S	100S
Dureza (N)	$9,801 \pm 4,38a$	$10,359 \pm 1,52a$	$8,403 \pm 1,18a$	$25,751 \pm 3,66b$
Adesividade	$-1,374 \pm 0,98a$	$-1,057 \pm 0,98a$	$-4,769 \pm 6,024a$	$-52,230 \pm 12,58b$

Elasticidade	0,741 ± 0,04a	0,767 ± 0,07a	0,695 ± 0,03b	0,588 ± 0,04b
Coesão	0,491 ± 0,02a	0,442 ± 0,56a	0,336 ± 0,01b	0,277 ± 0,02b
Resiliência	0,187 ± 0,02a	0,176 ± 0,03a	0,128 ± 0,12b	0,099 ± 0,08b

Tratamentos: 25S (amostra 25% Farinha de sorgo e 75% Farinha de Linhaça) 50S (amostra 50% Farinha de sorgo e 50 % Farinha de linhaça) 75S (amostra 75% Farinha de sorgo e 25 % de Farinha de Linhaça) 100S (amostra 100% Farinha de sorgo). Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A respeito da dureza, a amostra 100S revelou ser a mais firme, enquanto as amostras 25S, 50S e 75S, apresentaram desempenho significativamente semelhante entre si. A variação no parâmetro de dureza tende a aumentar quando há maior proporção de sorgo na formulação, deixando a textura do *cupcake* firme e resistente, isso pode estar relacionado a capacidade moderada de retenção de água, influenciada pela presença de amidos e fibras advindo da sua composição (DLAMINI *et al.*, 2007). Tal comportamento foi observado por Kaur *et al.* (2019), onde produtos de panificação com maior teor de sorgo apresentaram maior dureza devido à estrutura rígida do grão. Por outro lado, formulações com maior quantidade de linhaça (25S, 50S, 75S) mostram dureza relativamente menor, o que está alinhado com os resultados de Lee *et al.* (2023), que destacam que a linhaça contribui para uma textura mais macia devido ao seu teor de fibra.

Os valores de adesividade variaram entre as amostras 25S ($-1,374 \pm 0,98a$) e 100S ($-52,230 \pm 12,58b$), sendo significativamente maior na formulação 100S, o que vem a ser um indicativo de uma textura mais pegajosa. Martino *et al.*, (2012) associou esse fato ao menor teor de gordura no sorgo. complementando a formulação com mais linhaça (25S) o valor de adesividade é menor, o que pode ser atribuído ao conteúdo oleoso da linhaça, que reduz a pegajosidade, conforme mencionado por Marpalle *et al.* (2014).

A elasticidade mede o grau que um produto retorna à sua forma original após ser comprimido pelos dentes (NORA, 2021). Observa-se que nas formulações com mais linhaça (25S e 50S) a elasticidade é maior ($0,741 \pm 0,04a$ e $0,767 \pm 0,07a$), o que sugere uma estrutura mais flexível e menos quebradiça. Isso está em concordância com os achados de Vieira (2020), que relata que a linhaça contribui para a elasticidade devido ao seu alto teor de fibra. Outro fator que pode contribuir nesse quesito é o fato de a linhaça apresentar teores de umidade mais altos, devido sua capacidade de absorver água (RODRIGUEZ e AMAYA *et al.*, 2022). Em contrapartida, a formulação com 100% de sorgo (100S) apresenta menor elasticidade, possivelmente devido à capacidade de retenção de água do sorgo.

A coesão, que indica a força das ligações internas que compõem a estrutura do alimento, diminui com o aumento da proporção de sorgo 25S ($0,491 \pm 0,02a$), 50S ($0,442 \pm 0,56a$), 75S ($0,336 \pm 0,01b$), 100S ($0,277 \pm 0,02b$). Conforme descrito por Lima *et al.* (2022) isso é devido as formulações contendo maior parte de linhaça exibirem maior coesão, mantendo uma estrutura interna mais unida e organizada. É possível observar que para análise de resiliência, nos quais produtos com maior quantidade de linhaça tendem a retornar mais rapidamente à sua forma original após a deformação, o que também foi observado por Ávila *et al.* (2017) ao estudar a textura de bolos produzidos com linhaça.

No entanto, pode-se dizer que os resultados obtidos são coerentes com os achados na literatura, evidenciando que formulações contendo linhaça contribuiu para uma textura mais macia, coesa e elástica, enquanto o aumento do teor de sorgo tende a aumentar a dureza e adesividade. Contudo, a investigação proposta validou a escolha dos insumos utilizados na produção dos *cupcakes*, tendo como pressuposto a busca pelo equilíbrio nas formulações para que seja possível desenvolver um produto com as características desejadas e que sejam bem aceitas pelo público.

5.4 VOLUME ESPECÍFICO

Em relação ao volume específico, não foram observadas diferenças significativas entre as amostras, a amostra 25S $1,95 \pm 0,132a$, 50S $1,83 \pm 0,169^a$, 75S $1,70 \pm 0,205a$, e a 100S $1,97 \pm 0,179a$ indicando que o volume específico dos *cupcakes* não foi afetado de maneira relevante pelas variações nas formulações.

Conforme é descrito por Lima *et al.* (2022), o comportamento viscoelástico da massa é responsável pela retenção de bolhas de ar e pela formação da estrutura do bolo. Esse comportamento é proveniente do efeito sinérgico entre a propriedade elástica dos macrocomponentes, como as proteínas e as fibras alimentares, e a propriedade viscosa dos líquidos utilizados na formulação. Sendo assim, a elasticidade conferida pelas proteínas permite que a massa se expanda e mantenha a sua estrutura, enquanto a viscosidade dos líquidos assegura a coesão da massa, impedindo a perda de ar durante o processo de cozimento. Esse fato converge com o observado para as amostras contendo maior proporção de linhaça na formulação dos *cupcakes*, principalmente na amostra 25S, quando há 75% de farinha de linhaça na composição. Os resultados mostraram uma maior presença de proteína e fibra alimentar (Tabela 3), logo maior foi a elasticidade e coesão (Tabela 5), portanto, um volume específico

de $1,95 \pm 0,132a$, diferente, mesmo que sutilmente e não representativo estatisticamente, dos obtidos nas outras amostras, exceto a 100S que apresentou valor parecido de $1,97 \pm 0,179a$.

Lima e colaboradores (2022), ao desenvolverem *muffins* utilizando farinha integral de sorgo vermelho e farinha integral de feijão carioca, obtiveram volumes específicos que variaram entre $1,81 \pm 0,04$ a $1,19 \pm 0,04$. Esses resultados são coerentes com os que foram avaliados nesta pesquisa, sugerindo que a utilização de diferentes tipos de farinha integral pode resultar em volumes específicos semelhantes, desde que o comportamento viscoelástico da massa seja mantido.

Contudo, é importante destacar que o aperfeiçoamento do volume específico é um indicativo positivo da qualidade do produto final, uma vez que volumes específicos menores podem ser associados a uma menor incorporação de ar, resultando em uma textura mais densa e menos agradável ao paladar. A consistência nos volumes específicos obtidos nas diferentes formulações de *cupcakes* deste estudo reforça a viabilidade das substituições realizadas, garantindo uma boa qualidade sensorial dos produtos finais.

5.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Para pães, bolos e outros produtos de panificação, não estáveis a temperatura ambiente, os limites permitidos pela legislação brasileira (RDC nº 724 de julho de 2022 e IN nº 161 de julho de 2022) (BRASIL, 2022) são: $5,0 \times 10^2$ UFC/g para *Bolores e leveduras*, $1,0 \times 10^2$ UFC/g para *Escherichia coli*/g, ausência em 25 g para *Salmonella* spp, e <100 UFC/g para *Bacillus cereus*. Portanto, todos os *cupcakes* desenvolvidos estão de acordo com a legislação vigente, e são considerados seguros para consumo (Tabela 7).

Tabela 7. Análise microbiológica dos *cupcakes* produzidos em diferentes formulações.

Parâmetro	Formulações dos <i>cupcakes</i> (%)			
	25S	50S	75S	100S
Escherichia coli	$< 1,0 \times 10^2$ UFC/g	$< 1,0 \times 10^2$ UFC/g	$< 1,0 \times 10^2$ UFC/g	$< 1,0 \times 10^2$ UFC/g
Salmonella spp	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g
Bolores e leveduras	$< 2,5 \times 10^2$ UFC/g	$< 1,5 \times 10^2$ UFC/g	$< 2,0 \times 10^2$ UFC/g	$< 1,0 \times 10^2$ UFC/g
Bacillus cereus	<100 UFC/g	<100 UFC/g	<100 UFC/g	<100 UFC/g

Tratamentos: 25S (amostra 25% Farinha de sorgo e 75% Farinha de Linhaça) 50S (amostra 50% Farinha de sorgo e 50 % Farinha de linhaça) 75S (amostra 75% Farinha de sorgo e 25 % de Farinha de Linhaça) 100S (amostra 100% Farinha de sorgo).

5.5 ANÁLISE SENSORIAL

5.5.1 Teste de aceitação e Intenção de Compra

Participaram da análise sensorial 117 provadores, dos quais apenas 97 foram incluídos no estudo, pois 20 deles preencheram as fichas e questionários de forma incorreta, o que inviabilizou os dados para a pesquisa. A Tabela 8 apresenta os resultados do questionário socioeconômico aplicado aos provadores.

Conforme apresentado na Tabela 8. 81% dos provadores se identificaram como do gênero feminino e 19% como do gênero masculino. A maioria dos participantes tem entre 18 e 25 anos, com ensino superior incompleto e renda familiar de 1 a 5 salários mínimos. Além disso, 99% declararam gostar de bolos, consumindo-os de 1 a 3 vezes por semana, principalmente no café da manhã e no lanche da tarde. No que diz respeito a produtos com ingredientes alternativos, 96% dos provadores afirmaram que gostam desses produtos. No entanto, quando questionados sobre o sorgo, 96% responderam que não conhecem este cereal e que nunca consumiram produtos feitos com farinha de sorgo. Apenas 4% relataram ter experimentado pipoca ou cookies feitos com sorgo.

Tabela 8. Resultado da pesquisa do questionário socioeconômico.

Gênero	Percentual de participantes (n=97) %
Feminino	81
Masculino	19
Não binário	0
Idade	
>18	2
18 a 25	84
26 a 35	8
36 a 45	3
46 a 55	2
56 a 65	1
Escolaridade	
Ensino médio completo	41
Ensino superior incompleto	49
Ensino superior completo	4

Pós-graduação	5
Renda Familiar	
1 a 5 salários mínimos	77
6 a 10 salários mínimos	16
11 a 20 salários mínimos	7
Você gosta de bolos?	
Sim	99
Não	1
Qual frequência consome bolos?	
Diariamente	4
1 a 4 vezes por semana	12
1 a 3 vezes por semana	81
Nunca	2
Você gosta de produtos com ingredientes alternativos?	
Sim	96
Não	4
Com que frequência você consome produtos com ingredientes alternativos	
Raramente	33
Esporadicamente	54
Frequentemente	12
Diariamente	1
Assinale os momentos que você prefere consumir bolos	
Café da manhã	18
Lanche da tarde	13
Café da manhã e lanche da tarde	69
Conhecia o sorgo antes dessa análise?	
Sim	4
Não	96
Você já experimentou algum produto contendo sorgo antes dessa análise?	
Sim	4
Não	96

Os resultados da avaliação sensorial dos *cupcakes* revelaram que, para o atributo de cor, não houve diferença significativa entre as amostras (Tabela 9). Embora a formulação 25S, que continha 75% de farinha de linhaça em sua composição, tenha mostrado tons mais escuros na análise físico-química ($31,9 \pm 2,54$), ela recebeu uma pontuação de $7,61 \pm 1,23$ para esse atributo, sugerindo que a cor mais escura não foi um fator relevante para os provadores. No entanto, observou-se que para os outros atributos, como sabor, textura, aroma e impressão global, essa amostra foi avaliada com uma nota inferior as demais variando de $6,1 \pm 2,17$, $6,47$

$\pm 1,87$, $6,65 \pm 1,81$ e $6,31$, que na escala hedônica de 9 pontos varia de 9 (gostei extremamente) e 1 (não gostei). A possível razão para a diminuição na pontuação desses parâmetros pode estar relacionada a elevada quantidade de fibras (12%) e proteínas (13,8%), que em maior quantidade, tornaram o *cupcake* menos atrativo sensorialmente. Consequentemente, a nota de intenção de compra para a amostra 25S foi mais baixa ($3,31 \pm 1,28b$) em relação as outras amostras 50S ($4,14 \pm 0,99a$), 75S ($3,76 \pm 0,98a$) e 100S ($4,06 \pm 0,99a$).

Tabela 9. Resultado da análise sensorial referente aos atributos avaliados para os *cupcakes* produzidos em diferentes formulações.

Atributos	Formulações dos <i>cupcakes</i>			
	25S	50S	75S	100S
Cor	$7,61 \pm 1,23$ a	$7,99 \pm 0,99$ a	$7,87 \pm 1,04$ a	$8 \pm 1,03$ a
Sabor	$6,1 \pm 2,17$ b	$7,59 \pm 1,41$ a	$7,01 \pm 1,6$ a	$7,29 \pm 1,53$ a
Textura	$6,47 \pm 1,87$ b	$7,4 \pm 1,45$ a	$7,03 \pm 1,59$ a	$7,18 \pm 1,57$ a
Aroma	$6,65 \pm 1,81$ b	$7,86 \pm 1,16$ a	$7,41 \pm 1,62$ a	$7,82 \pm 1,18$ a
Impressão Global	$6,31 \pm 1,94$ b	$7,97 \pm 1,06$ a	$7,26 \pm 1,54$ a	$7,64 \pm 1,31$ a

Tratamentos: 25S (amostra 25% Farinha de sorgo e 75% Farinha de Linhaça) 50S (amostra 50% Farinha de sorgo e 50 % Farinha de linhaça) 75S (amostra 75% Farinha de sorgo e 25 % de Farinha de Linhaça) 100S (amostra 100% Farinha de sorgo).

Atributos sensoriais: 9 pontos na escala hedônica: 9 = gostei extremamente e 1 = não gostei.

Intenção de compra 5 pontos: 5 = certamente compraria o produto, e 1 = certamente não compraria o produto. -

Médias com letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Por outro lado, as amostras 50S, 75S e 100S receberam notas favoráveis. Para o atributo sabor, as notas variaram de $7,01 \pm 1,6$ a $7,59 \pm 1,41$, na escala hedônica que vai de 1 (não gostei) a 9 (gostei extremamente). Para a textura, as notas variaram de $7,03 \pm 1,59$ a $7,18 \pm 1,56$. Em relação ao aroma, as notas oscilaram entre $7,41 \pm 1,62$ e $7,86 \pm 1,16$, e para impressão global, as notas variaram de $7,26 \pm 1,54$ a $7,97 \pm 1,06$. Quanto à intenção de compra, não houve diferenças estatísticas significativas entre as amostras 50S, 75S e 100S, com pontuações de $4,14 \pm 0,99a$, $3,76 \pm 0,98a$ e $4,06 \pm 0,99a$, respectivamente, na escala que vai de 1 (certamente não compraria) a 5 (certamente compraria). Portanto, em termos de aceitabilidade e intenção de compra, os cupcakes desenvolvidos nas formulações 50S, 75S e 100S apresentaram um potencial de inserção no mercado. Um estudo de Cairns e colaboradores (2023) na produção de *waffers*, utilizando uma mistura de farinha de sorgo e farinha de linhaça, ovos, goma xantana, obteve pontuações na faixa de 7,03 a 7,63 ($n=43$) para todos os atributos sensoriais

(aceitabilidade, sabor, sensação na boca, textura e aroma). Esses resultados corroboram com os encontrados no presente estudo, que revelou notas satisfatórias para aceitação e intenção de compra.

5.5.2 Análise de componentes principais (PCA)

O método *Check-All-That-Apply* (CATA) é uma ferramenta para caracterização sensorial de produtos, permitindo que consumidores escolham livremente palavras ou frases que descrevem um produto, sem restrições de quantidade. Além de descrever o produto, o CATA pode ser correlacionado com avaliações hedônicas para entender melhor os fatores que influenciam as preferências dos consumidores. Isso ajuda a identificar o que os consumidores gostam ou não em um produto e pode direcionar ajustes no seu desenvolvimento (CAYRES et al., 2020).

A Figura 9 apresenta a análise de componentes principais para os resultados do teste CATA. Foram avaliadas duas dimensões principais (Dim1 e Dim2) que explicaram juntas 80% da variância total das características dos *cupcakes*.

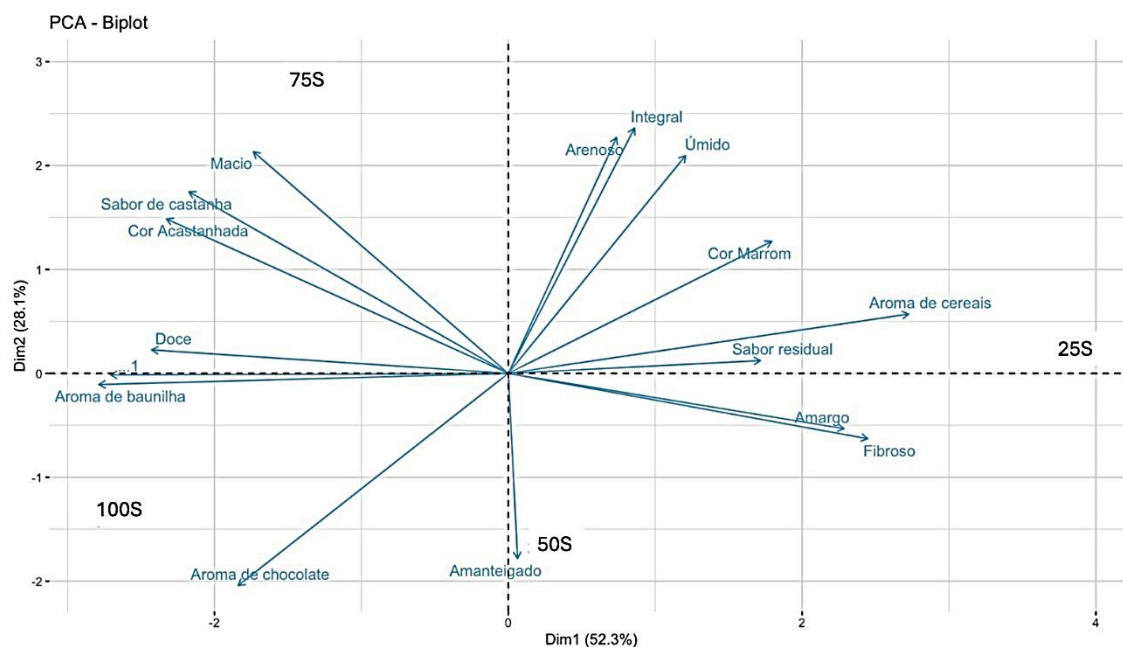


Figura 9. Resultados de análises de componentes principais (PCA) do teste CATA.

O gráfico de pontuações indicou que a amostra 25S foi caracterizada pelos provadores com os atributos "sabor residual", "amargo", "fibroso", "aroma de cereais", "integral", "arenoso" e "cor marrom". Esses resultados estão em conformidade com os dados do teste de aceitação apresentados na Tabela 9, onde a amostra 25S recebeu uma nota média inferior ($6,47 \pm 1,87$) para os atributos de sabor, textura, aroma e impressão global, em comparação com as amostras 50S ($7,86 \pm 1,16$), 75S ($7,26 \pm 1,59$) e 100S ($7,64 \pm 1,31$). Isso pode ser explicado pela maior quantidade de fibra presente na amostra 25S, que continha a maior proporção de farinha de linhaça em sua formulação.

Costa et al., (2020) propuseram verificar entre as análises físico-químicas, a composição em ácidos graxos do óleo proveniente da linhaça e a sua estabilidade oxidativa. Segundo os autores, produtos enriquecidos com farinha e óleo de linhaça, especialmente aqueles submetidos a temperaturas acima de 120 °C, como nos produtos da panificação, mostrou menor estabilidade oxidativa. Esse fato pode justificar o sabor amargo ou residual da formulação 25S.

Enquanto a amostra 75S foi caracterizada por “macio”, “sabor de castanha”, “cor acastanhada” e “doce”, as amostras 50S e 100S foram descritas por “aroma de baunilha”, “aroma de chocolate” e “amanteigado”. Esses resultados também estão de acordo com o teste de aceitação, que mostrou semelhança nas notas para os atributos cor, aroma, textura, sabor impressão global e intenção de compra.

A análise sensorial utilizando o método CATA foi fundamental para compreender os atributos que influenciam a aceitação dos *cupcakes* com diferentes formulações. Este método permitiu identificar claramente as características sensoriais que distinguem cada amostra e correlacioná-las com a aceitação dos consumidores. Estudos anteriores, como o de Cayres et al. (2020), também sinalizam a importância desse método na identificação das preferências de aceitação e rejeição dos produtos. Esses estudos destacam que entender os fatores sensoriais que influenciam as preferências dos consumidores é essencial para o desenvolvimento de produtos alimentícios potencial para o mercado consumidor.

Portanto, este estudo reforça a viabilidade de uso das farinhas de sorgo e linhaça nas formulações dos *cupcakes* sem glúten, garantindo uma boa qualidade sensorial dos produtos finais e atendendo às diversas preferências dos consumidores.

6. CONCLUSÃO

As farinhas isentas de glúten utilizadas neste estudo, especificamente a farinha integral de sorgo e a farinha de linhaça, promoveram mudanças significativas em parâmetros como quantidade de fibras, proteínas, umidade e cinzas, além de influenciar a cor e a textura do produto final. Na análise sensorial, todas as amostras apresentaram boa aceitação no atributo de cor. Para os atributos de sabor, aroma, textura, impressão global e intenção de compra, as amostras 50S, 75S e 100S demonstraram melhor aceitação em comparação com a amostra 25S.

Assim, as formulações compostas por 50% de farinha de linhaça e 50% de farinha de sorgo (50S), 25% de farinha de linhaça e 75% de farinha de sorgo (75S), e 100% de farinha de sorgo (100S) mostraram-se viáveis tanto em termos de benefícios nutricionais e sensoriais. Essas formulações oferecem uma alternativa promissora para o desenvolvimento de produtos sem glúten, atendendo às demandas dos consumidores por alimentos nutritivos e sensorialmente agradáveis. Este estudo amplia a possibilidade de uso das farinhas de sorgo e linhaça em produtos de panificação sem glúten, contribuindo para a diversificação e melhoria da qualidade dos alimentos disponíveis para pessoas com restrições alimentares.

Com base nesses resultados, e em caso de comercialização, a intenção de compra mostrou que os *cupcakes* produzidos com 50%, 75% e 100% de farinha de sorgo seriam as proporções mais aceitáveis pelo público. Portanto, escolher qualquer uma das três opções seria uma decisão acertada para garantir um produto final nutritivo e bem aceito pelos consumidores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis of the AOAC Internacional**. 18. ed. Rev. 2. HORWITZ, W.; LATIMER JR., G.W (Editors) Gaithersburg Maryland: AOAC,2007.

ABIMAP -<https://www.abimapi.com.br/estatisticas-mercado/> < Acesso em 3 de abril 2024.

AHMADINIA, FARIBA et al. Investigation of physicochemical and sensory characteristics of low calorie sponge cake made from flaxseed mucilage and flaxseed flour. **Scientific reports**, v. 13, n. 1, p. 20949, 2023.

AL MAJZOUN, RAWAN et al. A comparison between wheat and sorghum flour in biscuits application: A review. **Food Science and Engineering**, p. 89-102, 2023.

ALBUQUERQUE, CARLOS JULIANO BRANT; DE MENEZES, Cícero Beserra; DE FREITAS, Rogério Soares. Origin, evolution and domestication of sorghum. MENEZES, Cicero Beserra de (Ed.). **Genetic improvement of sorghum**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

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.

AMARAL, ANTÔNIO; SANTOS, ELISA NORBERTO FERREIRA. Análise sensorial: Martins

testes discriminativos, descritivos e afetivos. **Anais do Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica-SEPIT**, 2017.

AND BAKERY TECHNOLOGY, 2., 2022, Technology and innovation on the agenda: challenges in the cereal and bakery industry. Anais. São João del-Rei: Federal University of São João del-Rei, 2022.

ÁVILA, B. P. et al. Physical and sensory characteristics of cake prepared with six whole-grain flours. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 11, n. 3, p. 1486-1492, 2017.

BEKHIT, ALAA EL-DIN A. et al. Flaxseed: Composition, detoxification, utilization, and opportunities. **Biocatalysis and agricultural biotechnology**, v. 13, p. 129-152, 2018.

BEAN, SR, Wilson, JD, Moreau, RA, Galant, A., Awika, JM, Kaufman, RC, Adrianos, SL e Ioerger, BP, 2019. Estrutura e composição do grão de sorgo. **Em Sorgo** (eds IA Ciampitti e PV Vara Prasad). <https://doi.org/10.2134/agronmonogr58.c9>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2019. Seção 1, p. 13=3.

CAIRNS, AIDAN ET AL. Development and scale-up of gluten-free sorghum-based bakery goods for k-state dining services. **Journal of agriculture and food research**, v. 14, p. 100840, 2023.

CAPÍTULO VI IN. CECCHI HELOISA MÁSCIA. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos/Heloisa Máscia Cecchi.-2ed.rev. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.

CAYRES, C. A. et al. Consumers acceptance of optimized gluten-free sorghum-based cakes and their drivers of liking and disliking. **Journal of Cereal Science**, v. 93, p. 102938, 2020.

CAYRES, C. A. et al. Impact of pregelatinized composite flour on nutritional and functional properties of gluten-free cereal-based cake premixes. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 15, n. 1, p. 769-781, 2021.

CORREIA, VT da V. et al. Tannin-sorghum flours in cream cheese: physicochemical, antioxidant and sensory characterization. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2022.

COSTA, CRISTIANO SILVA DA et al. Characterization and oxidative stability of brown flaxseed oil and flour (*Linum usitatissimum* L.) **Research, Society and Development**, 9, n. 10, e 9179109439, 2020.

CURTI, et al. effect of sorghum flour properties on gluten-free sponge cake. **Journal of food science and technology**, v. 59, n. 4, p. 1407-1418, 2022.

DA CONCEAÇÃO, ISABELA SILVA PERES; BORGES, ANA CAROLINA LACERDA. Benefits of functional foods in the control and treatment of diabetes mellitus (dm) - literature review. **Hygeia: Brazilian Journal of Medical and Health Geography** , v. 17, p. 26, 2021.

DA SILVA, FELIPE SOUSA et al. Requeijão cremoso tradicional e light: Aceitabilidade e correlação das medidas sensoriais e instrumentais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e30910615772-e30910615772, 2021.

DA SILVA, VANIA SANTOS; ORLANDELLI, RAVELY CASAROTTI. Desenvolvimento de alimentos funcionais nos últimos anos: uma revisão. **Revista Uningá**, v. 56, n. 2, p. 182-194, 2019.

DE ANDRADE LIRA, MÁRIO et al. comportamento de novas progênes de sorgo forrageiro para o semi-árido pernambucano. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 23, n. 11, p. 1239-1246, 1988.

DE LÁZARI CAMPINAS, DENIZE LEISE ASSUNÇÃO et al. Sensory characterization using the CATA (Check All That Apply) method of tilapia (*Oreochromis niloticus*) cakes at a Federal University. **Conjectures**, v. 21, no. 4, p. 396-408, 2021.

DE MENDIBURU, F. Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-6 <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae> (2023).

DE OLIVEIRA, JULIANA CAROLINA et al. Acceptability of gluten-free banana cake based on whole sorghum flour. **Inova Science & Technology Magazine/Innovative Science & Technology Journal**, p. e0211099-e0211099, 2021.

DE SÁ, INAYARA ARAÚJO et al. Elaboração, análise sensorial e microbiológica de bolo enriquecido com farinha de linhaça dourada (*Linum usitatissimum*) e psyllium (*Plantago ovata*). **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 13, p. 1-9, 2021.

DEVÈZE, CHRISTIANE CANATA. Replacement of sodium nitrite by vegetable extract in the preparation of canned cooked meat products. 2021.

DE ALMEIDA SOUZA, Tanuzy; ALMEIDA, Leila Magda Rodrigues; LISBOA, Cinthia Soares. Suplementação de Ácidos Graxos Poli-insaturados de cadeia longa durante a gestação e fatores associados ao desenvolvimento infantil. **Revista de Saúde Coletiva da UEFS**, v. 11, n. 1, p. e5736-e5736, 2021.

DIAS-MARTINS, A. M. et al. Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. **Food research international**, v. 109, p. 175-186, 2018.

DINNO, A. Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums. R package version 1.3.5. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=dunn.test>.

DUARTE, N. L. et al. Cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): uma revisão sobre sua versatilidade tecnológica, processamento e pós-colheita. 2021.

DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. 5. ed., rev. – Curitiba: PUCPRESS, 2019. 540 p.

EICHOLZ, ED et al. Technical information for the cultivation of corn and sorghum in the subtropical region of Brazil: 2019/20 and 2020/21 harvests. 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de Produção Embrapa. Cultivo do milheto. 2022. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaoId=8101&p_r_p_996514994_topicoId=9018> Acesso em 17 nov. 2022.

FOX, J.; WEISBERG, S. Companion to Applied Regression (3rd ed.). Sage. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/> (2019).

GABRIEL, LARA ALVES et al. desfolha artificial na cultura do sorgo granífero em diferentes estádios fenológicos. **Revista inova ciência & tecnologia/innovative science & technology journal**, v. 9, n. 1, 2023.

GALLO, LORENZA RODRIGUES DOS REIS. Chemical analysis: Antioxidant Activity Of Gluten-Free Sorghum Breads Of Different Genotypes And Their Glycemic Effects In Humans. 2022.

GEPEA – CONSULTORIA EM ALIMENTOS. Teste De Aceitação: O Que É E Qual A Importância De Realizá-Lo? Disponível em: <https://gepea.com.br/teste-deaceitacao/>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2024.

GIRARD, AUDREY L.; AWIKA, JOSEPH M. Sorghum polyphenols and other bioactive components as functional and health promoting food ingredients. **Journal of cereal science**, v. 84, p. 112-124, 2018.

GOMES, ANA CAROLINA BIANCO. Peptides and bioactive compounds from sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in different forms of consumption. 2020. **Doctoral Thesis**. Brazil.

GULL, A.; PRASAD, K.; KUMAR, P. Effect of millet flours and carrot pomace on cooking qualities, color and texture of developed pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 470- 474, 2015.

HAMILTON, LEAH M.; LAHNE, JACOB. Assessment of instructions on panelist cognitive framework and free sorting task results: A case study of cold brew coffee. **Food Quality and Preference**, v. 83, p. 103889, 2020.

HERVÉ ABDI. Diverse Basic Statistical and Graphical Functions. R package version 0.9-89. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=RVAideMemoire> (2023).

HOTHORN, T., HORNIK, K., VAN DE WIEL, M. A., & ZEILEIS, A. Implementing a class of permutation tests: The coin package. **Journal of Statistical Software**, 28(8), 1-23. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=coin>. (2008).

INÔ, MAGDA MARIA OLIVEIRA et al. Assessment of the sensorial, instrumental and microbiological quality of Italian-style salami, added with starter cultures. **Research, Society and Development**, vol. 9, no. 11, p. e66891110449-e66891110449, 2020.

JAEGER, SARA R. et al. Check-all-that-apply (CATA) questions: Sensory term citation frequency reflects rated term intensity and applicability. **Food Quality and Preference**, v. 86, p. 103986, 2020.

JANK, MARCOS SAWAYA et al. O FUTURO DO COMÉRCIO GLOBAL DO AGRONEGÓCIO E A INSERÇÃO DO BRASIL. 2023.

KASSAMBARA, A. Based Publication Ready Plots. R package version 0.4.0. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=gpubr> (2020).

KASSAMBARA, A. Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. R package version 0.7.2. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix> (2023).

KASSAMBARA, A., & MUNDT, F. Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.7. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra> (2020).

KAUR, MANINDER; SINGH, VARINDER; KAUR, RAJWINDER. Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 9, p. 14-20, 2017.

KAUR, PARVINDER et al. Effect of addition of flaxseed flour on phytochemical, physicochemical, nutritional, and textural properties of cookies. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 4, p. 372-377, 2019.

KAUR, PARVINDER et al. Recent advances in utilization of flaxseed as potential source for value addition. **OCL**, v. 25, n. 3, p. A304, 2018.

LAN, YANG et al. Physicochemical properties and aroma profiles of flaxseed proteins extracted from whole flaxseed and flaxseed meal. **Food Hydrocolloids**, v. 104, p. 105731, 2020.

LAWRENCE, M. A. Easy Analysis and Visualization of Factorial Experiments. R package version 4.4-0. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ez> (2016).

LEE, Ju Hui et al. The impacts of standardized flaxseed meal (XanFlax) on the physicochemical, textural, and sensory properties of muffins. **Foods**, v. 12, n. 22, p. 4085, 2023.

LIMA, CRISTIANE TELES Otimização experimental para o desenvolvimento de muffin com alto valor tecnológico e nutricional utilizando farinhas integrais de arroz, sorgo vermelho e feijão carioca. v. 11, n. 11, p. e34111133337-e34111133337, 2022.

LIÑAN PÉREZ, JHOSELYN FLORYAN. Caracterización sensorial de seis cervezas artesanales peruanas empleando NAPPING®-ULTRA FLASH PROFILE y mapeo de preferêcia externo. 2021.

ECKERT, Raquel Goreti; DE OLIVEIRA ALMEIRA, Paula Gabriela. ANÁLISE CENTESIMAL E DOSAGEM DE ÔMEGA3 EM SEMENTE DE CHIA (*Salvia Hispanica*) E SEMENTE DE LINHAÇA (*Linum Usitatissimum*). **Varia Scientia Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 49-64, 2014.

EMBRAPA. CULTIVARES DO SORGO DA EMBRAPA BRS 310. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/402/sorgo---brs-310>. Acesso em: 02 de agosto de 2024

EQUIPE MAIS SOJA. Mercado de sementes de sorgo cresce em 2023. Disponível em: <https://maissoja.com.br/mercado-de-sementes-de-sorgo-granifero-cresceu-23-em-2023/>. Acesso em: 15 de julho de 2024.

GAVA JUNIOR, Marcelo. Aplicação de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e efeito nas propriedades tecnológicas de pães isentos de glúten. 2017. Trabalho De Conclusão De Curso. Curso De Engenharia De Alimentos. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná – Câmpus Medianeira.

MALDONADO, REYES; melhoramento, e. desempenho agronômico de genótipos de sorgo biomassa cultivados em distintas regiões do estado de mato grosso. 2021.

MARTINO, HÉRCIA STAMPINI DUARTE et al. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 337-344, 2012.

MARPALLE, Pandurang; SONAWANE, Sachin K.; ARYA, Shalini Subhash. Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread. **LWT-Food Science and Technology**, v. 58, n. 2, p. 614-619, 2014.

MCSWEENEY, MATTHEW. Sensory Data Analysis and Future Developments. **Sensory Profiling of Dairy Products**, p. 44-56, 2023.

MEDEIROS, J. A.; NIRO, C. M. Pesquisas e atualizações em ciência dos alimentos (Ebook). **Editora Agron Food Academy**, vol.1, 2022.

MINIM, V. P. R. Análise Sensorial Estudos com Consumidores (4ª Ed.). Viçosa: **Editora UFV**, 2018.

MOCELLIN, KÉRLI DAIANA. Grain Sorghum (“sorghum bicolor l. moench”): a review on the functional properties and use of the grain in human nutrition. 2021.

NEVES, ANNA LUIZA SANTANA et al. Sensory profile of commercial Arabica coffee – evaluation by consumers using the CATA home use test method. 2021.

NORA, FLÁVIA MICHELON. Análise sensorial de alimentos in: [https://www.meridapublishers.com/analise-sc/Análise Sensorial Clássica:Fundamentos e Métodos](https://www.meridapublishers.com/analise-sc/Análise%20Sensorial%20Clássica:Fundamentos%20e%20Métodos). Canoas:Editora Mérida Publishers 2021.

NOVELLO, DAIANA; POLLONIO, MARISE APARECIDA RODRIGUES. Caracterização e propriedades da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e subprodutos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 2, 2011.

OLIVEIRA, ALTAMIR FERNANDES de et al. check-all-that-apply: A widely used technique in sensory analysis. **Agricultural sciences: the advancement of science in Brazil**-volume 1 , v. 1, NO. 1, P. 203-218, 2021.

OOMAH, B. Dave. Flaxseed By-products. Food Wastes and By-products: **Nutraceutical and Health Potential**, p. 267-289, 2020.

Organização para Alimentação e Agricultura – FAO. (2020). Disponível em:<
http://http://www.fao.org/faostat/zh/#data/QC.> acesso em 22 janeiro 2024.

PAIVA, C. L., QUEIROZ, V. A. V., & GARCIA, M. A. V. T. Technological, sensory and chemical characteristics of gluten-free pasta made from sorghum and corn flours. **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, e2018095. doi: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.09518>.

PAIVA, CAROLINE LIBOREIRO et al. acceptability and study of shelf life of gluten free cereal bar with popped and extruded sorghum based on a consumer acceptability. **Caderno de ciências agrárias**, 2018.

PAIVA, CAROLINE LIBOREIRO; QUEIROZ, VALÉRIA APARECIDA VIEIRA; GARCIA, MARIA APARECIDA VIEIRA TEIXEIRA. Technological, sensory and chemical characteristics of gluten-free pasta made from sorghum and corn flours. **Brazilian journal of food technology**, v. 22, 2019.

PISARRA, FLORENCIA et al. Descriptores sensoriales de preparaciones culinarias en base a Stevia Rebaudiana (Bertoni) de producción agroecológica mediante un grupo focal. **Revista Española Nutrición Comunitaria**, v. 27, n. 3, p. 209-214, 2021.

Produção Agropecuária | IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/sorgo/br>>.

POHJANHEIMO, Terhi A. et al. Linhaça na panificação: Efeitos na qualidade sensorial, envelhecimento e composição de produtos de panificação. **Journal of food science**, v. 71, n. 4, p. S343-S348, 2006.

QUEIROZ V. A. V. et al. Cap. 16 Sorgo para alimentação humana. In: MENEZES, C.B. de. Editor Técnico. Melhoramento genético de sorgo Brasília, DF: Embrapa, 2021.

QUEIROZ, VALÉRIA APARECIDA VIEIRA 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.

QUEIROZ, VALÉRIA APARECIDA VIEIRA et al. retention of phenolic compounds and acceptability of gluten-free churros made with tannin or tannin-free sorghum flour. **Pesquisa agropecuaria brasileira**, v. 55, 2021.

RAGHUWANSHI, V. P.; AGRAWAL, R. S.; MANE, K. A. Flaxseed as a functional food: A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 3, p. 352-354, 2019.

REVELLE, W. Procedures for Personality and Psychological Research. R package version 2.3.1. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=psych> (2023). Procedures for Personality and Psychological Research. R package version 2.3.1. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=psych>.

RIBEIRO, JANETE ROSSI; BARATTO, SILVIA ZANELLA. Propriedades funcionais da linhaça e sua relação com a prevenção do câncer de mama. 2021.

RODRÍGUEZ-NORIEGA, SANJUANA et al. Developing a descriptive sensory characterization of flour tortilla applying flash profile. *Foods*, v. 10, n. 7, p. 1473, 2021.

SARTOR, SAIONARA et al. Testes Descritivos. *Análise Sensorial Clássica: Fundamentos e Métodos*, p. 87-117, 2021.

SEMADESC,/beneficios-da-quinoa-chia linhaça/<https://www.semadesc.ms.gov.br/>Acessado em 23 de abril 2024.

SEMADESC,cientistas-querem-incentivar-inserção-do-sorgo-para-consumo-dos-brasileiros/<https://www.semadesc.ms.gov.br/cientistas-querem-incentivar-insercao-do-sorgo-para-consumo-dos-brasileiros> /Acessado em 11de abril 2024.

SIGNORELL, A. Tools for Descriptive Statistics. R package version 0.99.47. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=DescTools> (2023).

SILVA, ELENICE MARIA SCHONS et al. sorghum starch as depressant in mineral flotation: part 1—extraction and characterization. **Journal of materials research and technology**, v. 8, n. 1, p. 396-402, 2019.

SILVA, LÍGIA CAMPOS DE MOURA et al. cinética de secagem dos grãos e caracterização física e química durante o armazenamento de farinha de sorgo granífero. 2019.

SILVA, Maria de Fátima da. Sensory profile of a chocolate-flavored vegan cake using xanthan gum and agar agar. 2023.

SILVA, VIVIANE DIAS MEDEIROS et al. Biodegradable edible films of ripe banana peel and starch enriched with extract of Eriobotrya japonica leaves. **Food bioscience**, v. 38, p. 100750, 2020.

SOARES, RAQUEL RAINIER ALVES et al. starch digestibility and sensory acceptance of gluten free foods prepared with tannin sorghum flour. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 54, 2019.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. Campinas: NEPAUNICAMP. 4 ed. 2011.161 p.

TABOSA, JOSÉ NILDO et al. importância do melhoramento genético de diferentes tipos de sorgo para as mesorregiões do agreste, sertão e afins do semiárido brasileiro. 2019.

TABOSA, José Nildo et al. Importance of genetic improvement of different types of sorghum for the mesoregions of Agreste, Sertão and related regions of the Brazilian Semiarid Region. 2019.

TANG, ZHEN-XING et al. Whole flaxseed-based products and their health benefits. **Food Science and Technology Research**, v. 26, n. 5, p. 561-578, 2020.

TASIE, MASRESHA MINUYE et al. characterization of nutritional, antinutritional, and mineral contents of thirty-five sorghum varieties grown in ethiopia. **International journal of food science**, v. 2020, 2020.

TEIXEIRA, RAFAEL DE MELO. Preparation and sensory analysis of post-workout sports drinks based on milk with coffee and cocoa. 2020.

TELES, AG, QUEIROZ, VA, da SILVA, WA, de MENEZES, CB, de CARVALHO, CW, ALEXANDRE, GT, ... & DE CARVALHO, CWP (2022). Effect of pre-processed whole sorghum flour on technological properties of gluten-free cakes. In: **BRAZILIAN CONGRESS OF CEREAL**.

TELES, ALEXANDRE, g. et al. efeito de farinhas integrais de sorgo pré-processadas sobre propriedades tecnológicas de bolos isentos de glúten.

USDA, Foreign Agricultura Service, Sorghum explores, 2024. Disponível em: https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=0459200&sel_year=2022&rankby=Production. Acessado em: 16/07/2024.

VENKATESWARAN, KAMALA et al. classification, distribution and biology. in: breeding sorghum for diverse end uses. **Woodhead publishing**, 2019. p. 33-60.

VIEIRA, A. L. S. et al. Characterization of starch isolated from different sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n.5, p.24704-24718 may. 2020.

WANG, SHIQIN et al. Comparison of pivot profile, CATA, and pivot-CATA for the sensory profiling of instant black coffee. **Food Quality and Preference**, v. 108, p. 104858, 2023.

WICKHAM, H. *Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org> (2016).

WICKHAM, H. Reshaping data with the reshape package. *Journal of Statistical Software*, 21(12), 1-20. <https://CRAN.R-project.org/package=reshape2> (2007). Disponível em:

WICKHAM, H., & BRYAN, J. Read Excel Files. R package version 1.4.2. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=readxl> (2023).

WICKHAM, H., FRANÇOIS, R., HENRY, L.: MÜLLER, K. *A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.1.2. Disponível em: <https://dplyr.tidyverse.org> (2023).

WIDOWATI, S.; LUNA, p. nutritional and functional properties of sorghum (*sorghum bicolor* (l.) moench)-based products and potential valorisation of sorghum bran. in: iop conference series: earth and environmental science. **Iop publishing**, 2022. p. 012031.

WIRKIJOWSKA, ANNA et al. The possibility of using by-products from the flaxseed industry for functional bread production. **LWT**, v. 118, p. 108860, 2020.

WU, SHUFEN et al. Bioactive protein/peptides of flaxseed: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 92, p. 184-193, 2019.

YE, XIN-PEI et al. Flaxseed protein: Extraction, functionalities and applications. **Food Science and Technology**, v. 42, 2022.

ANEXOS

A) TERMO DE CONSENTIMENTO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido dos Provedores para Análise sensorial de bolos de farinha de sorgo e farinha de linhaça

Você está sendo convidado a participar de um teste sensorial de bolos elaborados com farinha de sorgo. Este teste é parte integrante do projeto de pesquisa da aluna Érica Michele de Souza Oliveira do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos (PPGCA). Podem participar pessoas que apreciem este produto e que não apresentam nenhuma restrição à ingestão de ingredientes de sua composição, a saber: farinha de sorgo, farinha de linhaça, água, sorbitol, maltitol, ovos, açúcar cristal, amido de milho, a goma xantana, manteiga, aroma artificial de baunilha e fermento químico, monoestearato de sorbitana (INS 491) e polioxietileno de monoestearatos de sorbitana (INS435) Os riscos para os participantes desta pesquisa envolvem a alergia a qualquer um dos ingredientes presentes nas formulações, a intolerância a lactose ou alergia a proteínas presentes na manteiga, o diabetes que restringe o consumo de produtos contendo açúcar.

O objetivo deste trabalho é desenvolver e identificar as características sensoriais de bolos elaborados com farinha de sorgo e farinha de linhaça. Como objetivos específicos, destaca-se a identificação das características sensoriais descritivas para um produto elaborado com farinha de sorgo e a identificação da formulação que conferiu as melhores características sensoriais. A pesquisa será realizada no Laboratório de Análise Sensorial e Estudos com Consumidor (LASEC) da Faculdade de Farmácia (FAFAR) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). 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 as amostras de bolo preenchendo as fichas de avaliação e expressando sua opinião em relação a atributos como cor, aroma, sabor, textura e impressão global utilizando notas que variam de “1 – desgostei extremamente” a “9 – gostei extremamente” e avalie a sua intenção de compra do produto, variando de “1-certamente não compraria” a “5-certamente compraria”. Tais amostras serão fornecidas em bandeja com guardanapo, biscoito de água e um copo com água para limpeza do palato, amostras codificadas e apresentadas a unidade de 15 g. Ainda, serão apresentadas de forma monádica (uma de cada vez), sequencial (uma após a outra) e aleatória em cabines individuais. Essa etapa da pesquisa demandará aproximadamente 15 minutos.

Você poderá não gostar dos produtos (sabor, textura, aroma) e/ou sentir-se constrangido em preencher o questionário. 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 o risco de desconforto ou constrangimento do participante ao responder os questionários; para minimizar este risco, todos os questionários serão preenchidos em cabines individuais. Os termos de consentimento livre e esclarecido dos provedores, os questionários de coleta de dados e as fichas de avaliação das análises sensoriais contendo os dados coletados durante o estudo, serão armazenados em arquivo lacrado, no LASEC, com acesso permitido apenas aos pesquisadores envolvidos, pelo período mínimo de cinco anos, de acordo com a legislação.

Em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa, você poderá buscar indenização de acordo com os termos da Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012.

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.

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 pelo e-mail camilafante@ufmg.br.

Desde já agradecemos sua colaboração.

Assinatura do responsável: _____

Profa. Dra. Camila Argenta Fante -

Fone: (31) 3409-6922 Érica

Michele de Souza de Oliveira –

Fone: (31) 97401-6735

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.

Belo Horizonte _____ de _____ de _____

Nome: _____ Assinatura: _____ Telefones de

contato: _____ E-mail: _____

B) QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO

Questionário de Coleta de Dados para Análise Sensorial de Bolos de farinha de Sorgo

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: _____

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: valor de salário mínimo 1,320,00

☐ 1 a 5 salários-mínimos

☐ 6 a 10 salários-mínimos

☐ 11 a 20 salários-mínimos

☐ 21 a 30 salários-mínimos

☐ > 30 salários-mínimos

Você gosta de bolos?

☐ Não ☐ Sim

Com que frequência você consome bolos?

☐ Nunca ☐ 1 x a 3 por mês ☐ 1x a 4 por semana por semana ☐ Diariamente

Você gosta de produtos com ingredientes alternativos?

☐ Não ☐ Sim

Com que frequência você consome produtos com ingredientes alternativos?

☐ Nunca ☐ Raramente ☐ Esporadicamente ☐ Frequentemente ☐ Diariamente

Assinale abaixo os momentos que você prefere consumir bolos. (Pode ser marcada mais de uma opção)

☐ Café da manhã

☐ Lanche da manhã

☐ Almoço

☐ Lanche da tarde

☐ Jantar

☐ Lanche da noite

☐ Outros: _____

Você conhecia o sorgo antes desta análise?

☐ Não ☐ Sim

Você já experimentou algum produto contendo sorgo antes desta análise?

☐ Não ☐ Sim

Se sim, em qual produto? _____

C) FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL - CATA

Teste Check-all-that-apply CATA

Nome: _____ Código da amostra: _____

1) Experimente a amostra e de acordo com sua percepção, marque na lista abaixo todos os atributos que melhor a descrevem:

- ☐ Cor Marrom ☐ Arenoso ☐ Aroma de cereais ☐ Aroma de baunilha ☐ Fibroso
☐ Sabor residual ☐ Amargo ☐ Cor Acastanhada ☐ Sabor de castanha ☐ Úmido
☐ Amanteigado ☐ Doce ☐ Aroma de chocolate ☐ Macio ☐ Integral

Comentários:

Teste Check-all-that-apply CATA

Nome: _____ Código da amostra: _____

2) Experimente a amostra e de acordo com sua percepção, marque na lista abaixo todos os atributos que melhor a descrevem:

- ☐ Cor Acastanhada ☐ Amargo ☐ Cor Marrom ☐ Aroma de baunilha ☐ Aroma de chocolate
☐ Arenoso ☐ Amanteigado ☐ Úmido ☐ Sabor residual ☐ Sabor de castanha
☐ Doce ☐ Fibroso ☐ Aroma de cereais ☐ Integral ☐ Macio

Comentários:

Teste Check-all-that-apply CATA

Nome: _____ Código da amostra: _____

3) Experimente a amostra e de acordo com sua percepção, marque na lista abaixo todos os atributos que melhor a descrevem:

- ☐ Aroma de chocolate ☐ Macio ☐ Amargo ☐ Aroma de baunilha ☐ Doce
☐ Amanteigado ☐ Fibroso ☐ Cor Marrom ☐ Sabor de castanha ☐ Aroma de cereais
☐ Integral ☐ Úmido ☐ Sabor residual ☐ Cor Acastanhada ☐ Arenoso

Comentários:

Teste Check-all-that-apply CATA

Nome: _____ Código da amostra: _____

4) Experimente a amostra e de acordo com sua percepção, marque na lista abaixo todos os atributos que melhor a descrevem:

- ☐ Sabor residual ☐ Amargo ☐ Integral ☐ Aroma de cereais ☐ Cor Acastanhada
☐ Sabor de castanha ☐ Amanteigado ☐ Cor Marrom ☐ Úmido ☐ Aroma de baunilha
☐ Fibroso ☐ Aroma de chocolate ☐ Arenoso ☐ Macio ☐ Doce

Teste Check-all-that-apply CATA

Nome: _____ Código da amostra: _____

5) Experimente a amostra e de acordo com sua percepção, marque na lista abaixo todos os atributos que melhor a descrevem:

- ☐ Úmido ☐ Aroma de cereais ☐ Arenoso ☐ Aroma de baunilha ☐ Sabor residual
☐ Macio ☐ Cor Acastanhada ☐ Amargo ☐ Doce ☐ Fibroso
☐ Amanteigado ☐ Integral ☐ Aroma de chocolate ☐ Cor Marrom ☐ Sabor de castanha

Comentários: