



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

CAMILA DE CARVALHO CHAVES

POTENCIALIDADES NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS DE
MILHETO (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) E CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia*
***excelsa* H.B.K.). E APLICAÇÃO EM PÃES SEM GLÚTEN**

FORTALEZA

2023

CAMILA DE CARVALHO CHAVES

POTENCIALIDADES NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS DE MILHETO (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) E CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). E APLICAÇÃO EM PÃES SEM GLÚTEN

Dissertação apresentada ao Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará – *Campus* Pici como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de produtos de origem vegetal.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Dorasilvia Ferreira Pontes.

Coorientadora: Prof.^a. Dr.^a. Maria Nilka de Oliveira

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C438p Chaves, Camila de Carvalho.
Potencialidades nutricionais e tecnológicas das farinhas de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) e castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). e aplicação em pães sem glúten / Camila de Carvalho Chaves. – 2023.
93 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes.
Coorientação: Profa. Dra. Maria Nilka de Oliveira.
1. Cereais. 2. Inovação. 3. Oleaginosas. 4. Tecnologia. 5. Alimentos isentos de glúten. I. Título.
CDD 664
-

CAMILA DE CARVALHO CHAVES

POTENCIALIDADES NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS DE MILHETO (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) E CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). E APLICAÇÃO EM PÃES SEM GLÚTEN

Dissertação apresentada ao Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará – *Campus* Pici como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de produtos de origem vegetal.

Aprovada em: 30/06/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a. Dra. Maria Nilka de Oliveira (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^ª. Dra. Stella Regina Arcaño Medeiros
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof.^a. Dra. Márcia Maria Leal de Medeiros
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE - *Campus* Baturité

Prof.^a. Dra. Patricia Beltrão Lessa Constant
Universidade Federal de Sergipe (UFS)

A Deus.

Aos pais, Ana e Carlos,
ao meu namorado, Osmar.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita bondade e por ter me fortalecido ao longo das adversidades dessa caminhada.

Agradeço aos meus pais, Ana e Carlos e as minhas tias Edilça e Elusia pelo apoio e incentivo em minha trajetória acadêmica.

Aos familiares que estiveram ao meu lado me apoiando, especialmente aos meus irmãos, Carlos e Tiago e as minhas primas Paula e Fernanda.

Ao meu namorado, Osmar Junior, por todo o companheirismo e amor ao longo desse tempo, por sempre me incentivar e acreditar em mim mais do que eu mesma, e por tornar meus dias mais leves e felizes.

A minha orientadora professora Dr^a. Dorasilvia Ferreira Pontes por acreditar em mim e no projeto, por me apoiar e transmitir seus conhecimentos ao longo desse período. Muito obrigada de coração.

A minha coorientadora Dr^a. Nilka Maria de Oliveira, pela paciência, pelos ensinamentos e conhecimentos me passados.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará (PPGCTA-UFC) por todo conhecimento compartilhado, sendo essencial para meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos professores, Dr. Robson Alves da Silva, e professora Layane Leal por permitirem minha presença nos laboratórios do curso de alimentos do Instituto Federal do Piauí (IFPI), sem a ajuda de vocês nada disso seria possível.

As amigas Poliana, Neilane, Karol, Tháila e Wesleyne, que eu tive o prazer de conviver diariamente durante o período de mestrado, pessoas que compartilhei muitas risadas, conversas, e conhecimentos, minha eterna gratidão pela amizade construída, vocês foram muito importantes.

Em especial agradeço a Neilane e Poliana, muito obrigada, sem vocês eu não teria conseguido.

Ao professor Dr. Jurandy do Nascimento Silva e ao técnico de laboratório msc. José Duarte, pela ajuda com as análises, meu muito obrigada.

Aos colegas do laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos (LABCERT) Leiliane, Alane, Claudilane, Marcos, Isabel, Lucas e aos demais que não mencionei aqui, obrigada pela parceria e paciência, vocês foram essenciais nessa caminhada.

À Prof.^a. Dr.^a. Patrícia Beltrão Lessa Constant, ao Dr. Marcos Venânces de Sousa Leão, a Prof.^a. Dr.^a. Márcia Maria Leal de Medeiros, a Prof.^ª. Dr.^a Gerla Castello Branco Chinelate e a Prof.^ª. Dr.^a. Stella Regina Arcanjo de Medeiros por fazer em parte da minha banca examinadora.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES). Agradeço também à FUNCAP por financiar esta pesquisa e dado a possibilidade de sua realização.

A Universidade Federal do Ceará (UFC)- *Campus Pici* por proporciona condições possíveis para a realização desta pesquisa.

Ao Instituto Federal do Piauí (IFPI), pela parceria que também contribuiu significativamente para a conclusão desta pesquisa.

“Os sonhos são como uma bússola, indicando os caminhos que seguiremos e as metas que queremos alcançar. São eles que nos impulsionam, nos fortalecem e nos permitem crescer”.

Augusto Cury

RESUMO

A demanda por alimentos sem glúten tem aumentado significativamente, levando a indústria alimentícia a buscar alternativas nutricionais e sensoriais viáveis para os consumidores. Nesse contexto, o milho e a castanha-do-Brasil podem ser considerados uma alternativa por apresentarem em suas composições: fibras, minerais, proteínas e antioxidantes, além de serem naturalmente isentos de glúten, podendo ser transformados em farinhas e aplicados na produção de pães. O objetivo deste trabalho foi desenvolver pães sem glúten com adição das farinhas de milho e castanha-do-Brasil. A metodologia consistiu-se em elaborar farinhas de milho (FM) e castanha-do-brasil (FCB) e analisá-las quanto ao rendimento, as composições físico-química e centesimal, perfil mineral, propriedades tecnofuncionais, compostos bioativos, cor, granulometria, em seguida foram produzidas 4 formulações de pães: PC (sem adição de FM e FCB), PM (com 25% de FM), PCB (com 25% de FCB) e PM+PCB (com 12,5 % de FM e 12,5 % de FCB) e avaliadas quanto a caracterização físico-química, composição centesimal, cor, perfil mineral e volume específico. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). As farinhas de milho, de castanha-do-Brasil e o mix de farinhas apresentaram importantes propriedades nutricionais como: alto teor de proteínas, fibras e gorduras, boa concentração dos macrominerais, fósforo e potássio, e dos microminerais, ferro e zinco, além de bons índices de propriedades tecnofuncionais. A coloração (mais próxima à branca) e a granulometria mostraram-se interessantes na utilização dessas farinhas como ingredientes em pães sem glúten. A adição de farinhas de milho e castanha-do-Brasil, nas proporções de 25% e 12,5%, mostrou-se eficaz, uma vez que atenderam às exigências tecnológicas e nutricionais, aumentando o teor de proteínas, cinzas e fibras dos pães, reduzindo o número de carboidratos, a cor e aumentando os níveis de fósforo, ferro, zinco e magnésio em todas as formulações. Para o parâmetro volume específico observou-se que somente as formulações PM e PM+PCB apresentaram aumento, enquanto a PCB foi estatisticamente igual a PC. Dessa forma, pode-se concluir que as farinhas de milho e de castanha-do-Brasil utilizadas nesta pesquisa têm um grande potencial tecnológico em diversas aplicações para a indústria alimentícia, sendo uma ótima opção para o desenvolvimento de pão sem glúten e outros produtos de panificação tecnológicos e com possibilidade de comercialização.

Palavras-chave: cereais; inovação; oleaginosas; tecnologia; alimentos isentos de glúten.

ABSTRACT

The demand for gluten-free foods has increased significantly, leading the food industry to seek nutritionally and sensorially viable alternatives for consumers. In this context, millet and Brazil nuts can be considered an alternative because they contain fibers, minerals, proteins and antioxidants in their compositions, in addition to being naturally gluten-free, and can be transformed into flour and used in the production of bread. Therefore, the objective of this work was to develop gluten-free breads with the addition of millet and Brazil nut flours. The methodology consisted of preparing millet (FM) and Brazil nut (FCB) flours and analyzing them for yield, physical-chemical and centesimal compositions, mineral profile, technofunctional properties, bioactive compounds, color, granulometry, then 4 bread formulations were produced: PC (without addition of FM and FCB), PM (with 25%FM), PCB (with 25% FCB) and PM+PCB (with 12,5 % FM and 12,5 % FCB) and evaluated for physicochemical characterization, centesimal composition, color, mineral profile and specific volume. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA). The millet and Brazil nut flours and the flour mix showed important nutritional properties such as: high protein, fiber and fat content, good concentration of macrominerals, phosphorus and potassium, and microminerals, iron and zinc, in addition to good indices of technofunctional properties. The color (closer to white) and the granulometry were interesting in the use of these flours as ingredients in gluten-free breads. The addition of millet and Brazil nut flours, in the proportions of 25% and 12,5%, proved to be effective, since they met the technological and nutritional requirements, increasing the protein, ash and fiber content of the breads, reducing the number of carbohydrates, the color and increasing the levels of phosphorus, iron, zinc and magnesium in all formulations. For the specific volume parameter, it was observed that only the PM and PM+PCB formulations showed an increase, while the PCB was statistically equal to the PC. Thus, it can be concluded that the millet and Brazil nut flours used in this research have a great technological potential in several applications for the food industry, being a great option for the development of gluten-free bread and other products technological bakery and with the possibility of commercialization.

Keywords: cereals; innovation; oilseeds; technology; gluten-free foods.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Plantação de milho.....	18
Figura 2- Ouriço(A), castanhas (B) e amêndoas de castanha-do-Brasil (C)	21
Figura 3- Castanhas inteiras (A1) e a farinha obtida da castanha-do-Brasil (A2).....	32
Figura 4- Grãos de milho (à esquerda) e farinha integral de milho (à direita)	33
Figura 5- Fluxograma do processamento dos pães sem glúten	36
Figura 6- Curva de calibração do padrão de referência ácido gálico	39
Figura 7- Curva de calibração-resposta de inibição do radical ABTS•+ frente ao padrão.....	40
Figura 8- Gráfico de estabilidade da espuma da farinha de milho	58
Figura 9- Pães sem glúten com e sem as farinhas de milho e castanha-do-Brasil.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Formulações de pães sem glúten	34
Tabela 2- Análises centesimais das farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas	44
Tabela 3- Análises físico-químicas das farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas	47
Tabela 4- Análises de minerais da farinha de castanha, milho e Mix de farinhas	50
Tabela 5- Análises de fenólicos totais do extrato hidroalcoólico das farinhas de castanha e milho	52
Tabela 6- Concentração para inibir 50% do radical das farinhas de castanha e milho	53
Tabela 7- Valor TEAC (Capacidade Antioxidante Total Equivalente ao TROLOX®).....	54
Tabela 8- Análises funcionais das farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas	55
Tabela 9- Capacidade de formação das farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas	59
Tabela 10- Análises de cor das farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas	60
Tabela 11- Perfil granulométrico da farinha de milho.....	61
Tabela 12- Análises físico-químicas das amostras de pães produzidos com farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas	62
Tabela 13- Análises físico-químicas das amostras de pães produzidos com farinhas de castanha-do-Brasil, milho e Mix de farinhas	65
Tabela 14- Análises colorimétricas dos miolos dos pães produzidos com farinhas de castanha-, milho e Mix de farinhas	67
Tabela 15- Análises colorimétricas das crostas dos pães produzidos com farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas	69
Tabela 16- Análises de minerais dos pães produzidos com farinha de castanha, milho e Mix de farinhas	70
Tabela 17- Volume específico dos pães sem glúten.....	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	Farinhas de origem vegetal	17
3.2	Considerações gerais sobre o milho	18
3.3	Castanha-do-Brasil	20
3.4	Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas	22
3.5	Pães sem glúten	24
3.6	Ingredientes para pães sem glúten	27
4	MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1	Tipo de pesquisa e local de execução	31
4.2	Aquisição das matérias-primas	31
4.3	Produção das farinhas de castanha-do-Brasil e de milho	31
4.3.1	<i>Produção da farinha de castanha-do-Brasil (FCB)</i>	31
4.3.2	<i>Produção da farinha de milho (FM)</i>	32
4.3.3	<i>Produção do mix de farinhas</i>	33
4.4	Desenvolvimento de pães sem glúten	34
4.5	Aquisição das matérias-primas	36
4.5.1	<i>Rendimento das farinhas</i>	36
4.5.2	<i>Caracterização físico-química e composição centesimal das farinhas e dos pães sem glúten</i>	37
4.5.3	<i>Perfil mineral</i>	37
4.5.4	<i>Determinação de compostos bioativos nas farinhas</i>	38
4.5.4.1	<i>Preparo do extrato</i>	38
4.5.4.2	<i>Fenólicos totais (Polifenóis)</i>	38
4.5.4.3	<i>Determinação da capacidade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS+ ...</i>	39
4.5.5	<i>Propriedades funcionais tecnológicas</i>	40
4.5.5.1	<i>Capacidade de Absorção de Água – CAA e Capacidade de Absorção de Óleo – CAO</i>	40

4.5.5.2	<i>Atividade Emulsificante (AE) e Estabilidade da Emulsão (EE)</i>	41
4.5.5.3	<i>Capacidade de Formação de Espuma e estabilidade da espuma</i>	41
4.5.5.4	<i>Densidade aparente</i>	42
4.5.5.5	<i>Capacidade de Formação de Gel - CFG</i>	42
4.5.5.6	<i>Determinação de cor</i>	42
4.5.5.7	<i>Determinação granulométrica da farinha integral de milho</i>	43
4.5.6	<i>Volume específico dos pães</i>	43
4.5.7	<i>Tratamento estatístico</i>	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1	Caracterização da matéria-prima	44
5.1.1	<i>Rendimento das farinhas de castanha-do-Brasil e de milho</i>	44
5.1.2	<i>Composição centesimal das farinhas de castanha-do-brasil, de milho e da Mix de farinhas</i>	44
5.1.3	<i>Análises Físico-químicas</i>	47
5.1.4	<i>Perfil mineral</i>	49
5.1.5	<i>Análise de compostos fenólicos das farinhas</i>	51
5.1.6	<i>Análise de antioxidantes pelo método DPPH</i>	52
5.1.7	<i>Análise de antioxidantes pelo método ABST⁺</i>	54
5.1.8	<i>Propriedades Funcionais Tecnológicas das matérias-primas</i>	54
5.1.9	<i>Análise de cor</i>	59
5.1.10	<i>Análises granulométricas na farinha de milho</i>	61
5.2	Caracterização dos pães	62
5.2.1	<i>Composição Centesimal</i>	62
5.2.2	<i>Análise físico-química</i>	65
5.2.3	<i>Análise de cor miolo e crosta dos pães formulados</i>	67
5.2.4	<i>Análise de minerais</i>	69
5.2.5	<i>Volume específico dos pães</i>	71
6	CONCLUSÃO	73
	REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o interesse dos consumidores por uma alimentação saudável concentrou-se amplamente nos potenciais benefícios dos alimentos para a saúde. Atualmente, a alimentação não visa apenas satisfazer a fome e as necessidades nutricionais básicas, mas também prevenir doenças relacionadas à alimentação e melhorar o bem-estar do consumidor (WIRKIJOWSKA *et al.*, 2020). Com isso, nota-se um aumento na procura por produtos naturais, de origem vegetal, minimamente processados, fortificados, *diet e light*, isentos ou com teores reduzidos de sal, açúcares e gorduras, além da introdução de novos hábitos alimentares e estilos de vida como o vegetarianismo, flexitarianismo e veganismo. Essas tendências têm impulsionado o crescimento de novas pesquisas voltadas para as questões ambientais e sustentabilidade dos processos produtivos já conhecidos (BLOCK *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, o interesse por produtos sem glúten também cresceu entre pesquisadores e consumidores, ao mesmo tempo, os chamados produtos "isentos de" (sem glúten etc.) tornaram-se um indicador global de escolhas de estilo de vida saudável, o que expandiu o mercado de produtos sem glúten (REN, 2020).

Diversos estudos têm demonstrado a existência de diversas doenças relacionadas ao consumo de glúten, tais como: a alergia alimentar ao trigo (AAT), os portadores da doença celíaca, a sensibilidade ao glúten não celíaca e outros distúrbios que manifestam respostas mediadas ao glúten (RESENDE *et al.*, 2017; ROSTAMI *et al.*, 2017)

Conforme o Colegiado Americano de Alergia, Asma e Imunologia (ACAAI), a AAT ocorre quando o sistema imune fica sensível e reage com as proteínas de trigo como: albumina (solúveis em água), globulina (solúveis em solução salina), essas duas proteínas abrangem β -amilase, inibidores de enzimas hidrolíticas, exclusivamente inibidores da α -amilase, proteínas de transporte de lipídeos (BERZUINO *et al.*, 2017).

A Doença Celíaca (DC), também é mediada pela resposta imunológica, é uma intolerância causada pela ingestão do glúten que se desenvolve em pessoas geneticamente predispostas, é um processo inflamatório que envolve a mucosa do intestino delgado, levando a atrofiadas vilosidades intestinais, má absorção e muitas manifestações clínicas no trato gastrointestinal, pele, fígado, sistema nervoso, sistema reprodutivo, ossos e sistema endócrino (CAEIRO *et al.*, 2022).

Aproximadamente 10% da população mundial apresenta distúrbios relacionados ao glúten (SAPONE *et al.*, 2012), cujo único tratamento é modificar a dieta, excluindo produtos

que contenham glúten e/ou trigo e derivados na sua composição (RESENDE *et al.*, 2017; CAIO *et al.*, 2019).

Contudo, ainda há poucas opções de alimentos alternativos disponíveis, sendo o pão o alimento mais citado pelos celíacos quando questionados sobre qual produto gostaria de encontrar de forma mais fácil. Apesar do considerável progresso nas últimas décadas, os pães sem glúten ainda apresentam aparência, textura e sabor insatisfatórios, além de baixo conteúdo nutricional e curta *shelf life* (CAPRILES; SANTOS; AGUIAR, *et al.*, 2021; ALENCAR *et al.*, 2021; BENDER; SCHÖNLECHNER, 2020). Portanto, mais pesquisas são necessárias para explorar novas estratégias para superar esse grande problema.

Assim, uma importante tendência de pesquisa nesta área é a utilização de métodos que possam melhorar a qualidade técnica e sensorial de pães sem glúten, ao mesmo tempo, em que aumentam os teores de nutrientes e compostos bioativos nos ingredientes desses produtos (CAPRILES; SANTOS; AGUIAR, 2021).

Neste contexto, o milheto pode ser considerado como uma fonte potencial de alimento alternativo para atender às necessidades dietéticas dessa população crescente (DIAS-MARTINS *et al.*, 2018; KUMAR *et al.*, 2018; YOUSAF *et al.*, 2021) e não pode ser ignorado para alcançar meios sustentáveis de segurança alimentar. O milheto contém cerca de 5 a 12% de proteína, 2 a 6% de gordura, 56 a 72% de carboidratos e 12% de fibra alimentar (SALEH *et al.*, 2013, SINGH, RAGHUVANSHI, 2012). São ricos em polifenóis, antioxidantes e fibras (SHAHIDI, CHANDRASEKARA, 2013). Possuem o menor índice glicêmico quando comparado a outros cereais, como arroz e trigo, e não possui glúten (ANNOR *et al.*, 2017).

Semelhante ao milheto, a castanha-do-Brasil também apresenta valores nutricionais significativos, caracterizado por seu elevado teor em várias substâncias bioativas, como compostos fenólicos, tocoferol, magnésio, potássio, cálcio, proteínas, carboidratos, lipídios e alto valor nutricional, mas é mais conhecida como uma das principais fontes alimentares de selênio (CARDOSO *et al.*, 2017; GODOS *et al.*, 2022). Além disso, a castanha-do-Brasil se destaca por possuir proteína de alto valor biológico (SOUZA; MENEZES, 2004) sendo considerada uma das fontes naturais mais rica em aminoácidos sulfurados (3,5% de metionina), que, normalmente, são deficientes na maioria das proteínas vegetais (BURLEY *et al.*, 2017). A farinha de castanha-do-Brasil é utilizada como complemento nutricional em dietas para celíacos, vegetarianos e veganos, uma vez que possui propriedades nutricionais elevadas, sendo bastante utilizada em produtos de panificação, uma vez que apresenta uma densidade que confere a crocância desejada a esses produtos (CAUVIN; YONG, 2009).

Portanto, considerando a tendência mais recente do mercado de alimentos sem glúten e o desafio encontrado pela indústria alimentícia em assegurar a viabilidade de novas matrizes alimentares, essa pesquisa teve como objetivo avaliar as propriedades tecnológicas e nutricionais das farinhas da castanha-do-Brasil e do milho e sua aplicação tecnológica na produção de pães sem glúten como uma opção viável despertando indústrias alimentícias e consumidores para seus benefícios, principalmente para os celíacos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver pães sem glúten enriquecidos com farinha de milho e Castanha-do-Brasil e caracterizar suas potencialidades tecnofuncionais, físico-químicas e nutricionais.

2.2 Objetivos Específicos

- Obter farinhas de milho e castanha-do-Brasil;
- Desenvolver pães isentos de glúten e de ingredientes de origem animal;
- Realizar análises físico-químicas e centesimais das matérias-primas e dos pães formulados;
- Quantificar o teor de minerais (Cálcio, Potássio, Magnésio, Fósforo, Ferro, Zinco e Magnésio) das matérias-primas e dos pães formulados utilizando espectrofotômetro de absorção atômica de chama;
- Quantificar os fenólicos totais das farinhas de milho e castanha-do-Brasil pelo método espectrofotométrico usando Folin-Ciocalteu;
- Determinar a atividade antioxidante total das farinhas de milho e castanha-do-Brasil usando os métodos DPPH e ABTS;
- Realizar análises de aspecto funcional tecnológico (atividade e estabilidade emulsificante, capacidade de absorção de água e óleo, capacidade de formação de espuma, capacidade de formação de gel, densidade e solubilidade) das farinhas de milho, castanha-do-Brasil e Mix de farinhas de farinhas;
- Realizar análises microbiológicas das farinhas de milho e castanha-do-Brasil;
- Determinar os parâmetros tecnológicos tais como, volume específico e cor.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Farinhas de origem vegetal

Segundo a Legislação Brasileira, farinha é o produto obtido das partes comestíveis de um ou mais tipos de cereais, hortaliças, frutas, sementes, tubérculos e rizomas por moagem ou outros métodos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos (BRASIL, 2022). A moagem é um método que ajuda a prolongar a vida útil do produto e controlar as propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. A farinha tornou-se um dos produtos processados mais utilizados para produção de alimentos no mundo e o trigo é o cereal mais utilizado para este fim (FELLOWS, 2018).

Muitas pesquisas foram feitas sobre o uso de fontes alternativas para substituir a farinha de trigo. A maioria destas pesquisas visa determinar o efeito, modificação e/ou grau de substituição da farinha de trigo na qualidade de produtos de panificação (ALCÂNTARA; CARVALHO; VANIN, 2020).

A técnica de substituição da farinha de trigo representa um desafio tecnológico na fabricação de produtos de panificação, devido às suas propriedades reológicas (COMETTANT-RABANAL *et al.*, 2021), uma vez que o glúten desempenha papel fundamental no processamento e qualidade dos produtos acabados. Tais problemas podem ser resolvidos empregando outros tipos de farinhas combinadas, a fim de ajustar as características particulares na formulação desejada (TORBICA; BELOVIĆ; TOMIĆ, 2019).

Nesse contexto, a farinha vegetal, como a farinha de arroz, de mandioca, de soja e de milho, são ingredientes que na indústria alimentícia desempenham um papel importante devido ao seu baixo custo de produção e o seu alto teor de proteína. Essas farinhas podem ser utilizadas como substitutas da farinha de trigo e podem ser adicionadas em farinhas mistas para o preparo de biscoitos, pães e massas (SILVEIRA *et al.*, 2017).

O conhecimento das características químicas e tecnológicas dessas farinhas é essencial para garantir a preservação dos nutrientes originais e avaliar quais propriedades podem ser adicionadas ou substituídas durante o processamento (SILVA *et al.*, 2021a). Embora muitos autores relatem o uso de farinhas de vegetais e grãos sem glúten em produtos como massas, pães e biscoitos, ainda há poucos relatos da utilização das farinhas de milho e castanha-do-Brasil, para a produção de alimentos isentos deste constituinte.

3.2 Considerações gerais sobre o milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) é um cereal da família das *Poaceae*, originado da grama selvagem da África Ocidental que foi domesticada há mais de 4.000 anos no deserto do Saara Meridional, espalhando-se em seguida para a África Oriental e Índia, onde é consumido há milhares de anos (SHARMA; SAXENA; RIAR, 2018).

Esta espécie é uma gramínea anual de verão, cespitosa, de crescimento ereto, que apresenta excelente produção de perfilho e vigorosa rebrota após corte ou pastejo, tem uma característica de maior tolerância à seca e permite a colheita de uma quantidade de grãos, que não é possível de ser obtida com outras culturas em condições climáticas semelhantes, com alta temperatura e condições secas (DIAS-MARTINS *et al.*, 2018). Na Figura 1 é apresentada uma plantação de milheto.

Figura 1- Plantação de milheto



Fonte: Aatoria própria, 2023.

Existem vários nomes comuns de milhetos, que designam diferentes espécies de milheto, como o milheto pérola (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), milheto Kodo (*Paspalum scrobiculatum* L.), milheto dedo (*Eleusine coracana*), milheto proso (*Panicum miliaceum* (L.)), milheto rabo de raposa (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.), milheto japonês (*Echinochloa esculenta* (A. Braun), milheto Browntop (*Urochloa ramosa* (L.)), milheto Sawa (*Echinochloa colona* (L.)),

fonio branco (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf) e fonio preto (*Digitaria iburua* Stapf) (FAO,1995; DIAS-MARTINS, 2018).

O *Pennisetum glaucum* é uma das principais culturas de milho produzidas no Brasil. Essa espécie produz panículas cilíndricas compactas, com 2 a 3 cm de largura e 15 a 60 cm de comprimento, podendo produzir de 500 a 2.000 sementes por panícula e os grãos quando maduros são pequenos, de cor cinza, branca, amarela ou a misturas dessas cores (DIAS-MARTINS *et al.*, 2018; DURÃES; MAGALHÃES; SANTOS, 2003; TAYLOR, 2016).

Assim como outros cereais, os grãos do milho são divididos em três partes: pericarpo, endosperma e gérmen (RAMASHIA *et al.*, 2019). O pericarpo corresponde a 8,4% da anatomia do grão e contém principalmente fibras insolúveis, proteínas, minerais e compostos fenólicos. O endosperma representa 75,1% da anatomia do grão e compreende majoritariamente amido e proteínas (prolaminas), bem como, vitaminas do complexo B, ácido fólico e compostos fenólicos. O gérmen é o maior de todos os cereais, representando 16,6% do grão, nele encontram-se óleos, proteínas (albuminas e globulinas), açúcares solúveis, minerais e vitaminas (EMBASHU; NANTANGA, 2019).

Os grãos apresentam em sua composição química 62 a 76% de carboidratos, principalmente amido e fibra alimentar, 8 a 11% de proteína, 2 a 9% de lipídios, além de quantidades consideráveis de minerais, como potássio, fósforo, magnésio, ferro e zinco (DIAS-MARTINS *et al.*, 2018). O milho contém também ácidos graxos, amido resistente e compostos bioativos, incluindo compostos fenólicos e taninos condensados, além de apresentar baixo índice glicêmico e alta capacidade antioxidante (ANNOR *et al.*, 2017; SIROHA; SANDHU; KAUR, 2016). Os compostos bioativos são encontrados principalmente no pericarpo do grão, por isso recomenda-se o consumo em sua forma integral ou processado como farinha (CHANDRASEKARA; SHAHIDI, 2012).

Em termos de produção, o milho é o sexto cereal mais produzido no mundo, sendo a Índia o maior produtor mundial seguida pela China. Em 2020 de acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), Índia, China e África do Sul produziram 11,64, 1,56 e 0,5 milhão de toneladas de milho, respectivamente, e a produção global foi de cerca de 31 milhões de toneladas (FAO, 2021).

No Brasil, a área total de plantio é de cerca de 5,5 milhões de hectares, sendo uma das principais culturas de cobertura no Cerrado e na Região Sul. Apesar de sua importância nutricional o milho ainda é classificado como uma cultura de subsistência sendo pouco consumido na alimentação humana no Brasil. Alguns países em desenvolvimento da África e a

Índia o utilizam como alimento básico, entretanto, entre os brasileiros ele não é utilizado para esse fim (ADEBIYI *et al.*, 2018).

Considerando a importância dos cereais para alimentação humana, os grãos de milho podem ser processados e adicionados como ingredientes de diversos alimentos, podendo ser considerado um potencial alimento por suas características nutricionais relevantes e por ser considerada uma cultura de baixo custo. Os grãos podem ser moídos, decorticados, germinados, fermentados, cozidos e extrusados para obtenção de produtos como farinhas, biscoitos, aperitivos, massas e bebidas probióticas não lácteas. É importante destacar que esse cereal é naturalmente livre de glúten, podendo ser utilizado na substituição do trigo, como uma alternativa funcional e de baixo custo tanto para os celíacos, quanto para os adeptos a esse estilo alimentar (DIAS-MARTINS *et al.*, 2018).

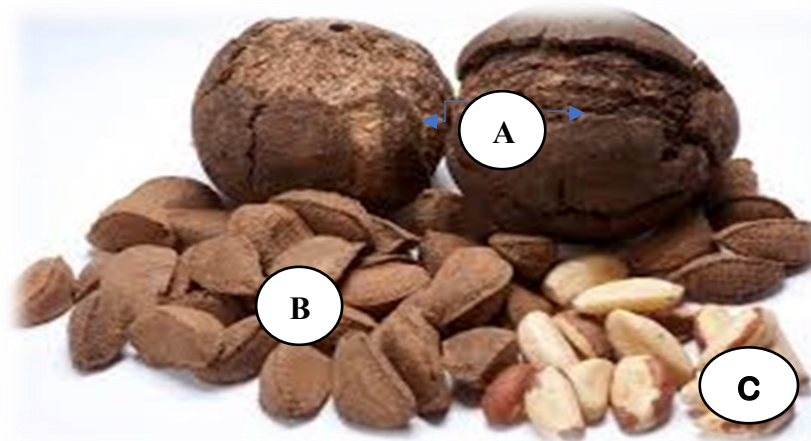
3.3 Castanha-do-Brasil

A castanha-do-Brasil é uma das árvores mais exuberantes da Floresta Amazônica. Pertence à família *Lecythidaceae*, com cerca de 300 espécies distribuídas em 25 gêneros, dos quais apenas 150 espécies e 10 gêneros ocorrem no Brasil. Quanto o epíteto específico, *excelsa*, significa alta, elevada, em alusão ao porte da planta, o gênero *Bertholletia* é monotipo, ou seja, tem como único representante a espécie *Bertholletia excelsa* H. B. K (NASCIMENTO; CARVALHO; MÜLLER 2010).

No Brasil, essa árvore ganha nomes populares como, castanha-do-Brasil, castanha da Amazônia, castanha e castanha-do-Pará. Suas folhas possuem lâminas foliares oblongas medindo de 17 cm a 36 cm de comprimento e 6 cm a 15 cm de largura. As flores são de cor branca e aroma agradável, a frutificação ocorre nos meses de dezembro a maio (CARVALHO, 2014). A castanha-do-Brasil é uma árvore de grande porte que ocupa áreas de terra firme e não inundáveis, e está presente em praticamente toda a Amazônia legal e continental (MMA, 2017).

O fruto é chamado popularmente de ouriço, possui forma esférica ou capsular, com cerca de 20 cm de diâmetro, que contém em seu interior em média de 12 a 24 castanhas ou sementes, as quais envolvem as amêndoas (parte comestível do fruto) (figura 2). A superfície do fruto apresenta-se espessa, de coloração castanho-escuro, com uma variação de peso entre 200 g e 1,5 kg, com média de 750 g. Sua coleta é realizada nos meses de novembro a março, a partir de uma prática que sobrevive há décadas, o extrativismo de coleta (YANG,2009).

Figura 2 – Ouriço (A), castanhas (B) e amêndoas de castanha-do-Brasil (C)



Fonte: Google imagens, 2023.

A coleta dos frutos da castanha-do-Brasil é sua forma mais difundida de exploração, com a produção máxima a partir dos 240 anos, em condições naturais. A cadeia produtiva da castanha, contribui gerando abundância de empregos e renda para os trabalhadores envolvidos, além de ser amplamente apreciada por seu sabor característico e pelo seu elevado valor nutricional (DIONISIO *et al.*, 2019).

A castanha-do-Brasil possui grande valor energético e alto valor biológico provenientes de seus macronutrientes. Em sua composição pode-se encontrar ainda valores significativos de micronutrientes como cálcio, fósforo, magnésio, vitaminas do complexo B e, sobretudo de selênio, que se destaca por ser um antioxidante natural e estar relacionado à diminuição de risco de câncer e doenças cardiovasculares (EMBRAPA, 2010). De acordo com Lima *et al.* (2019), o selênio é o principal mineral encontrado na Castanha-do-Brasil (28 a 49 mg/ kg), a concentração depende da área de localização do castanhal.

Associados à composição da semente da castanha-do-Brasil ainda pode-se encontrar compostos fenólicos e flavonoides, porém em concentrações inferiores aos alimentos considerados ricos destas substâncias (vinho tinto, cacau e chá-preto). No entanto, estes compostos podem apresentar sinergia e gerar benefícios à saúde humana, pois estudos associam estes compostos à diminuição da peroxidação lipídica. Por ser rica em ácidos graxos insaturados, a castanha-do-Brasil ainda pode auxiliar na redução da pressão arterial, na prevenção da resistência à insulina e na redução de níveis de marcadores inflamatórios sistêmicos (MASSI *et al.*, 2014).

Estudos importantes associam a ingestão regular de ácidos graxos insaturados à redução da mortalidade por doenças cardiovasculares. Além desses benefícios, comprovou-se que a castanha-do-Brasil é capaz de modular o perfil lipídico, através do aumento dos níveis

séricos da lipoproteína de alta densidade e diminuição da lipoproteína de baixa densidade (COLPO *et al.*, 2014).

A castanha-do-Brasil é um produto altamente versátil, suas aplicações vão desde o consumo *in natura* até a possível utilização dos seus compostos bioativos na indústria de alimentos, farmacêutica e de cosméticos. Na indústria alimentícia a farinha de castanha-do-Brasil, é considerada uma das mais valiosas devido às suas propriedades nutricionais e os seus benefícios de saúde (FREITAS *et al.*, 2007). Esta farinha não possui glúten, e assim, pode ser utilizada por doentes celíacos em detrimento de outros tipos de farinhas.

3.4 Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas

As propriedades funcionais tecnológicas de um ingrediente, são importantes, pois são capazes de afetar as características nutritivas e sensoriais dos alimentos, além de desempenhar importante papel no comportamento dos ingredientes durante o preparo, armazenamento e processamento (SANTANA; OLIVEIRA FILHO; EGEEA, 2017).

Neste sentido, cabe mencionar que cada propriedade está relacionada aos componentes presentes nos alimentos, como, por exemplo, o índice de solubilidade em água, o qual está relacionado com o teor de umidade da matéria-prima, sendo que altos valores são encontrados em alimentos com umidade superior a 22g/100g. Valores elevados de solubilidade são importantes para misturas dextrinizadas, como molhos, sopas, entre outros, porém, para produtos cárneos, não é necessário alto índice de solubilidade em água, pois, procura-se uma textura mais firme e que não se dissolva em altas temperaturas (BORGES *et al.*, 2021). O Índice de Solubilidade em Água (ISA) está relacionado a presença de sólidos solúveis que permanecem na fase aquosa após o processo de aquecimento (ANGELIS *et al.*, 2021; SUMMO *et al.*, 2019).

O índice de absorção de água (IAA) em farinhas é uma propriedade importante devido à melhoria da textura e retenção de sabor no alimento, o elevado teor de fibras normalmente encontrado nas farinhas vegetais, está relacionado à maior capacidade de absorção de água da farinha. Esta é uma característica relevante para adição da farinha em produtos cárneos, de panificação e confeitaria, uma vez que esta pode auxiliar na retenção da umidade (SILVA *et al.*, 2021a).

Além disso, o índice de absorção de água (IAA) determina o volume ocupado pelo amido após intumescimento em excesso de água e indica a integridade do amido em dispersões aquosas (DU *et al.*, 2014). Essa determinação em farinhas é importante, do ponto de vista tecnológico, pois está relacionado ao desenvolvimento das propriedades viscoelásticas,

conferindo uma boa elasticidade na massa e rendimento de produção (HAMDANI; WANI; BHAT, 2020; LEE; INGLET, 2006).

Em relação ao índice de absorção de óleo, este favorece a retenção de sabor e torna agradável ao paladar, contribuindo com a aceitação sensorial do produto. Além das propriedades de hidratação, as fibras das farinhas vegetais possuem a capacidade de reter o óleo, podendo utilizá-las em alimentos ricos em gorduras e emulsões, pois facilitam a estabilização (BORGES *et al.*, 2021). Esta característica ainda melhora a palatabilidade do alimento por conferir propriedades adequadas de consistência, viscosidade e adesão, melhorando a qualidade da textura e facilitando seu uso como ingredientes análogos ou substitutos em formulações alimentares (SANTANA; OLIVEIRA FILHO; EGEA, 2017).

Segundo Mozafarpour *et al.* (2019), uma alta capacidade de absorção de óleo pode ser ocasionada por um acréscimo da concentração de proteína resultante da umidade reduzida. Essa concentração forma agregados proteicos menores que melhoram a funcionalidade da proteína, conferindo ligação das partes proteicas da farinha às moléculas do óleo.

A capacidade emulsificante se caracteriza como emulsões em dispersões de um líquido em outro, sendo que possuem algumas variáveis importantes que determinam suas propriedades. A primeira variável é o tipo da emulsão, que determina o líquido de diluição, como água em óleo (w/o), ou óleo em água (o/w). Exemplos de emulsões o/w o leite, molhos e sopas, sendo que emulsões verdadeiramente w/o, dificilmente existem. Essa definição é dada conforme a Regra de Bancroft, que especifica que a fase contínua será aquela em que há maior solubilidade do surfactante (DAMODARAN; PARKIN, 2018).

Já a estabilidade da emulsão normalmente reflete a capacidade das proteínas de conferir força a uma emulsão para resistência ao estresse e mudanças e, portanto, está relacionada à consistência da área interfacial ao longo de um período definido (DU *et al.*, 2014; SINGH *et al.*, 2010).

A capacidade de formação de gel é muito importante na indústria alimentícia, pois se relaciona com textura e palatabilidade dos alimentos, principalmente em sobremesas e molhos. Essa capacidade está relacionada com o conteúdo proteico e sua interação com a água (FERNANDES *et al.*, 2022). A compreensão básica sobre as propriedades funcionais dos ingredientes alimentícios tende a auxiliar na melhoria dos requisitos de processamento, bem como servir para otimizar sua aplicação durante o desenvolvimento de diversos produtos alimentícios (ELTAYEB *et al.*, 2011).

As propriedades funcionais das farinhas de origem vegetal tem sido o foco de inúmeras pesquisas, pois desempenham um papel importante no comportamento físico do alimento ou nos ingredientes durante o processamento e armazenamento. Algumas indústrias estão focadas em encontrar novas matérias-primas para melhorar a aparência e qualidade de seus produtos, e por essa razão as propriedades funcionais são importantes para reduzir custos (NASCIMENTO *et al.*, 2021).

3.5 Pães sem glúten

Os produtos de panificação apresentam papel importante na nutrição humana, haja vista que são consumidos em abundância diariamente. Entre esses produtos, o pão é um dos mais consumidos, o seu uso na dieta humana é datado há milênios, encontrando-se registros na Mesopotâmia e Egito, na época de construção das pirâmides (CAROCHO *et al.*, 2020). Atualmente, seu consumo anual ultrapassa 9 bilhões de kg (CAVALEIRO; RAMOS, LOPES 2017; DUROVIĆ *et al.*, 2020). Estima-se que o consumo diário de pães e produtos de panificação represente 70% do consumo total de cereais (PENG *et al.*, 2010; PIECHOWIAK *et al.*, 2020).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, pão é o produto obtido do processo de cocção de farinha adicionada de líquido, fermentados ou não, podendo apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversas (BRASIL, 2022).

Entre os diversos tipos de pães, o pão branco é o mais popular, embora no contexto atual, esse tipo de formulação venha sendo substituída por formulações enriquecidas com fibras alimentares e componentes funcionais (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Um dos motivos para essa mudança é a tendência de mercado e escolha do consumidor por dietas sem glúten (CAROCHO *et al.*, 2020).

O glúten é formado por um conjunto de proteínas que está presente nos cereais como trigo, centeio, cevada, aveia e malte, podemos dizer que o glúten é uma mistura das proteínas compostas por prolaminas e glutelinas. As gliadinas do trigo pertencem a uma categoria de proteínas chamadas de prolaminas e as gluteninas, à das glutelinas. A aveia em quantidades moderadas é geralmente tolerada, por ser livre de glúten na sua composição genética, porém muitas vezes acaba sendo contaminada por outros cereais com glúten devido seu armazenamento e processamento. A fração proteica do glúten solúvel em álcool é chamada de prolamina e a insolúvel de glutenina (ACELBRA, 2018).

As prolaminas existentes nos cereais sofrem digestão incompleta no intestino delgado e são altamente tóxicas para os celíacos, pois contém peptídeos ativadores da

inflamação intestinal. As prolaminas são denominadas de acordo com a sua composição de aminoácidos, com elevado teor em prolina e glutamina e são designadas por α , β -, γ - e ω -prolaminas de acordo com a sua mobilidade em eletroforese e valores de pH baixo e de acordo com a sua sequência de aminoácidos. As gluteninas podem ser separadas em unidades de baixo peso molecular (LMW) e de elevado peso molecular (HMW) (FASANO *et al.*, 2008, SOUZA *et al.*, 2015). As prolaminas não são digeridas a nível intestinal, portanto, atravessam de forma intacta a mucosa sendo reconhecida pela enzima Transglutaminase Humana II ou também conhecida como Transglutaminase Tecidual, que é responsável em apresentar os peptídeos do glúten ao Antígeno Leucocitário Humano (HLA) dando início ao processo inflamatório da Doença Celíaca (LUDVIGSSON *et al.*, 2012)

Além das gluteninas e gliadinas, presentes em grandes proporções, destaca-se também a cisteína, que é extremamente importante no crescimento da massa, pois permite a formação de ligações dissulfeto intramoleculares com a fração gliadina que estabilizam a estrutura secundária da proteína, ou intermoleculares com a fração glutenina, resultando na formação de grandes polímeros que são responsáveis pela elasticidade da massa (WIESER, 2007). A gliadina e glutenina se complementam no desenvolvimento das massas, em relação às suas propriedades viscoelásticas (CHIAN; CHE; CHANG, 2005). Canella-Rawls (2021) salienta que as gliadinas possuem boa extensibilidade e baixa elasticidade, e por outro lado, a glutenina possui maior elasticidade e menor extensibilidade. Além das pontes dissulfeto e pontes de hidrogênio, as interações hidrofóbicas também contribuem para a estabilização do complexo proteico, que envolvem ligações entre aminoácidos com sítios hidrofóbicos, como a prolina, sendo responsável pela rigidez da estrutura conformacional, tornando a rede de glúten mais resistente (TORRES *et al.*, 2009; WIESER, 2007). De acordo com Mandarino (1994), o número de ligações e a resistência das interações entre as cadeias das proteínas do glúten estão diretamente ligadas à estrutura e as propriedades reológicas da massa.

Devido a essas propriedades, a retirada do glúten impede o bom desenvolvimento da massa durante a fermentação e o cozimento, o que reduz a qualidade física e a aceitação sensorial dos produtos de panificação isentos deste constituinte (AGUIAR *et al.*, 2022; MORAES; SILVA, 2023).

O desenvolvimento de produtos livres de glúten corresponde a uma parcela da indústria alimentícia que mais vem prosperando nos últimos anos, e esta tendência na sociedade em geral, vem sendo alavancada por celebridades globais e muitos depoimentos de consumidores, que mostram que mesmo não sensíveis ao glúten, acham esses produtos como melhores e mais saudáveis (MORAES; TEIXEIRA, 2021). Este novo interesse tem dado

origem a um nicho de mercado de rápido crescimento, ao responder à crescente procura de produtos alimentares tradicionalmente apreciados, mas numa versão inovadora sem trigo/glúten (SILVA; ANDRÉ; CLERICI, 2021).

No Brasil, o crescimento de produtos sem glúten pode ser observado pela variedade nos lançamentos nos últimos anos, com mais de 13 mil produtos. Só em 2020, foram lançados cerca de 4 mil produtos como pães, massas para pizza e macarrão, biscoitos e *snacks*, bebidas alcoólicas, cereais, bolos, panetones e *cookies* (MINTEL GROUP LTD, 2023).

No entanto, a indústria que produz alimentos sem glúten necessita ter linhas exclusivas para eles ou rigorosos sistemas de higienização, para evitar as contaminações cruzadas, além de um extenso processo de desenvolvimento com pesquisas para obter as características sensoriais e nutricionais desejadas (AFONSO; JORGE; MOREIRA, 2016).

Em geral, são utilizadas para a elaboração dos produtos de panificação sem glúten a farinha de arroz devido apresentar sabor suave, propriedades hipoalergênicas, níveis baixos de sódio e carboidratos de fácil digestão (CAPPELLI *et al.*, 2020; EVANGELHO *et al.*, 2012). Neste contexto os pães obtidos a partir de farinhas mistas ou integrais sem glúten, vêm conquistando cada vez mais os consumidores devidos seus inúmeros benefícios a saúde, entretanto a exclusão do glúten representa um grande desafio tecnológico, por ser uma proteína que auxilia diretamente na aparência e textura do produto, e a substituição do trigo acaba interferindo na elasticidade, resistência e retenção dos gases importantes para a fermentação, resultando em pães de baixo volume, devido às suas propriedades reológicas (RODRIGUES *et al.*, 2020), uma vez que o glúten tem um papel fundamental na qualidade do processamento e do produto acabado.

Tais problemas podem ser resolvidos usando outros tipos de farinhas combinadas, a fim de ajustar as características particulares na formulação desejada (TORBICA; BELOVIĆ; TOMIĆ, 2019). Sendo assim, vários estudos demonstraram o uso de diferentes fontes alimentícias que propiciaram superar os problemas tecnológicos em pães (AGUIAR *et al.*, 2021; WANG; WU, 2022).

Pessanha *et al.* (2021) em seus estudos utilizaram *blends* de farinhas cruas e extrusadas de milho para desenvolver pães integrais sem glúten. Foi observado que o uso da tecnologia de extrusão não reduziu o conteúdo nutricional dos pães, melhorou significativamente sua capacidade antioxidante e contribuiu para um maior volume específico nas formulações contendo 50% de farinha crua de milho e 50% de farinha de milho extrusada. Os pães com formulação 50:50 (farinha crua e extrusada) apresentaram volume específico de 0,93 (cm³/g), valor semelhante ao encontrado por Comettant-Rabanal *et al.* (2021)

em pão elaborado com farinha extrusada de arroz integral parboilizado, incorporado com 5% de milho germinado. O valor de dureza foi de 623,6 N, o que pode ser explicado pelo uso de farinhas inteiras, uma vez que o alto teor de fibras enrijece as paredes ao redor das células de gás da fermentação, tornando a massa mais firme (PATIL *et al.*, 2016).

O pão produzido com farinha extrusada apresentou os maiores valores de capacidade antioxidante do que o pão produzido exclusivamente com farinha crua (131,9 e 122,4 μmol de ácido gálico equiv./g respectivamente), indicando que os compostos fenólicos são estáveis às condições de extrusão a alta temperatura (140 °C) e cisalhamento.

Aguiar *et al.* (2021), elaboraram pão sem glúten à base de farinha integral de pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo-sarraceno). Os resultados observados quanto as propriedades físicas do pão demonstraram que o uso de pseudocereais apresentou efeito positivo no volume específico do pão. O pão de trigo-sarraceno apresentou o maior volume quando combinado com farinha de arroz (2,11 cm^3/g).

3.6 Ingredientes para pães sem glúten

a) Farinha de arroz

A farinha de arroz é um produto obtido através da moagem dos grãos integrais ou polidos, inteiros ou quebrados obtidos do processo do beneficiamento de arroz. A moagem dos grãos de arroz consiste no cisalhamento dos grãos, para reduzir a granulometria aos valores entre 140 e 200 mesh (QIN *et al.*, 2021). Essa farinha possui considerada um produto versátil, pois possui sabor suave, propriedades hipoalergênicas, níveis baixos de sódio e carboidratos de fácil digestão. Sendo uma das mais indicadas para o desenvolvimento de produtos de panificação isentos de glúten (CAPPELLI; OLIVA; CINI, 2020; SAITO *et al.*, 2022). Além disso, segundo Herculano, *et al.* (2021) esta farinha comparada com as demais, possui menor preço no mercado.

Estudos realizados por Qadir e Wani (2023) observaram que as farinhas de arroz integral apresentaram maior teor de fibra alimentar total, capacidade de absorção de óleo, capacidade de formar emulsão, estabilidade da emulsão, teor de amido resistente e maior atividade antioxidante. Além de menor índice glicêmico em comparação com as farinhas de arroz polido. Desta forma, a utilização da farinha de arroz integral pode incrementar o valor nutricional dos produtos de panificação sem glúten.

Saito *et al.* (2022) investigaram o efeito da adição de água em alta temperatura nas características da farinha de arroz e na qualidade do pão. Observaram que, independentemente

das características do arroz, tais como: teores de amilose (12,1% a 24,5%), amido danificados (2,4% a 5,5%), granulometria média (16,3 a 63,3 μm), proteínas (5,4% a 6,1%) e umidade (12,0% a 15,0%), os pães elaborados com adição de água quente, em torno de 70 °C apresentaram características tecnológicas adequadas, como maior maciez do miolo dos pães, em comparação as formulações elaboradas com adição de água fria (5°C).

b) Amido

O amido é considerado o principal carboidrato de reserva de energia das plantas, sendo que as suas propriedades estruturais e tecnológicas podem ser influenciadas pela origem botânica da fonte de extração. Assim, características como a morfologia do grânulo, o teor de amilose e a presença de outros componentes como proteínas e lipídios podem influenciar no comportamento e na formação de gel do amido. Os amidos possuem inúmeras aplicações industriais, seja na indústria de alimentos ou em outras áreas como farmacêutica, química e têxtil, sendo mais comumente extraídos de tubérculos como batata e mandioca, ou de cereais como arroz, milho e trigo (ZHU, 2018). Sendo usado como ingrediente gelificante, espessante, aderente, retentor de umidade, estabilizante, formador de filme, texturizante e antienvelhecimento na ausência de glúten. Nos produtos sem glúten, o amido é incorporado à formulação do alimento para melhorar as características de panificação, como volume específico, cor, estrutura e textura do miolo (HORSTMANN; LYNCH; ARENDT, 2017).

c) Fécula de mandioca

A fécula de mandioca é frequentemente utilizada nos biscoitos e pães, sempre em combinação com farinhas e amidos. A adição da fécula de mandioca às preparações em substituição ao trigo apresenta boa aceitação, contribui para a crocância e a coloração clara nos produtos elaborados (NOGUEIRA *et al.*, 2020).

d) Água

Para a elaboração de pães é ideal que a água seja potável, de preferência sem cloro, pois pode deixar sabor residual e interferir na atividade dos microrganismos, depois da farinha podemos considerá-la um dos principais ingredientes, sendo essencial para o desenvolvimento das leveduras, gelatinização dos amidos durante a cocção, controle da temperatura e consistência da massa (VIANNA, 2018).

e) Goma xantana

A goma xantana é um biopolímero natural produzido por bactérias fitopatogênicas, sendo a mais utilizada a *Xanthomonas campestris*. Sua estrutura helicoidal simples, dupla ou tripla interage com outras moléculas de polímero para formar redes complexas. Este biopolímero é amplamente utilizado como estabilizador de emulsões e suspensões devido às suas propriedades técnicas, como alta viscosidade, mesmo em baixas concentrações. Além disso, a goma xantana atua como espessante, estabilizante, gelificante, agente de suspensão e floculante (SOUSA *et al.*, 2020). Segundo Araújo *et al.* (2014) a goma xantana é responsável pela maciez e elasticidade em pães aumentando a estabilidade e diminuindo a sinérese, conferindo maior estabilidade durante a fermentação, atuando como aditivo na substituição do glúten.

f) Açúcar

O açúcar auxilia na qualidade da massa, no sabor, na coloração da crosta do pão, além de servir de nutriente para as leveduras fermentadoras do pão. É responsável pelo aumento da velocidade das fermentações, confere maciez, proporciona coloração agradável da crosta, retém umidade no miolo e melhora o sabor, todavia quando utilizado em excesso, o resultado é um pão esfarelado. Pode ser usado em concentrações que variem entre 2 a 10% (CANELLA-RAWS, 2021).

g) Gordura

Na elaboração de pães a gordura é usada geralmente em uma proporção de 1 a 6% em relação à farinha, a gordura atuará como um lubrificante molecular, ajudando a massa a ter mais extensibilidade acarretando um salto maior de forno, maior maciez, alvéolos maiores e maior tempo de prateleira (RIBOTTA; TADINI, 2009).

h) Sal

O sal é indispensável em qualquer formulação de pão, pois ele exerce algumas funções como controle da fermentação, fortifica o glúten da farinha, tem ação bactericida, atua como realçador de sabor e clareador do miolo do pão (HEIDMANN; PATEL, 2016). Geralmente, a quantidade correta de sal na fabricação de pães está na margem de 1% a 2% do peso da farinha (CANELLA-RAWLS, 2021). O autor reporta que, por retardar a ação dos microrganismos, o sal favorece para que os açúcares provenientes da hidrólise enzimática do

amido não sejam rapidamente consumidos durante a fermentação e o açúcar remanescente será importante na etapa de forneamento da massa, pois ele participa das reações de caramelização resultantes do aquecimento do açúcar á cima do ponto de derretimento, e da reação de Maillard, por meio da qual o grupo carbonila do açúcar redutor reage com o grupo amínico das proteínas gerando compostos que interferem nas características físicas do pão, conferindo a coloração marrom, brilho e dureza da casca e, em especial contribui também para acentuar o aroma característico do pão.

i) Fermento biológico (levedura)

O papel principal do fermento é promover a conversão de açúcares fermentáveis presentes na massa em CO₂ e etanol. Além de produzir CO₂, que é o gás responsável pelo crescimento do pão, há obtenção de compostos aromáticos característicos de produto de panificação fermentado. Em panificação é amplamente utilizada a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. (BRANDÃO; LIRA, 2016).

j) Mucilagem de chia

A mucilagem de chia é um hidrocolóide e tem sido considerada como um novo ingrediente capaz de atuar como aditivo em produtos alimentícios (RAMOS *et al.*, 2017). Também atua como fibra solúvel, tem excelentes propriedades de retenção de água, proporcionando hidratação, desenvolvimento de viscosidade e conservação de frescor, podendo ser utilizada em substituição a gorduras animais (FERNANDES; MELLADO, 2017).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Tipo de pesquisa e local de execução

Estudo prospectivo, de cunho exploratório descritivo e experimental, qualitativo e quantitativo (MARCONI, LAKATOS, 2019). Os experimentos foram desenvolvidos nos laboratórios de Cereais, Raízes e Tubérculos (LABCERT), do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará (UFC) e as análises foram finalizadas nos laboratórios de Bromatologia, de Alimentos e de Microbiologia do Instituto Federal do Piauí (IFPI) e Laboratório de Bromatologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Meio-Norte.

4.2 Aquisição das matérias-primas

Os Grãos de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) cultivar ADR 300 colhidos em 2020 foram doados por produtores da Cidade de Balsas – Maranhão. Após a colheita, os grãos foram armazenados em sacos de juta e então transportados para o laboratório, realizou-se inspeção visual quanto as hastes, objetos estranhos, pedras e grãos defeituosos. Os grãos foram limpos manualmente, armazenados em recipientes herméticos de polietileno em ambiente fresco e ventilado até o processamento.

As castanha-do-Brasil e os demais ingredientes como: açúcar, fermento biológico, farinha de arroz, fécula de mandioca, amido de milho, goma xantana, sal, óleo e chia, foram adquiridos no comércio local de Fortaleza - CE e levados em suas embalagens originais ao Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos (LABCERT), onde foram mantidos sob refrigeração até o momento do desenvolvimento dos pães.

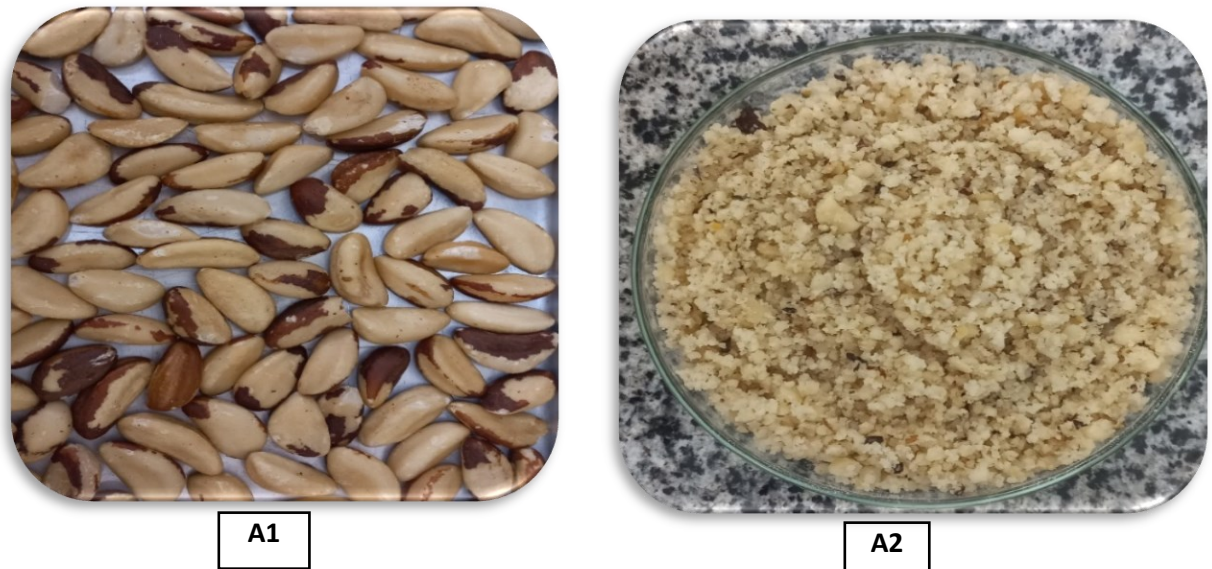
4.3 Produção das farinhas de castanha-do-Brasil e de milheto

4.3.1 Produção da farinha de castanha-do-Brasil (FCB)

As amêndoas de castanhas-do-Brasil *in natura* foram embaladas em sachês (*standup*) aluminizados e congeladas a menos 5 °C em freezer vertical. A cada programação de sequência de análises, as amêndoas foram descongeladas, pesadas, quebradas em pedaços (para aumentar a superfície de exposição ao calor), distribuídas em bandejas e espalhadas em camadas, de modo que as amêndoas não ficassem sobrepostas umas nas outras, em seguida foram secas a 55 °C/48 horas, (em estufa de secagem e esterilização, marca SOLAB modelo 315 SE). Após esse procedimento, as castanhas foram resfriadas sob temperatura ambiente de

28±2 °C por 4 horas para o melhor processamento da farinha, visto que em temperatura mais elevada (pós-secagem), a castanha-do-Brasil apresenta maior facilidade em liberar óleo. Em seguida, as castanhas foram trituradas em mixer Britânia® 200 W na velocidade máxima por 5 minutos até a obtenção da farinha. Posteriormente, a farinha foi pesada e armazenada em saco de polipropileno estéril e armazenado até o momento das análises e elaboração dos pães. A figura 3 apresenta as castanhas inteiras (A1) e a farinha obtida da castanha-do-Brasil (A2).

Figura 3 - Castanhas inteiras (A1) e a farinha obtida da castanha-do-Brasil (A2)



Fonte: Autoria Própria, 2023.

4.3.2 Produção da farinha de milho (FM)

Os grãos foram moídos em um moinho de martelos LM3100 (Perten Instruments, Huddinge, Suécia) equipado com uma malha de 0,8 mm. A farinha resultante foi acondicionada em embalagens de polietileno até posterior análise. A figura 4 apresenta os grãos e a farinha de milho obtida.

Figura 4 - Grãos de milheto (à esquerda) e farinha integral de milheto (à direita)



Fonte: Adaptada de Herculano, 2022.

4.3.3 Produção do mix de farinhas

O mix de farinha de arroz, fécula de mandioca e amido de milho foi escolhido baseado nas indicações de Rai, Kaur, Chopra (2018). Para compor o mix de farinha foram utilizados 100% de farinha de arroz, 31 % de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

4.4 Desenvolvimento de pães sem glúten

Para o processamento dos pães sem glúten foram desenvolvidas 4 formulações distintas seguindo as proporções apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Formulações de pão padrão e com substituição parcial da farinha de arroz por farinha de milho e de castanha-do-Brasil.

Ingredientes %	FORMULAÇÕES			
	PC	PM	PCB	PM+PCB
Farinha de arroz	100	100	100	100
Fécula de mandioca	31	31	31	31
Amido de milho	34	34	34	34
Farinha de milho	-	25	-	12,5
Farinha de castanha-do-Brasil	-	-	25	12,5
Mucilagem de chia	40	40	40	40
Goma xantana	2,2	2,2	2,2	2,2
Água	136	136	136	136
Açúcar	19	19	19	19
Óleo de girassol	19	19	19	19
Fermento biológico	5,5	5,5	5,5	5,5
Sal	3	3	3	3

Fonte: Autoria própria, 2023,

Adaptado com modificações de Leiliane Herculano, 2022.

Nota:*Baseado no peso total da farinha de arroz (FA) : PC (pão controle sem adição de farinha de milho (FM) e castanha-do-Brasil (FCB), PM (Pão adicionado de 25% de farinha integral de milho), PCB (pão adicionado de 25% castanha-do-Brasil), PM+PCB (Pão adicionado de 12,5 % farinha de milho e 12,5% castanha-do-Brasil).

A formulação do pão sem glúten foi desenvolvida a partir de testes anteriores, foi levado em consideração a viabilidade financeira quanto a aquisição dos ingredientes, bem como características do produto obtido e apresentação de um produto que apresente o mínimo de ingredientes considerados alergênicos. O mix de farinha de arroz, fécula de mandioca e amido de milho foi escolhido baseado nas indicações de Rai, Kaur, Chopra (2018), para comporem a mistura juntamente com a farinha integral de milho e castanha-do-Brasil.

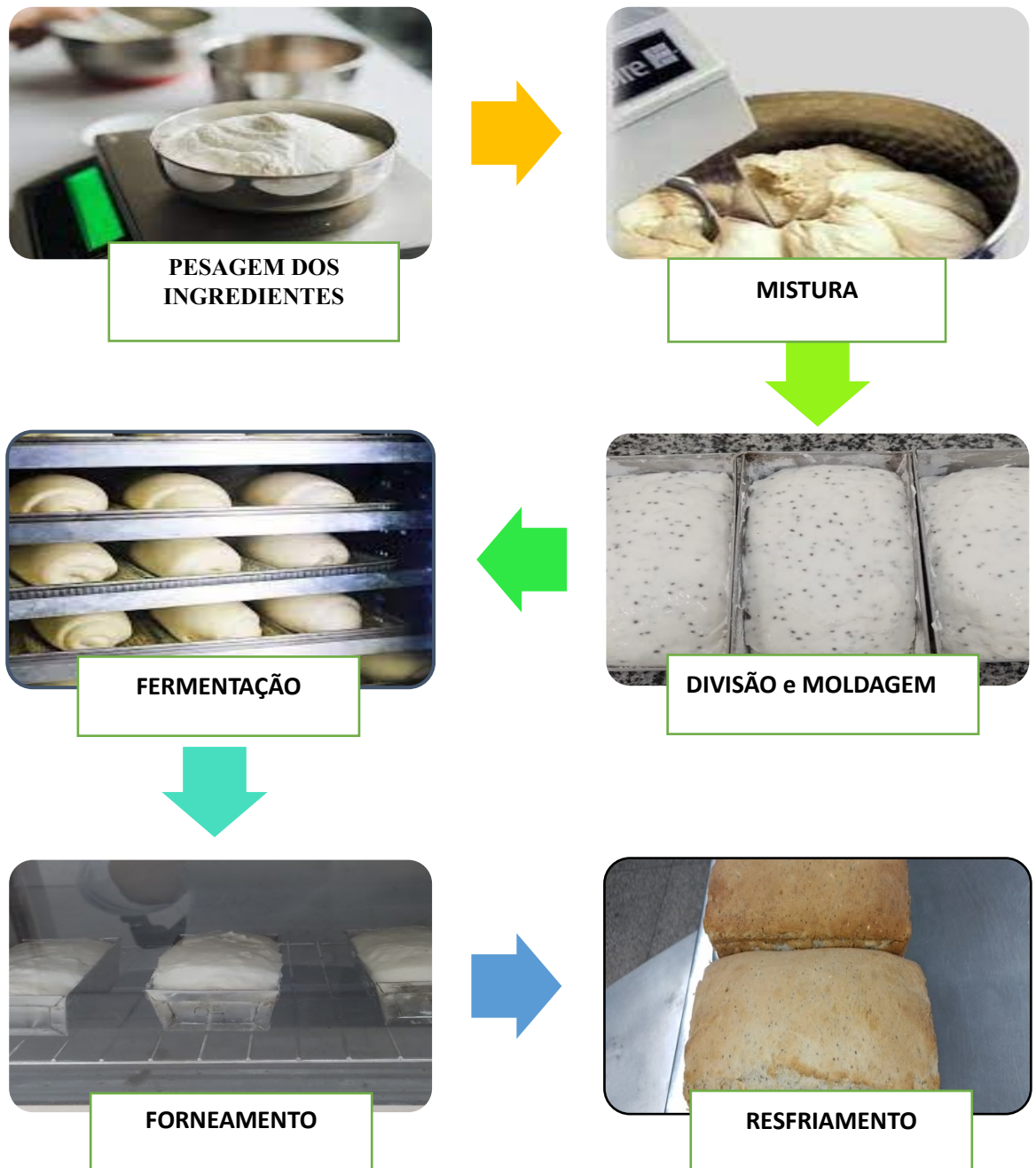
Foi desenvolvida uma formulação controle (PC) (sem as farinhas de milho e castanha-do-Brasil), uma formulação com 25% de farinha integral de milho (PM), uma com

25% de farinha de castanha-do-Brasil (PCB) e uma com 12,5% de farinha integral de milho e 12,5% de farinha de castanha-do-Brasil (PM+PCB). Um estudo de Moss e McSweeney (2021) examinou a aceitabilidade sensorial e do consumidor de pão sem glúten preparado com semente de chia, quinoa e painço, em comparação com aqueles preparados com farinha de arroz integral. Seu estudo indicou que o uso de milho em proporções menores (25% da formulação) levou a um gosto do consumidor comparável ao pão de farinha de arroz integral.

A preparação da massa foi realizada com uma batedeira planetária (Britânia BBP515 Turbo) equipada com batedor mais plano até completa homogeneização. A mucilagem de chia foi previamente preparada utilizando uma proporção de 1:10 (p/v) à temperatura de 35 °C, mantido sob agitação por 5 min. O fermento biológico seco foi previamente ativado com água à 35 °C/5 min. Todos os ingredientes secos foram homogeneizados por 2 min, antes da adição dos ingredientes líquidos.

As massas foram divididas em porções de 150 g e moldadas manualmente em formas metálicas retangulares para pão de forma sem tampa com dimensões de fundo de 13 cm x 5,5 cm e da parte superior de 14,5 cm x 7 cm x 4,5 cm, previamente untadas com óleo de girassol e colocadas em câmara de fermentação a 35 °C por 45 min. Os pães foram assados em forno elétrico Philco 38L a 200 °C por 30 min, depois deixados resfriar em temperatura ambiente por 1 hora. Após resfriamento, foram armazenados em embalagens de polietileno até posterior análise. A descrição do fluxograma de processo encontra-se na figura 5.

Figura 5 - Fluxograma do processamento dos pães sem glúten



Fonte: Autoria própria e Google, 2023.

4.5 Análises realizadas matérias-primas e nos pães formulados

4.5.1 Rendimento das farinhas

O rendimento das farinhas obtidas foi determinado de acordo com a equação descrita por Santos *et. al.* (2010):

$$\text{Equação: } R (\%) = PC \times 100$$

Onde:

R = rendimento (%)

F = Quantidade de farinha obtida

P= Quantidade de sementes/amêndoas usadas

4.5.2 Caracterização físico-química e composição centesimal das farinhas e dos pães sem glúten

Para a caracterização das farinhas e dos produtos obtidos foram realizadas análises em triplicata, segundo a metodologia proposta pelo Adolfo Lutz (2008) e *Association of Official Analytical Chemists - AOAC* (2010). Foram avaliadas as variáveis umidade, determinada pelo método direto (secagem em estufa a 105 °C); cinzas, por incineração a 550°C; lipídios, pelo método de Soxhlet, usando éter etílico por 24 horas; proteínas, pelo método de Kjeldahl; carboidratos, por diferença; fibra bruta, pH e acidez. A atividade de água foi determinada mediante leitura da amostra em analisador de atividade de água (Nov-Labswift), marca Novasina conforme a recomendação do fabricante. O teor de carboidratos foi calculado por diferença para se obter 100% da composição total. O valor calórico da porção de 100 gramas das amostras foi calculado conforme a tabela de composição de alimentos (BRASIL, 2011). Utilizando fatores de conversão de Atwater: 4 kcal/g (carboidratos), 9 kcal/g (lipídeos) e 4 kcal/g (proteínas).

4.5.3 Perfil Mineral

Foram pesadas 200 mg (0,2 g) da amostra em tubo de digestão e adicionados 5 mL da solução digestora (solução nitro-perclórica, 2:1). Os tubos foram colocados em bloco digestor por cerca de duas horas até atingir 200 °C. Após a digestão, os extratos apresentaram-se transparentes, límpidos e com um volume aproximado de 2 mL

Fósforo (P) – foi realizada por Colorimetria, segundo método descrito por Silva e Queiroz (1981).

Potássio (K)– Após a etapa da digestão, o extrato foi avolumado com água destilada até 20 mL. Ocorreu a homogeneizado retirou-se uma alíquota de 2 mL de extrato e transferida para um tubo de ensaio com 2 mL de água destilada, a leitura foi realizada diretamente em espectrofotômetro de chama, marca Micronal, modelo 906 AA.

Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) – Após a etapa da digestão, o extrato foi avolumado com água destilada até 20 mL e homogeneizado. A alíquota de 800 µL do extrato foi transferida

para um tubo de ensaio, onde foram adicionados 7 mL de lantânio e 6,2 mL de água destilada, depois foi homogeneizado e a leitura foi prosseguida no espectro de absorbância atômica, marca GBC, modelo B462, selecionando previamente o elemento a ser analisado no *software* do equipamento.

Ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn)– Após a etapa da digestão, o extrato foi avolumado com água destilada até 20 mL. Em seguida foi homogeneizado e a leitura foi feita no espectrofotômetro de absorção atômica, marca GBC, modelo B462, selecionando previamente o comprimento de onda específico de cada elemento a ser analisado no *software* do equipamento.

4.5.4 Determinação de compostos bioativos nas farinhas

4.5.4.1 Preparo do extrato

A obtenção dos extratos hidroalcoólicos das farinhas de castanha-do-Brasil e milho foram realizados pelo método de extração sequencial, a partir de 10 g de amostra para 100 mL do solvente na proporção de 1:10 (amostra: solvente).

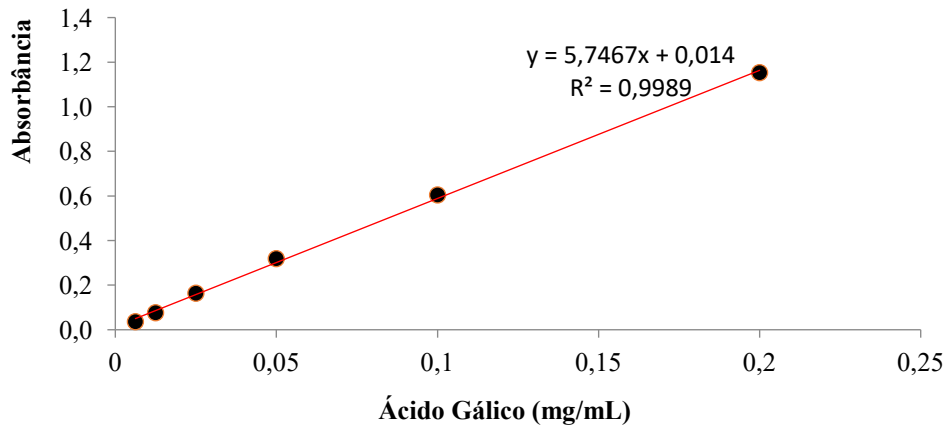
As amostras foram submetidas a agitação contínua em mesa agitadora orbital de bancada a uma velocidade de 9 rpm, durante 30 minutos, sendo, em seguida, submetidas a agitação em aparelho de ultrassom, a uma frequência de 37 kHz, durante 30 minutos, e depois submetidas à filtração com uso de papel filtro Whatman n.º 4 com auxílio de uma bomba a vácuo. Os extratos obtidos foram armazenados em frasco de vidro âmbar e estocados sob refrigeração para posterior análise de fenólicos e antioxidante.

4.5.4.2 Fenólicos totais (Polifenóis)

A determinação do teor de fenólicos totais seguiu a metodologia descrita por Swain e Hills (1959). Inicialmente, as amostras foram solubilizadas em água destilada. Das soluções preparadas foram retiradas uma alíquota de 0,5 mL e transferidos para tubos de ensaio, adicionado 8 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente *Folin Ciocalteau* 20% (v: v). Em seguida, a solução foi homogeneizada em agitador tipo vórtex, e após 3 min, foi acrescido 1 mL de solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3) a 20% (m: v). Após 1h em banho-maria à 37 °C, foram realizadas as leituras das densidades óticas dessa solução em espectrofotômetro a 720 nm. Utilizou-se como padrão de referência o ácido gálico (Sigma®), para construção da curva de calibração. A partir da equação da reta obtida na curva de calibração, foi realizado o

cálculo do teor de fenólicos totais, expresso em mg EAG (equivalente ao ácido gálico) / 100 g de amostra (mg EAG/100 g). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Figura 6 - Curva de calibração do padrão de referência ácido gálico



Fonte: Autoria própria, 2023.

4.5.4.3 Determinação da capacidade antioxidante pelos métodos DPPH (2-difenil-1-picrilhidrazil) e ABTS+

Para determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH, foi utilizado 1,5 mL da solução hidroalcoólica do radical DPPH• (6×10^{-5} M) e uma alíquota de 0,5 mL das amostras contendo diferentes concentrações de cada extrato. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 517 nm, após 30 min do início da reação. As determinações foram feitas em triplicata acompanhada de um controle negativo (sem antioxidante) e dois controles positivos (padrões: ácido ascórbico e Trolox®, natural e sintético respectivamente). A queda na leitura da densidade ótica das amostras foi correlacionada com o controle (somente o radical), estabelecendo-se a porcentagem de descoloração do radical DPPH • conforme fórmula a seguir (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995; VIEIRA *et al.*, 2011).

$$\% \text{ de inibição do radical DPPH } \bullet = \frac{[(\text{Abs controle} - \text{Abs amostra}) / \text{Abs controle}] \times 100}{x 100}$$

Abs - absorbância

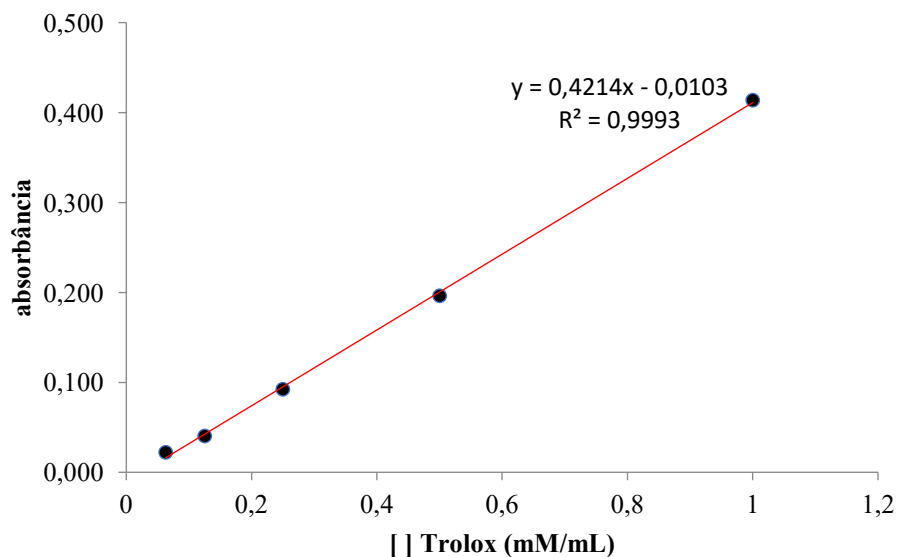
Além do percentual de proteção também foi calculada, a concentração eficaz para inibir 50% do radical DPPH • (CE 50).

Para determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS+, o radical ABTS•+ foi gerado a partir da reação de 7 mM de ABTS com 2,45 mM de persulfato de potássio, sendo reservados à temperatura ambiente e na ausência de luz, por 12-16 h.

Transcorrido esse período, a solução foi diluída em etanol P.A até obter-se uma solução com absorvância de 0,70 ($\pm 0,01$).

Foi adicionado 40 μL das amostras diluídas (em etanol) à 1960 μL da solução contendo o radical, determinando-se a absorvância em espectrofotômetro a 734 nm, após 30 minutos de reação (RE *et al.*, 1999). Como solução padrão, foi utilizado o antioxidante sintético Trolox® (análogo da vitamina E), para construção de uma curva de calibração. Todas as leituras foram realizadas em triplicata, e os resultados expressos em TEAC – Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox® (mg de Trolox® por 100 g).

Figura 7 - Curva de calibração-resposta de inibição do radical ABTS•+ frente ao padrão Trolox®



Fonte: Autoria própria, 2023.

4.5.5 Propriedades funcionais tecnológicas

4.5.5.1 Capacidade de Absorção de Água – CAA e Capacidade de Absorção de Óleo – CAO

A absorção de água foi medida pelo método de centrifugação relatado por Kaur e Singh (2005) e por Du *et al.* (2014). A farinha de milho, castanha-do-Brasil e Mix de farinhas (3,0 g) foi dissolvida em 25 mL de água destilada e colocada em tubos de centrífuga pré-pesados de 50 mL. As misturas foram agitadas em intervalos de 5 min e mantidas por 30 min, seguidas de centrifugação por 30 min à 3000 rpm. O sobrenadante foi decantado, o excesso de umidade foi removido por drenagem por 25 minutos à 50 °C e a amostra foi novamente pesada.

Para absorção de óleo, o método de Kaur e Singh (2005) e modificações de Du *et al.* (2014) foi pesado 2,0 gramas das farinhas, em seguida foram misturadas com 30 mL de óleo

de soja em tubos de centrífuga pré-pesados e agitados por 1 min. Após um período de espera de 30 min, os tubos foram centrifugados à 3000 rpm por 30 min. O óleo foi então removido com uma pipeta quando formou uma camada separada; os tubos foram invertidos por 25 min para drenar o óleo antes da repesagem.

Foram realizadas determinações em triplicata e as capacidades de absorção de água e óleo foram expressas em gramas de água ou óleo ligado por grama de amostra em base seca. A CAA e a CAO foram calculados usando as equações a seguir.

$$CAA = \frac{\text{Pesodo sedimento}(g)}{\text{Pesoda amostra}(g)}$$

$$CAO = \frac{\text{Pesodo óleo absorvido}(g)}{\text{Pesoda amostra}(g)}$$

4.5.5.2 Atividade Emulsificante (AE) e Estabilidade da Emulsão (EE)

A atividade emulsificante das amostras foi determinada pelo método de Yasumatsu *et al.* (1972) e modificado por de Kaur *et al.* (2015). A emulsão (1 g de amostra, 10 mL de água destilada, 10 mL de óleo de soja) foi preparada em um tubo de centrífuga graduado. A emulsão foi centrifugada à 2000 rpm por 5 min. A atividade emulsificante foi calculado conforme a equação abaixo:

$$\%AE = \frac{\text{Volumeda emulsão}}{\text{Volumetotal}} \times 100$$

A estabilidade da emulsão (EE) foi avaliada com um método semelhante ao método da atividade emulsificante (ALPIZAR-REYES *et al.*, 2017). Após a homogeneização das emulsões, elas foram aquecidas em banho-maria à 80 °C por 30 min, e posteriormente resfriadas até a temperatura ambiente (25 ± 2 °C), e centrifugadas por 10 min. A camada emulsionada foi medida e a EE calculada usando equação a seguir.

$$\%EE = \frac{\text{Volumefinalda emulsão}}{\text{Volumeinicialda emulsão}} \times 100$$

4.5.5.3 Capacidade de Formação de Espuma e estabilidade da espuma

A capacidade de formação de Espuma (CFE) foi determinada pelo método de Kaur e Singh (2005) com modificações por Bala *et al.* (2020). Em um béquer de 250 ml foi retirado 1 g de amostra de farinha e a ela foi adicionado 50 mL de água destilada. O conteúdo foi agitado

por 1 min usando mixer doméstico. Imediatamente o conteúdo foi transferido para uma proveta graduada de 100 mL. O volume final da espuma (mL) foi anotado e a capacidade espumante da farinha foi calculada segundo a equação abaixo:

$$\% \text{ CFE} = \frac{\text{Volume final} - \text{Volume inicial}}{\text{Volume inicial}} \times 100$$

A estabilidade da espuma foi determinada medindo-se a diminuição do volume de espuma (mL), após cada 10 min por 1 h. Foi calculada conforme a fórmula abaixo:

$$\% \text{ EFE} = \frac{\text{Volume de espuma após 1 hora}}{\text{Volume inicial da espuma}} \times 100$$

4.5.5.4 Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada segundo o descrito por Du *et al.* (2014) e Kaur *et al.* (2015). As amostras de farinha foram suavemente colocadas em proveta graduada de 50 mL, previamente tarada. O fundo da proveta foi suavemente batido em uma bancada de laboratório, várias vezes até que não houvesse mais redução do nível da amostra após o enchimento até a marca de 10 mL. A densidade aparente foi calculada como o peso da amostra por unidade de volume da amostra (g/mL). As medições foram feitas em triplicata.

4.5.5.5 Capacidade de Formação de Gel - CFG

A CFG foi determinada pelo método descrito por Coffmann e Garcia (1977) com modificações de Kaur *et al.* (2015). As dispersões de farinha de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 30 g/100 mL (p/v), respectivamente, foram preparadas em 5 mL de água destilada em tubos de ensaio, aquecidos a 90 °C por 1 h em banho-maria. As dispersões aquecidas foram resfriadas à temperatura ambiente e então refrigeradas a 10 °C por 2 h. Em seguida os tubos foram invertidos e analisados quanto à formação de gel (Ausência de gelificação –; gel frágil ±; gel resistente +). A concentração mínima de gelificação é a concentração acima da qual a amostra não caiu ou escorregou quando o tubo de ensaio foi invertido (KAUR; SINGH, 2005).

4.5.5.6 Determinação de cor

Foi determinada utilizando o Colorímetro Konica Minolta® CR-400 (Osaka, Japão), com uma área de medição de 8 mm e geometrias d/0°, ângulo de visão de 10.º e

iluminante padrão D65, segundo o método n.º 14-22 (AACC, 2010) e os resultados expressos no sistema CIE (L^* , a^* , b^*) (*Commission Internationale de l'Eclairage*) utilizando os seguintes parâmetros: L^* , a^* , b^* (L^* = luminosidade; a^* positivo = tonalidade vermelha e a^* negativo = tonalidade verde; b^* positivo = tonalidade amarela; b^* negativo = tonalidade azul).

4.5.5.7 Determinação granulométrica da farinha integral de milho

A análise granulométrica foi realizada através do peneiramento de 100 g de farinha integral de milho, onde foram necessárias as pesagens das peneiras com as frações por meio de medidas diretas, para isso foram utilizadas peneiras previamente pesadas de aço inox com as seguintes aberturas 30, 40, 60, 80 e 100 mesh, com aberturas de malhas de 600 mm, 425 mm, 250 mm, 180 mm e 150 mm montadas em um agitador GRANOSICHTER MOD CGL 6/20 por 10 min, segundo metodologia descrita pelo método n.º 66-20 (AACC, 2010).

4.5.6 Volume específico dos pães

O volume específico foi determinado pelo método 10-11 da AACC (2010). Após a pesagem dos pães assados, o volume foi determinado usando o método de deslocamento de sementes de milho. Em recipiente plástico e transparente, parte das sementes foi substituída pela amostra e o volume completado até a borda, sendo nivelado com auxílio de régua plástica. As sementes remanescentes, correspondente ao volume deslocado pela amostra, foram colocadas em proveta graduada, expressando o resultado em mL. O volume específico dos pães (cm^3/g) foram calculados como o volume deslocado dividido pelo peso do pão assado.

4.5.7 Tratamento estatístico

Os tratamentos experimentais para as análises físico-químicas, centesimal, perfil mineral, compostos bioativos e propriedades funcionais tecnológicas das farinhas e dos pães foram tabulados e analisados através das análises de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias Tukey ao nível de 5%. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico MiniTab versão 19.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da matéria-prima

5.1.1 Rendimento das farinhas de castanha-do-Brasil e de milho

No que se refere ao rendimento, a farinha da castanha-do-Brasil obteve um rendimento total de 98,5% e a de milho de 96,8%. Este rendimento foi superior ao de outras farinhas, tais como a farinha de banana verde obtida da polpa (29,81%), a farinha de amêndoa de manga (24%), a farinha de casca de abacaxi (19,07%) e a farinha parcialmente desengordurada da Castanha-do-Brasil (14%) (COHEN; CHISTE; MATHIAS, 2006; LEONEL; LEONEL; SAMPAIO, 2014; RAMOS *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2010)

O desempenho inferior das farinhas de banana verde, casca de abacaxi e amêndoa de manga em comparação com as farinhas de milho e castanha-do-Brasil estudadas nesta pesquisa pode ser justificado pelo fato de serem pertencentes ao grupo das frutas. As frutas apresentam um alto teor de umidade (CANO-CHAUCA *et al.*, 2004), logo no processo de secagem há a perda mais elevada de umidade, consequentemente reduzindo o volume.

5.1.2 Composição centesimal das farinhas de castanha-do-brasil, de milho e da Mix de farinhas

Os resultados de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, fibras, carboidratos, valores calóricos das farinhas de castanha-do-Brasil e do mix de farinhas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análises centesimais das farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas.

Amostras	Média ± Desvio Padrão*		
	Farinha de castanha-do-Brasil	Farinha de Milho	Mix de farinhas
Umidade (%)	2,77 ± 0,21 ^c	9,73 ± 1,12 ^a	9,16 ± 0,04 ^b
Proteínas (%)	17,88 ± 1,10 ^b	10,52 ± 0,49 ^c	8,01 ± 0,55 ^a
Lipídeos (%)	68,94 ± 0,88 ^a	6,94 ± 0,36 ^b	0,66 ± 0,09 ^c
Cinzas (%)	3,64 ± 0,08 ^a	1,84 ± 0,56 ^b	0,53 ± 0,03 ^c
Fibras (%)	0,54 ± 0,39 ^a	0,78 ± 0,07 ^a	0,96 ± 0,30 ^a
Carboidratos (%)	6,55 ± 1,45 ^c	70,18 ± 2,05 ^a	44,11 ± 0,62 ^b
Calorias (Kcal/100g)	715,32 ± 6,04 ^a	385,28 ± 6,29 ^b	368,56 ± 1,42 ^c

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações. Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey (p>0,05).

Nota : mix de farinhas composto por 100% de farinha de arroz, 31% de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

A umidade é um importante parâmetro de qualidade dos alimentos e está diretamente relacionada à atividade de água, quanto maior a atividade de água, mais fácil é o crescimento de fungos e bactérias (ANVISA, 2018; GASPAR *et al.*, 2020).

O teor de umidade do milho foi de 9,73% e do mix de farinhas de 9,19% semelhantes ao obtido por Ramashia *et al.* (2021) em milho pérola cru (9,17%). A farinha de castanha-do-Brasil apresentou umidade de 2,77% inferior aos apresentados por Araújo *et al.* (2020) nas farinhas de castanha-do-Gurgueia (4,80%) e das amêndoas de chichá (5,40%). Estatisticamente, o teor de umidade entre as amostras foi diferente ($p > 0,05$), sendo o menor valor observado para a farinha de castanha-do-Brasil e o maior valor, para a farinha de milho.

A umidade obtida para as farinhas e o para o mix de farinhas estudadas neste trabalho atendem aos padrões exigidos pela RDC n.º 711, de 01 de julho de 2022, que especifica um teor de umidade máximo de 25% para farinha, amido e farelo. Manter os valores de umidade abaixo de 25% é importante, pois reduz o risco de crescimento microbiano durante o armazenamento (ALCÁZAR-ALAY; BUSTILLOS-RODRÍGUEZ *et al.*, 2019; BRASIL, 2022; MEIRELES, 2015). Segundo Silva *et al.* (2021a), a baixa umidade e baixo pH, diminuem o risco de reações enzimáticas, não enzimáticas e contaminação microbiológica, o que pode favorecer o *shelf life* das farinhas.

As proteínas são o segundo componente mais encontrados na farinha de milho. De acordo com a legislação, o teor de proteínas para a farinha de trigo é de no mínimo 7,5 g/100g⁻¹ (BRASIL, 2005a), Dias-Martins *et al.* (2018) determinaram 11,8% na farinha de milho, Serna-Saldivar e Espinosa-Ramírez (2019) encontraram 13,4% de proteína para o amido de milho e Ramashia *et al.* (2021) relataram um teor de 11,23% na farinha de milho pérola cru, sendo valores próximos ao encontrado na presente pesquisa para farinha de milho (10,52%) e também semelhantes ao sorgo (10,7%) e superior ao milho (9,2%) e ao arroz (8,6%). No que se refere ao teor proteico da farinha de castanha-do-Brasil o valor encontrado foi de 17,88%, teor superior ao encontrado por Araújo *et al.* (2020) em relação à amêndoa de chichá de granulação maior (8,97%), granulação menor (7,74%) e castanha-do-Gurgueia (6,21%). Já para o mix de farinhas o valor de proteínas foi de 8,01%, valor inferior aos da farinha de milho e também aos da castanha-do-Brasil.

O teor de lipídeos encontrado na farinha de milho foi considerado alto, 6,94%, quando comparado a Mix de farinhas, 0,66%, e semelhante aos valores observados por Dias-Martins *et al.* (2018), (6,4%), superior ao do sorgo (3,4%) e milho (3,3%), e inferior ao teor de lipídeos na aveia (7,6%). O teor de lipídeos da castanha-do-Brasil foi elevado, 68,94%. Teores de lipídeos entre 59,42 e 65,66 g 100 g⁻¹ foram obtidos, de acordo com Santos *et al.* (2011),

quando descrevem que a castanha-do-Brasil apresenta quantidade significativa de lipídeos entre 60 e 70 g 100 g⁻¹. Esse valor elevado pode promover um efeito negativo em relação à estabilidade dos produtos gerados, por conta da susceptibilidade à oxidação lipídica, como, por exemplo, nas farinhas, mas, em simultâneo, a presença de ácidos graxos insaturados é benéfica quanto ao aspecto nutricional (TIWARI *et al.*, 2014).

As cinzas referem-se ao conteúdo de minerais e a maior concentração está disponível na parte externa dos grãos e fração do pericarpo (KALSCHNE *et al.*, 2020). Uma maior quantidade de matéria inorgânica pode ser disponível nas farinhas integrais por serem elaboradas com seus tegumentos (ZAPATA-LUNA *et al.*, 2020).

Os resultados encontrados para o teor de cinzas da farinha integral de milho foi de 1,84% semelhante ao teor de cinzas da farinha de milho encontrado por Dias-Martins *et al.* (2018) (1,8%), sendo superior aos valores do mix de farinhas (0,53%) e aos valores encontrados por Tiwari *et al.* (2014), para a farinha de milho (1,5%), do milho (1,3%), do arroz (0,9%) e inferior à aveia (2,5%) e à cevada (2,2%), essas propriedades variam conforme a espécie do grão. A farinha de castanha-do-Brasil apresentou teor de cinzas superior à farinha de milho e aos exemplificados anteriormente, resultando em 3,64%, também superior a Araújo *et al.* (2020) que obteve médias de 2,21% para castanha-do-Gurgueia e 2,54% para amêndoa de chichá.

Os conteúdos de fibras foram estatisticamente iguais para todas as amostras com médias entre 0,54 e 0,96%, e inferiores ao teor de fibra bruta apontado por Ramashia *et al.* (2021) na farinha de milho pérola (2,19%). Tecnicamente, as fibras são importantes no processamento de alimentos. A fração solúvel é mais bem requerida, devido à alta capacidade de formar géis e/ou agir como emulsificante e não apresentar sabor desagradável, sendo melhor na incorporação das formulações de alimentos e bebidas. Por outro lado em produtos panificáveis e cárneos a inserção de fibras insolúveis pode ser benéfica, pois terão alterações desejáveis nas propriedades de textura, evitando a sinérese e estabilizando emulsões em produtos com alto teor de gordura e conseqüentemente, aumentando a vida útil desses alimentos. Isso é possível porque as fibras têm alta capacidade de retenção de água e/ou óleo, de formar e estabilizar emulsões e aumentar a viscosidade, resultando em alterações benéficas de textura (SOUSA, *et al.*, 2021).

Os carboidratos são os principais componentes dos cereais, sendo principalmente o amido. O conteúdo de carboidratos totais identificado nas farinhas de milho foi de 70,18% semelhante aos encontrados por Dias-Martins *et al.* (2018), com valor médio de 72,2%. Fundamentado nos teores médios de carboidratos 7,0%, determinados por Franco (2001), a

farinha de castanha-do-Brasil analisada nessa pesquisa apresentou teor de carboidratos de 6,55%, resultado inferior ao apresentado pelo mix de farinhas (44,11%) e aos expressos por Araújo *et al.* (2020), onde a amêndoa de chichá de granulometria menor, a farinha de amêndoas de chichá de granulometria maior e a farinha de castanha-do-Gurgueia apresentaram teores médios de carboidratos respectivamente de 57,39; 56,51 e 44,48%. Alimentos ricos em carboidratos podem ser utilizados para enriquecer energeticamente a alimentação, seja por consumo direto ou por desenvolvimento de novos produtos (ABUD, *et al.*, 2009; MORAIS *et al.*, 2019).

Em relação ao valor calórico das amostras analisadas, pode-se observar que 100 g de farinha de castanha-do-Brasil apresenta alto valor calórico em relação à farinha de milho e a Mix de farinhas, devido provavelmente, ao elevado teor de lipídios presente na castanha. A farinha da castanha-do-Brasil ainda apresenta maior valor calórico se comparado com a farinha de castanha-do-Gurgueia, 583,43 kcal/100g, farinha de amêndoa de chichá de granulometria menor, 495,42 kcal/100g e a farinha de amêndoa de chichá de granulometria maior, 491,42 kcal/100g.

5.1.3 Análises Físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas das farinhas de castanha-do-Brasil, de milho e do mix de farinhas encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Análises físico-químicas das farinhas de castanha-do-Brasil, milho e Mix de farinhas.

Parâmetros	Média ± Desvio Padrão*		
	Farinha de castanha-do-Brasil	Farinha de Milho	Mix de farinhas
pH	6,20 ± 0,04 ^a	6,05 ± 0,05 ^b	6,33 ± 0,06 ^a
Acidez (%)	0,04 ± 0,00 ^c	0,62 ± 0,01 ^a	0,18 ± 0,01 ^b
Atividade de água	0,77 ± 0,01 ^a	0,51 ± 0,005 ^b	0,45 ± 0,01 ^c
Densidade compactada	0,49 ± 0,01 ^b	0,54 ± 0,01 ^a	0,48 ± 0,01 ^b
Densidade aparente	0,51 ± 0,01 ^c	0,67 ± 0,04 ^a	0,58 ± 0,00 ^b

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações.

Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey (p>0,05).

Nota : mix de farinhas composto por 100% de farinha de arroz, 31% de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

Determinar o pH dos alimentos é necessário para conhecer o processo de deterioração do alimento por ação de microrganismos, atividades de enzimas, texturas, retenção de sabores e odores, escolha de embalagens, entre outros (FERREIRA, 2020).

O pH obtido da farinha de milho foi de 6,05 sendo menor que o valor obtido por Azeez *et al.* (2022) (6,60), que analisaram a farinha de milho crua, e menor também que o encontrado por Mutshinyani, Mashau e Jideani (2020) (6,34). O pH da farinha de castanha-do-Brasil foi de 6,20 e do mix de farinhas foi de 6,33. Esses valores estão próximos aos relatados por Bala *et al.* (2020), que observaram valores entre 6,21 e 6,30 para amostras de farinha de ervilha de diferentes tamanhos de partículas.

A medição do pH dos alimentos é muito importante do ponto de vista microbiológico e químico. Em termos de microbiologia, os alimentos são divididos em duas categorias, níveis de pH baixo abaixo ou acima de 4,5 que indicam o grau de deterioração, geralmente evidenciado pela acidez ou alcalinidade produzida. Quimicamente, a maioria das reações que ocorrem durante o processamento e armazenamento são profundamente alteradas por mudanças na concentração de hidrogênio no meio (BEZERRA *et al.*, 2019; GOMES; OLIVEIRA, 2011).

A acidez total titulável dos alimentos representa todos os grupos de ácidos (ácidos orgânicos, livres, na forma de sais e compostos fenólicos) presentes em determinada amostra (LIMA, *et al.*, 2019). Os teores de acidez titulável foram estatisticamente diferentes para as farinhas e para o mix de farinhas com valores de 0,04, 0,62 e 0,18%, em ácido cítrico, para a farinha de castanha-do-Brasil, milho e Mix de farinhas, respectivamente, valores estes inferiores aos encontrados por Rosário *et al.* (2022) nas farinhas de albedo do maracujá (*Passiflora edulis*, que apresentou uma acidez total titulável (0,99% de ácido cítrico) e ao comparar os resultados somente da farinha de milho desta pesquisa essa foi superior ao Albedo do maracujá *in natura* (0,06% de ácido cítrico). A presença desses ácidos é um fator indispensável para a conservação de alimentos, por possuir ação antioxidante, além de influenciar a taxa de crescimento microbiano (RIBEIRO *et al.*, 2019).

A atividade de água (a_w) é definida como a razão entre a pressão de água do alimento e a pressão do vapor de água pura em determinada temperatura (GOMES; OLIVEIRA, 2011). O valor obtido de a_w da farinha de castanha-do-Brasil foi de 0,77, para a farinha de milho de 0,51 e para o mix de farinhas 0,45, diferindo estatisticamente entre si ($p > 0,05$). Quando a atividade de água se encontra $< 0,60$ indica que um produto é microbiologicamente estável, uma vez que esse valor é considerado limitante para a multiplicação de qualquer microrganismo (FRANCO; LANDGRAF, 2004). Valor superior foi obtido por Silva *et al.* (2017) para a farinha da semente de *Adenanthera Pavonina* L. (a_w de 0,592). Teores baixos de atividades de água promovem a segurança dos alimentos, uma vez que muitas bactérias deteriorantes não se desenvolvem em $a_w < 0,91$ e muitos bolores não se multiplicam em a_w inferiores a 0,80 (FRANCO; LANDGRAF, 2004), podendo os alimentos ser classificados em

função da atividade de água em três grupos: baixa umidade (a_w até 0,6); umidade intermediária (a_w entre 0,6 e 0,8) e alta umidade (a_w acima de 0,9) (GOMES; OLIVEIRA, 2011). Em geral, a indústria alimentícia controla este parâmetro para definir o *shelf life* e para garantir a qualidade dos alimentos.

Para a análise de densidade compactada realizada para retirar o ar, por meio de batidas sucessivas, observou-se valores de 0,49, 0,54 e 0,48, para as farinhas de castanha-do-Brasil, milho e Mix de farinhas, respectivamente. Valores próximos aos encontrados por Dantas (2018) com valores médios de 0,7459 g cm³, 0,6325 g cm³ e 0,6763 g cm³ para os sucos e pós formulados. A densidade é uma propriedade que está relacionada ao volume do material, às condições de embalagem, transporte e armazenamento (ALUGE; AKINOLA; OSUNDAHUNSI, 2016), sendo desejáveis valores mais altos. Em oleaginosas, o teor de lipídeos pode resultar em uma maior aglomeração de moléculas durante a moagem, permitindo maior densidade aparente, pois os lipídeos podem atuar como adesivos entre as moléculas de proteínas e carboidratos (JOSHI; LIU; SATHE 2015). A densidade apropriada fornece uma boa aeração da massa durante a mistura. O ar capturado na massa deve ser considerado, pois está relacionado ao volume final e à textura dos produtos (BOZDOGAN; KUMCUOGLU; TAVMAN, 2019).

O valor obtido para a densidade aparente foi de 0,51 g/mL para farinha de castanha-do-Brasil, 0,67 g/mL para a farinha de milho e 0,58 para a Mix de farinhas, diferindo estatisticamente entre si ($p > 0,05$). Variação de 0,41 a 0,95 g/mL foram observados em pesquisas de Azeez *et al.* (2022) com farinhas de milho. Valores superiores foram observados por Benítez *et al.* (2013) com variação de 0,80 e 0,98 g/mL para as farinhas de leguminosas não convencionais crua e germinada, por Du *et al.*, (2014), com variação de 0,543 g/mL a 0,816 g/mL para farinhas de leguminosas, por Kaur e Singh (2005) com valores de 0,536 a 0,571 g/mL para farinhas de grão-de-bico e Chinma *et al.* (2021) com variação de 0,46 a 0,77 g/mL para farinhas de amendoim crua e germinada. Valores inferiores foram observados por Sun *et al.* (2019), que relataram um declínio na densidade aparente de 0,439 g/mL para 0,364 g/mL à medida que o tamanho das partículas de farinha foi reduzido de 250–180 µm valor inferior a 38 µm para o pó de feijão preto.

5.1.4 Perfil Mineral

Os resultados do perfil de minerais das farinhas de castanha-do-Brasil, milho e Mix de farinhas encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Análises de minerais da farinha de castanha, milho e Mix de farinhas.

Parâmetros	Média ± Desvio Padrão*		
	Farinha de castanha-do-Brasil	Farinha de Milheto	Mix de farinhas
Ca (g/Kg)	1,86 ± 0,12 ^a	0,15 ± 0,03 ^c	0,76±0,04 ^b
Mg (g/Kg)	3,41 ± 0,06 ^a	1,12 ± 0,03 ^b	0,40±0,01 ^c
K (g/Kg)	6,16 ± 0,12 ^a	4,47 ± 0,17 ^b	1,09±0,04 ^c
P (g/Kg)	7,77 ± 0,05 ^a	3,00 ± 0,10 ^b	0,99±0,01 ^c
Fe (mg/Kg)	88,81 ± 2,46 ^a	83,27 ± 2,45 ^a	14,41±3,18 ^b
Mn (mg/Kg)	9,27 ± 1,09 ^b	7,33 ± 0,08 ^b	10,95±0,33 ^a
Zn (mg/Kg)	44,55 ± 0,89 ^a	31,95 ± 1,76 ^b	10,67±0,46 ^c

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações. Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Nota : mix de farinhas composto por 100% de farinha de arroz, 31% de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

Brasil (2005a) apresenta valores recomendados para ingestão diária de vitaminas e minerais a serem utilizados como parâmetros para o atendimento das necessidades nutricionais de saúde da população. Este estudo mostrou que a farinha de castanha-do-Brasil apresentou o conteúdo mineral de: cálcio (1,86 g/kg), magnésio (3,41 g/kg), potássio (6,16 g/kg), fósforo (7,77 g/kg), Ferro (88,81 mg/kg), manganês (9,27 mg/kg), zinco (44,55 mg/kg).

A farinha de milho apresentou (0,15 g/kg) de Cálcio, (1,12 g/kg) de Magnésio, (4,47 g/kg) de Potássio, (3,00 g/kg) de Fósforo, (83,27 mg/kg) de Ferro, (7,33 mg/kg) de Manganês, (31,95 mg/kg) de Zinco. Dias-Martins *et al.* (2018) analisaram a farinha de milho e obtiveram: cálcio (~0,30 g/kg), magnésio (~0,00133 g/kg), potássio (3,93 g/kg), fósforo (3,33 g/kg), Ferro (18 mg/kg) e zinco (43 mg/kg), os valores de Ca, P e Zn foram superiores aos encontrados nesta pesquisa e o Mg, e valores inferiores de K e Fe.

N o mix de farinhas os valores encontrados foram de 0,76 g/kg de Cálcio, 0,40g/kg de Magnésio, 1,09 g/kg de Potássio, 0,99 g/kg de Fósforo, 14,41 mg/kg de Ferro, 10,95 mg/kg de Manganês e 10,67 mg/kg de Zinco.

Dentre os macrominerais analisados, o elemento potássio (K= 6,61, 4,47 e 1,09 g/kg) e Fósforo (P= 7,77, 3,00 e 0,99 g/kg) foram os mais abundantes nas farinhas de castanha-do-Brasil, milho e Mix de farinhas, respectivamente. Em estudo com o extrato da castanha-do-Brasil Santos (2015), obteve as concentrações de K = 850, Ca = 110, P = 1053,25, e Mg = 265 mg 100 g⁻¹ e descreveu que as variações dos teores de minerais podem diferir de acordo com a localização das árvores. Comportamento semelhante foram observados em pesquisas de Oderinde, Adewuji e Ajayi (2008) com valores de K igual a 765,30 mg/kg. Altos níveis de potássio na dieta humana são bem conhecidos por proteger contra doenças, disfunções cardíacas e osteoporose (OYEYINKA; SINGH; AMONSOU, 2021; WEAVER, 2013). De acordo com

Adebiyi *et al.* (2017), o potássio ajuda a manter o volume do fluido inter e intracelular, regula parcialmente a pressão sanguínea, regula e gera impulsos nervosos.

Dentre os microminerais, o que mais se destacaram foram o ferro (Fe = 88,81, 83,27 e 14,41 mg/kg) e zinco (Zn = 44,55, 31,95 e 10,67, mg/kg) nas farinhas de castanha-do-Brasil, milho e Mix de farinhas, respectivamente. Valores de ferro superiores aos dessa pesquisa foram encontrados por Oyeyinka, Singh e Amonsou (2021), em massas alimentícias enriquecidas com farinha de amendoim (3,50–13,00 mg/kg). O ferro é um mineral essencial para o ser humano e sua funcionalidade no corpo humano está relacionada ao transporte de oxigênio, síntese de Ácido Desoxirribonucleico (DNA) e metabolismo energético. Esse mineral é um cofator de extrema relevância para as enzimas da cadeia respiratória mitocondrial e na fixação do nitrogênio (FERRAZ *et al.*, 2021). Nos mamíferos é empregado principalmente na produção de hemoglobina nos eritroblastos, da mioglobina nos músculos e dos citocromos no fígado. Um indivíduo adulto tem presente no seu organismo de 4 a 5 gramas de ferro, sendo que cerca de 2,5 gramas na forma de hemoglobina (ALBUQUERQUE *et al.*, 2021).

O zinco é um elemento traço amplamente distribuído pelo organismo, sendo necessário para o bom funcionamento do metabolismo, estando envolvido em funções imunológicas, enzimáticas, como o crescimento e desenvolvimento. Sua deficiência torna o organismo mais suscetível a infecções, podendo acarretar atrofia do timo e outros órgãos linfoides, contribuindo para defasagens do sistema imunológico (DOMINGUES *et al.*, 2023).

As variações da composição mineral são lideradas pela composição do solo, origem geográfica, práticas agrícolas e condições ambientais (AKIN *et al.*, 2020; TORRES-VARGAS *et al.*, 2021). Os minerais são necessários para funções que incluem a construção de ossos fortes, bem como a transmissão de impulsos nervosos, contribuindo para uma vida longa e saudável (CHINMA *et al.*, 202; GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017).

5.1.5 Análise de compostos fenólicos das farinhas

Os compostos fenólicos estão intrinsecamente ligados à atividade antioxidante benéfica dos radicais livres, responsáveis pela oxidação de compostos nos alimentos (MENDES, 2015; WOLFF; SILVEIRA; LAZZAROTTO, 2019), portanto, quanto maior o seu teor, maior a probabilidade de Atividade protetora sobre agentes pró-oxidantes.

Os resultados obtidos para as análises de fenólicos totais dos extratos hidroalcoólicos das farinhas de castanha-do-Brasil e farinha de milho encontram-se na tabela 5.

Tabela 5 - Análises de fenólicos totais do extrato hidroalcoólico das farinhas de castanha e milho

Amostras	mg EAG/g de amostra ± Desvio Padrão*
Farinha de castanha-do-Brasil	1,80 ± 0,17 ^a
Farinha de Milheto	16,30 ± 0,54 ^b

Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações.

Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). EAG: Equivalente Acido Gálico.

Nota : mix de farinhas composto por 100% de farinha de arroz, 31% de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

Para os extratos hidroalcoólicos analisados, os teores de fenólicos foram estatisticamente diferentes ($p > 0,05$), variando entre 1,80 mg EAG/g para a farinha de castanha-do-Brasil e 16,30 mg EAG/g para a farinha de milho, sendo que o extrato de farinha de castanha-do-Brasil apresentou menor teor de polifenóis, enquanto o extrato de milho o maior teor. Resultados superiores ao desta pesquisa foram observados por Azeez *et al.* (2022) com variação de 122 a 161 mg/g de fenólicos totais em farinhas de milho e Por Skowryra *et al.* (2013) avaliando o extrato aquoso (0,3497 e 0,3565 g GAE/g), extrato etanólico - 50% (0,4453-0,4316) e extrato etanólico 75% (0,4602-0,4676 g GAE/g) de vagens de *Caesalpinia spinosa*.

Rufino *et al.* (2020) classificam o teor de fenóis em três categorias: baixo (<100 mg EAG/g), médio (100–500 mg EAG/g) e alto (>500 mg EAG/g) para amostras com base em matéria fresca e baixo (<1000 mg EAG/g), médio (1000–5000 mg EAG/g) e alto (>5000 mg EAG/g) em matéria seca. Assim, os extratos analisados das farinhas de castanha e milho apresentaram baixos teores de fenólicos totais.

A extração de compostos fenólicos é afetada principalmente por vários parâmetros como o tamanho das partículas das amostras, o tipo de solvente utilizado, a razão soluto/solvente, taxa de agitação, eficiência de transferência de massa e temperatura utilizada (SINGH *et al.*, 2017).

5.1.6 Análise de antioxidantes pelo método DPPH

O DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) é um composto que consiste em um radical livre de nitrogênio, facilmente extinto por um sequestrador de radicais livres. Na presença de um sequestrador de radicais de prótons ou antioxidantes doadores de hidrogênio, os radicais DPPH serão transformados em uma forma não radical (DPPH-H) e a redução dos radicais DPPH pode ser medida em 517 nm (CHEW; GOH; LIM, 2009). De acordo com Vivek *et al.* (2013), na presença de um extrato capaz de doar um átomo de hidrogênio, a natureza do radical livre do DPPH é perdida e a cor roxa muda para amarelo.

Na presente pesquisa, os extratos produzidos das farinhas de castanha e milho demonstraram atividade antioxidante por meio do método do radical livre DPPH• (tabela 6).

Tabela 6 - Concentração eficaz para inibir 50% do radical DPPH (CE50) das farinhas de castanha e milho

Amostras	EC50 mg/mL ± Desvio Padrão*
Farinha de castanha-do-Brasil	0,819 ± 0,03 ^a
Farinha de Milheto	0,186 ± 0,01 ^b
Ácido Ascórbico	0,023 ± 0,0 ^c
Trolox®	0,015 ± 0,001 ^c

Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações.

Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). EC: Equivalente Catequina.

Nota : mix de farinhas composto por 100% de farinha de arroz, 31% de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

A redução da EC50 indicará um maior nível de antioxidante no material analisado (ALVES *et al.*, 2014). Assim, pode-se ponderar que o extrato hidroalcoólico da farinha de milho pelo método DPPH• apresentou maior potencial antioxidante 0,186 mg/mL em relação à farinha de castanha-do-Brasil, que resultou em 0,819 mg/mL. Entretanto, quando comparado com os padrões comerciais de vitamina C e trolox, os resultados dos extratos das duas farinhas estão bem abaixo dos padrões de antioxidante (ácido ascórbico = 0,023 mg/mL e trolox = 0,015 mg/mL). Valores inferiores ao desta pesquisa foram observados em leguminosas como grão-de-bico (31,4 µg/mL), feijão-frade (48,2 µg/mL) e capim cavalo (22,9 µg/mL) (SREERAMA *et al.*, 2012) e na farinha do resíduo da acerola (*Malpighia emarginata*) (359,2 µg/mL) para o extrato alcoólico, 471,4 µg/mL para o extrato hidroalcoólico e 418,48 µg/mL para o extrato aquoso (PEREIRA *et al.*, 2013). Valores superiores ao desta pesquisa foram encontrados por Drakos *et al.* (2017) para a farinha de centeio (31,4 mg/mL) e cevada (31,4 mg/mL), demonstrando um baixo potencial antioxidante das farinhas de castanha e de milho em relação a esses vegetais.

Alguns estudos, como os de Rufino *et al.* (2020), relacionaram a capacidade antioxidante à concentração de compostos fenólicos, e apontaram que o método de captura do radical DPPH pode não ser suficiente para expressar a real capacidade antioxidante de amostras com altas concentrações de substâncias lipossolúveis, pois o método de captura do radical DPPH baseia-se na solubilidade destes antioxidantes no processo de extração para sua quantificação.

5.1.7 Análise de antioxidantes pelo método ABST⁺

A atividade antioxidante dos extratos das farinhas de castanha-Brasil e de milho também foram avaliadas pelo método ABTS. O uso de vários métodos fornece informações mais abrangentes sobre as propriedades antioxidantes do produto original (SKOWYRA *et al.*, 2013). O método ABTS, baseia-se na capacidade dos antioxidantes capturarem o cátion ABTS⁺, reduzindo-o a ABTS (SUCUPIRA *et al.*, 2012). O ABTS* é capaz de reagir com uma gama maior de antioxidantes e suas reações ocorrem por transferência de elétrons, enquanto no radical DPPH* as reações são por transferência de átomos de hidrogênio, apresentando maior seletividade (MARECEK *et al.*, 2017).

Os resultados da atividade antioxidante pelo método ABTS dos extratos das farinhas de castanha-do-Brasil e milho encontram-se na tabela 7 .

Tabela 7 - Valor TEAC (Capacidade Antioxidante Total Equivalente ao TROLOX®) pelo método ABTS para os extratos hidroalcolóico das farinhas de castanha e milho

Amostras	Valor TEAC (mM Trolox/mg de amostra)*
Farinha de castanha-do-Brasil	0,128 ± 0,01 ^a
Farinha de Milheto	0,115 ± 0,00 ^a

Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações.

Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey (p>0,05).

Nota : mix de farinhas composto por 100% de farinha de arroz, 31% de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

Em relação a esse método, foram detectados uma média de 0,128 e 0,115 mM de Trolox/mg nas farinhas de castanha-Brasil e de milho respectivamente. Silva *et al.* (2022) encontraram um valor de 6,94 a 16,07 mM trolox/g¹ em farinha de baru, sendo superior aos relatados nesse estudo. De acordo com Lourenço; Moldão-Martins e Alves (2019) os antioxidantes, sejam eles naturais ou sintéticos, são estratégias importantes que, quando utilizados na alimentação, previnem ou retardam a deterioração dos alimentos, por exemplo, por oxidação, que pode levar à perda de nutrientes e produzir sabor ruim nos alimentos (rancidez) ou a até mesmo a produção de substâncias tóxicas.

5.1.8 Propriedades Funcionais Tecnológicas das matérias-primas

Os resultados das propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de milho, castanha-do-Brasil e do mix de farinhas encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores médios e desvio padrão das análises funcionais das farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas.

Amostras	Média ± Desvio Padrão*		
	Farinha de castanha-do-Brasil	Farinha de Milheto	Mix de farinhas
Índice de Solubilidade em Água – ISA (g/100g)	16,05 ± 1,45 ^a	9,55 ± 2,16 ^a	1,93 ± 1,26 ^a
Capacidade de Absorção de Água – CAA (g/g)	1,81 ± 0,15 ^b	2,06 ± 0,02 ^a	2,06 ± 0,06 ^a
Capacidade de Absorção de Óleo – CAO (g/g)	1,68 ± 0,12 ^a	1,52 ± 0,08 ^a	1,66 ± 0,13 ^a
Atividade Emulsificante – AE (%)	50,06 ± 2,65 ^a	50,71 ± 1,58 ^a	47,76 ± 1,43 ^b
Estabilidade da Emulsão – EE (%)	97,28 ± 2,35 ^a	95,83 ± 0,00 ^a	63,99 ± 2,12 ^b
Capacidade de Formação de Espuma – CFE (%)	1,01 ± 0,00 ^c	17,53 ± 0,09 ^a	11,95 ± 1,70 ^b

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações.

Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Nota : mix de farinhas composto por 100% de farinha de arroz, 31% de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

O índice de solubilidade em água (ISA) está relacionado à presença de sólidos solúveis remanescentes (albumina, amilose, açúcares, oligossacarídeos e outros componentes solúveis), na fase aquosa após o processo de aquecimento (ANGELIS *et al.*, 2021; BALA *et al.*, 2020; SUMMO *et al.*, 2019).

Quando se deseja elaborar um produto instantâneo, onde as partículas de pó formem uma solução com o líquido, deve-se dar maior atenção ao índice de solubilidade em água, relacionada com a quantidade de sólidos solúveis em uma amostra seca, permitindo verificar o grau de separação do tratamento em função da degradação, gelatinização e conseqüentemente, solubilidade do amido (KOÇ *et al.*, 2014).

A farinha de castanha-do-Brasil apresentou índice de solubilidade em água de 16,05 g/100 g, a farinha de milho, 9,55 g/100g e o mix de farinhas, 1,93g/ 100g. Cerón-Fernandez *et al.* (2016), analisaram farinha de quinoa e obtiveram médias de 5,61 a 9,65 g/100g de índice de solubilidade em água. Nascimento *et al.* (2021) encontraram índice de solubilidade na farinha da amêndoa de babaçu com película de 18,04 g/100g e 41,61 g/100g na farinha da amêndoa de babaçu sem película.

O ISA é importante, pois determina em que tipo de preparação estas farinhas podem ser empregadas, sendo que valores elevados indicam que esta farinha pode ser utilizada em alimentos, que necessitam de baixas temperaturas, para serem preparados ou como ingredientes

para elaboração de sopas, sobremesas e molhos, que necessitam de ingredientes com maior solubilidade em água (SANTANA; OLIVEIRA FILHO; EGEEA, 2017). Desta forma, as farinhas de milho, de castanha-do-Brasil e Mix de farinhas representam uma boa alternativa na produção de produtos deste setor.

A capacidade de absorção de água indica a quantidade de água que pode ser ligada por um grama de farinha (ANGELIS *et al.*, 2021). Observa-se que a farinha de castanha-do-Brasil apresentou teor de capacidade de absorção de água de 1,81 g, a farinha de milho apresentou teor de 2,06 g, e o mix de farinhas 2,06 g valores inferiores aos obtidos por Azeez *et al.* (2022), que analisou farinhas de milho cru e encontraram capacidade de 3,58 g. Esta é uma característica relevante, pois pode ajudar a reter a umidade, permitindo a adição de mais água à massa e melhorando o manuseio do material, para aplicabilidade da farinha em produtos como carnes, panificação e confeitaria (SILVA *et al.*, 2021a).

O índice de absorção de óleo é conferido, principalmente, à ligação de partes proteicas da amostra às moléculas do óleo. Altos índices de absorção em óleo determinam se a farinha poderá ser utilizada em produtos cárneos ou em produtos emulsionados como massas de bolos, maionese ou molhos para saladas, sopas e queijos processados (SANTANA; OLIVEIRA FILHO; EGEEA, 2017).

A farinha de castanha-do-Brasil apresentou capacidade média de absorção de óleo (CAO) de 1,68, a de milho de 1,52, e o mix de farinhas 1,66 resultados estes inferiores aos encontrados por Borges *et al.* (2021), para farinha de resíduo de açaí (2,47 g/g) e superiores aos de Azeez *et al.* (2022) que analisando farinhas de milho cru encontraram resultado de 1,33 g/g. Segundo Mozafarpour *et al.* (2019), uma alta capacidade de absorção de óleo pode ser causada por um acréscimo da concentração de proteína causada pela umidade reduzida. Essa concentração forma agregados proteicos menores que melhoram a funcionalidade da proteína, conferindo ligação das partes proteicas da farinha às moléculas do óleo.

A atividade emulsificante é considerada um índice da capacidade de proteínas ou peptídeos de adsorverem na nova superfície criada, retardando a coalescência (SILVA *et al.*, 2021a). Em geral, as propriedades emulsificantes estão associadas à quantidade e qualidade de proteína solúvel na farinha. Segundo Santana, Oliveira Filho e Egea (2017), farinhas com baixa atividade emulsificante não são de interesse comercial, pois se deseja que a farinha contribua para a formação da emulsão do produto, bem como farinhas com baixa estabilidade de emulsão são inadequadas pelos tratamentos térmicos realizados com estes produtos.

Os valores respectivos para atividade emulsificante foram 50,06, 50,71 e 47,76% para a farinha de castanha-do-Brasil, milho e para a mix de farinhas. Desta forma tanto as

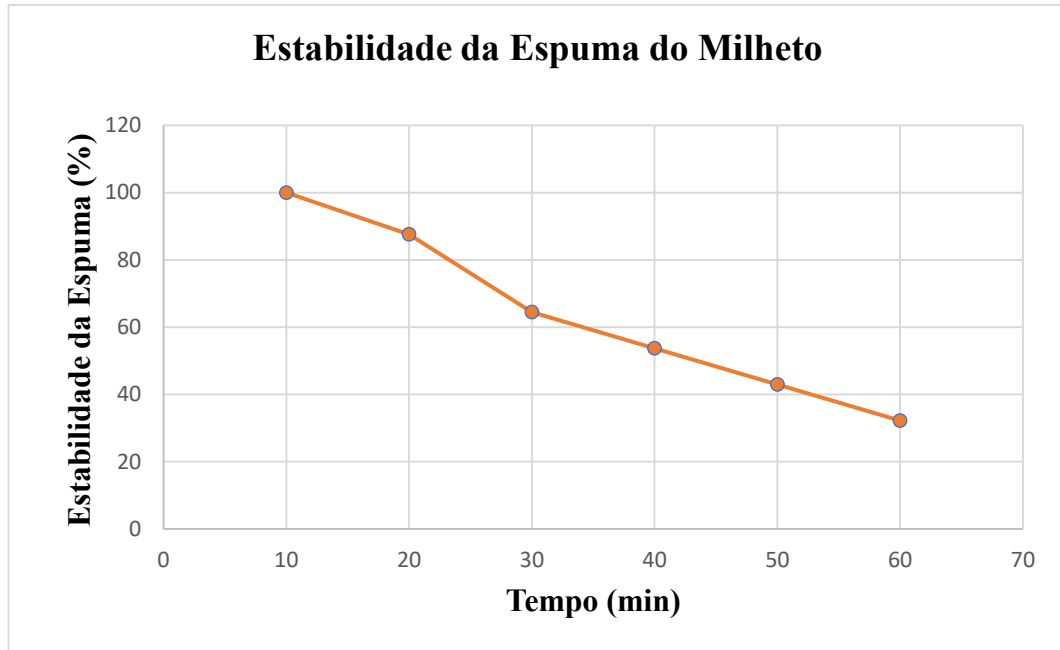
farinhas avaliadas quanto o mix de farinhas apresentaram atividade emulsificante alta, tornando-as interessantes para a indústria de alimentos. Nascimento *et al.* (2021) obtiveram valores de 46,19% para atividade emulsificante em farinha da amêndoa de babaçu sem película e 47,36% farinha da amêndoa de babaçu com película, valores inferiores aos encontrados nesta pesquisa.

Para a estabilidade de emulsão, os valores médios obtidos para a farinha de castanha-do-Brasil e para a farinha de milho foram estatisticamente iguais em relação o mix de farinhas variando entre 66,99 e 95,83%. Santana, Oliveira Filho e Egea (2017), analisaram diversas farinhas e obtiveram valores inferiores (90,19%) linhaça dourada, (75%) trigo branca e (89,30%) feijão-branco e semelhantes (93,75%) linhaça marrom e (93,75%) soja aos obtidos nesta pesquisa.

A proteína tem a capacidade de formar espumas estáveis com o ar e é uma propriedade importante em aplicações alimentícias (PEI *et al.*, 2022). O valor obtido para a capacidade de formação de espuma (CFE) foi estatisticamente diferente ($p > 0,05$) para todas as amostras. A formação de espuma no mix de farinhas foi de 6,00%, resultado superior ao da farinha de castanha-do-Brasil de 1,01% e inferior à da farinha de milho 17,53%. Variação de 8,14 a 16,30% foram verificadas em pesquisas de Alpizar-Reyes *et al.* (2017) com o pó da mucilagem de sementes de tamarindo. Valores superiores foram investigados por Bala *et al.* (2020) com variação de 56,32 a 81,73% para farinhas de ervilhas de diferentes tamanhos de partículas. Pires, Santos e Silva (2019) explicaram que a atividade espumante está associada com a quantidade de proteínas, sendo necessárias proteínas flexíveis, pobres em estruturas secundárias e terciárias que se adaptem rapidamente na interface ar-líquido. A firmeza da espuma está relacionada com a qualidade da proteína, sendo importante que se formem películas coesivas, elásticas, contínuas e impermeáveis ao ar.

Na análise de estabilidade de espuma, apenas a farinha de milho apresentou resultados, que pudessem ser observados durante 60 minutos após o término da análise de formação de espuma. A estabilidade da espuma para a farinha de milho foram determinadas medindo a diminuição do volume de espuma em função do tempo (figura 8).

Figura 8 - Gráfico de estabilidade da espuma da farinha de milho



Fonte: dados da pesquisa, 2023.

Dessa forma observou-se que a espuma da farinha de milho diminuiu gradualmente durante os 60 minutos de análise, mas ao final da avaliação ainda permaneceu com 32,22% do valor inicial, valor superior foi relatado por Kaur e Singh (2005) que observaram valores de espumas muito altas (>90%), após 120 minutos de armazenamento, para a farinha de grão-de-bico. Os mesmos autores mencionam que a boa estabilidade de espuma encontrada por eles, sugere que as proteínas nativas solúveis na fase contínua (água), são altamente ativas na superfície das farinhas de grão-de-bico. Valores inferiores ao desta pesquisa foram encontrados por Alpizar-Reyes *et al.* (2017), com variação de 2,29 a 13,73% para, o pó da mucilagem de sementes de tamarindo. O estudo dessas propriedades é de extrema importância, pois através delas é possível determinar a composição e aplicação de um ingrediente específico, que pode contribuir para a melhoria de um produto, seja no balanço de umidade ou na ativação de reações enzimáticas.

A tabela 9 apresenta a capacidade de formação de gel das farinhas de castanha-do-Brasil, farinha de milho e do mix de farinhas nas concentrações entre 2 e 30%. As farinhas de castanha-do-Brasil, milho e o mix de farinhas apresentaram gel resistente na faixa de concentração entre 12 e 30%. Resultados semelhantes àqueles encontrados na farinha de milho foram investigados por Drakos *et al.* (2017), que observaram concentrações de 16, 18 e 20% consideradas géis para as farinhas de centeio e cevada.

Tabela 9- Capacidade de formação de gel das farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas.

Porcentagem de farinha (%)	Capacidade de Formação de Gel*		
	Farinha de castanha-do-Brasil	Farinha de Milheto	Mix de farinhas
2	±	±	±
4	±	±	±
6	±	±	±
8	±	±	±
10	±	±	+
12	+	+	+
18	+	+	+
30	+	+	+

*Dados da pesquisa, 2023. Testes realizados em triplicata: Ausência de gelificação (-); Gel frágil (±); Gel resistente (+). Nota : mix de farinhas composto por 100% de farinha de arroz, 31% de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

Na indústria alimentícia saber em qual porcentagem de farinha, o gel é formado e se ele foi classificado como frágil ou resistente é importantíssimo, pois interfere diretamente na quantidade de ingredientes utilizados na fabricação de produtos que dependem da formação de gel (SANTANA; OLIVEIRA FILHO; EGEEA, 2017). É importante também porque esta farinha pode servir para fornecer corpo na fabricação de mingaus, cremes e molhos que dependem da formação de gel da farinha para o aprisionamento da água.

5.1.9 Análise de cor

A colorimetria é uma ciência que estuda os fenômenos da luz e da visão humana, quantificando e descrevendo a percepção humana da cor com o auxílio de modelos e dispositivos matemáticos (SEIBEL; KATO; LIMA, 2022).

Os parâmetros L* a* e b* definem a cor pelo sistema CIELAB, onde L* é a luminosidade sendo correspondido a 100% ao branco e 0% ao preto; a* é intensidade da cor vermelha/verde, quando a cor é positiva é atribuída vermelho e negativo para verde, já o parâmetro b* corresponde amarelo/azul sendo positivo para a cor amarelo e negativo para cor azul (MIRANDA *et al.*, 2021). A cor possui fator impactante na qualidade e apreciação pelo consumidor que muitas vezes, preferem produtos farináceos de coloração com maior intensidade de brilho (BELTRAN *et al.*, 2021).

Os resultados obtidos para a medida instrumental de cor (Tabela 10) demonstraram que as farinhas e o mix apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre si.

Tabela 10- Análises de cor das farinhas de castanha, milho e Mix de farinhas.

Parâmetros	Média ± Desvio Padrão*		
	Farinha de castanha-do-Brasil	Farinha de Milheto	Mix de farinhas
Luminosidade (L*)	68,21 ± 0,57 ^c	83,99 ± 0,85 ^b	92,93 ± 0,06 ^a
Intensidade de vermelho/verde (±a*)	3,72 ± 0,07 ^a	1,35 ± 0,01 ^b	-0,59 ± 0,005 ^c
Intensidade de amarelo/azul (±b*)	22,58 ± 0,29 ^a	15,31 ± 0,16 ^b	4,29 ± 0,06 ^c

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações; Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Nota : mix de farinhas composto por 100% de farinha de arroz, 31% de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

Os resultados obtidos para o parâmetro cor demonstraram a farinha de castanha-do-Brasil apresentou luminosidade ($L^* = 68,21$), a de milho ($L^* = 83,99$) e o mix de ($L^* = 92,06$) direcionadas para o branco (amostra com coloração clara). No parâmetro a^* , as amostras obtiveram valores de 3,72 e 1,35 para as farinhas de castanha-do-Brasil e milho, respectivamente, o que indica tonalidade tendendo ao vermelho. A Mix de farinhas, obteve resultado de -0,59 para parâmetro a^* indicando coloração verde. Para intensidade b^* , a farinha de castanha-do-Brasil apresentou resultado de 22,58, a de milho 15,31 e o mix de farinhas 4,29, o que indica coloração voltada para o amarelado.

Bala *et al.* (2020) analisando a farinha de ervilha de diferentes tamanhos de partículas verificaram que o aumento nos valores de L^* (87,51 a 88,85) tem sido associado ao aumento da área superficial de amostras finas, resultando em maior reflexão da luz, e a queda na cor dos valores de a^* (-0,44 a -0,93) e b^* (19,74 a 19,58) das frações mais finas, pode ser atribuída à redução dos pigmentos devido às operações de processamento.

Carneiro *et al.* (2020) realizaram um estudo com a farinha de banana verde com aplicações de antioxidantes e encontraram valores de $a^* 7,37$, $b^* 30,3$ e $L^* 53,83$, para a farinha tratada com ácido ascórbico, que apresentou tom amarelo mais intenso (maior valor de b^*).

5.1.10 Análises granulométricas na farinha de milho

A granulometria é um parâmetro, com influência na composição centesimal, podendo interferir no processo tecnológico e sensorial, além de ser um importante aspecto de qualidade na padronização do produto (CARDOSO *et al.*, 2020; DIAS; LEONEL, 2006).

As porcentagens de material retido e módulo de finura da farinha de milho estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Perfil granulométrico da farinha de milho

Tamanho das partículas (µm)	Média ± Desvio Padrão*
595	0,63 ± 0,05
425	7,06 ± 1,15
250	28,36 ± 0,46
180	42,9 ± 1,90
150	17,63 ± 0,46
Módulo de Finura	2,199

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações. Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Nota : mix de farinhas composto por 100% de farinha de arroz, 31% de fécula de mandioca e 34% de amido de milho.

Pode-se observar que maior porcentagem (42,9%) estava compreendida na faixa de 180 µm e os menores valores em porcentagem (7,06% e 0,63%) estiveram na escala de 425 e 595 µm, respectivamente.

Os resultados obtidos nesse estudo não concordam com os valores estipulados pela Instrução Normativa N° 31 (BRASIL, 2005), na qual foi estabelecido que 95% do produto deve passar pela peneira com abertura de malha de 250 µm.

O tamanho e a uniformidade das partículas de uma farinha podem alterar a capacidade de absorção de água, a viscosidade da massa, influenciar na gelatinização do amido e na desnaturação proteica, alterando assim, a estrutura de produtos de panificação, principalmente no que se refere ao volume específico e textura dos pães. Partículas uniformes tendem a absorver água na mesma velocidade enquanto partículas com diferentes tamanhos tendem a reduzir a velocidade, de absorção, tais características podem influenciar nas propriedades tecnológicas dos produtos (LAPCÍKOVÁ *et al.*, 2019).

5.2 Caracterização dos pães

5.2.1 Composição Centesimal

O surgimento de novas formulações de pães com farinhas alternativas, na substituição à farinha de trigo em alimentos, vem tornando-se cada vez mais frequente, entretanto, a utilização dessas farinhas acaba gerando não só mudanças sensoriais como também mudanças físico-químicas (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Os resultados de umidade, lipídeos, proteínas, cinzas, fibras, carboidratos e valor calórico para o pão controle (PC), com 25 % de farinha de milho (PM), com 25 % de farinha de castanha-do-Brasil (PCB) e com 12,5% de farinha de milho mais 12,5% de farinha de castanha-do-Brasil (PM+PCB) estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – composição centesimal das amostras de pães sem glúten.

Parâmetros	Média ± Desvio Padrão*			
	PC	PM	PCB	PM+PCB
Umidade (%)	45,63 ± 0,89 ^a	45,54 ± 0,56 ^a	44,20 ± 0,16 ^b	46,82 ± 0,019 ^{ab}
Lipídeos (%)	2,88 ± 0,16 ^b	2,77 ± 0,19 ^b	5,26 ± 1,32 ^a	5,34 ± 0,85 ^a
Proteínas (%)	28,60 ± 0,46 ^c	31,24 ± 0,76 ^b	37,30 ± 0,72 ^a	31,95 ± 0,87 ^b
Cinzas (%)	1,02 ± 0,07 ^{ab}	1,84 ± 0,56 ^a	1,32 ± 0,03 ^{ab}	1,14 ± 0,049 ^{ab}
Fibras (%)	0,64 ± 0,09 ^c	1,28 ± 0,32 ^{ab}	1,09 ± 0,06 ^b	1,69 ± 0,00 ^a
Carboidratos (%)	20,76 ± 1,30 ^a	17,32 ± 1,45 ^a	11,28 ± 1,31 ^b	12,92 ± 1,50 ^b
Valor Calórico (Kcal/100g)	223,44 ± 2,87 ^b	219,20 ± 3,13 ^b	241,69 ± 7,49 ^a	227,58 ± 5,25 ^b

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações. Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Nota: PC (pão controle sem adição de farinha de milho (FM) e castanha-do-Brasil (FCB)), PM (Pão adicionado de 25% de farinha integral de milho), PCB (pão adicionado de 25% castanha-do-Brasil), PM+PCB (Pão adicionado de 12,5 % farinha de milho e 12,5 % castanha-do-Brasil).

A água é o principal componente dos alimentos, e cada um tem um percentual de água livre. A umidade de um produto interfere diretamente na estabilidade, qualidade e na sua composição, sendo assim, pode afetar o processamento do produto e impactar na sua vida útil, pois se o teor de água livre for elevado pode propiciar o desenvolvimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes (GERMANO; GERMANO, 2019; SILVA *et al.*, 2014).

No que se refere a umidade, todas as formulações diferenciaram-se estatisticamente entre si, como também em relação à formulação controle, variando entre 44,20 e 46, 82% (Tabela 12), valores semelhantes foram reportados por Kurek e Ščetar (2017) em estudo com pães de trigo com alto teor de fibras, onde obtiveram valores de umidade variando entre 41,6e 66,6%. Valores inferiores de umidade foram investigados por Couri e Giada (2016) (28,95%),

em pães sem glúten com 5% de substituição da farinha de trigo por farinha do mesocarpo de babaçu. O alto teor de umidade em alimentos pode facilitar ataque microbiano, deixando o produto "pegajoso e gomoso" e alteraria a textura, sendo este um dos fatores responsáveis pela perda da qualidade do produto. No entanto, em produtos sem glúten (pão) onde a massa é mais líquida, espera-se que o teor de umidade seja alto, por isso estes produtos possuem uma *shelf life* mais curta (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

O Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão (BRASIL, 2005 b), estabelece o teor máximo de 38,0 g de umidade por 100 g de pão, para pães preparados, exclusivamente, com farinha de trigo comum e/ou farinha de trigo especial (sêmola/semolina de trigo), mas não especifica valores para pães sem glúten.

Para o parâmetro lipídios somente PCB e PM+PCB apresentaram diferença estatística, em relação ao PC, nota-se que os pães adicionados da farinha de castanha-do-Brasil apresentaram um acréscimo em seu teor lipídico (2,88% para 5,34%). Esse incremento pode ser justificado pelo alto teor de lipídios (68,94%) presente na farinha de castanha-do-Brasil utilizada neste estudo. Os resultados desta pesquisa foram inferiores ao relatados por Gomes *et al.* (2020) que encontra em pães adicionados de farinha de buriti, 7,19 g/100g de lipídios. Macedo *et al.* (2017) encontra 9,57 g/100g em adição de farinha mista de semente abóbora e sorgo. Relacionando-os com o mesmo grupo de alimentos (oleaginosas), o conteúdo de lipídios pães elaborados com a FCB foi inferior ao de pães elaborados com a adição de 20% da farinha de amendoim (7,43%) por Yadav *et al.* (2013).

Quanto ao teor de proteínas dos pães, verificou-se que PM, PCB e PM+PCB diferiram estatisticamente de PC, evidenciando um aumento de (28,60% para 37,30%) no percentual desse parâmetro, após a adição das farinhas de castanha-do-Brasil e de milho. Valores inferiores aos desse estudo foram observados por Pessanha *et al.* (2021) em pães contendo farinha de milho com valores (10,3 g/100g) de proteínas, por Storrer *et al.* (2017), em pão com adição de farinha de bagaço da laranja (9,01%), por Mudau *et al.* (2021) em pão com adição de farinha de milho (6,75-7,77%) e Millar *et al.* (2019) em pão branco adicionado de farinha de ervilha crua, germinada e torrada, cujo teor de proteínas aumentou de 8,4% no controle, para 10,1% – 10,8% em pães formulados com farinha de ervilha. Capriles e Arêas (2014) e Wang *et al.* (2017) afirmam que a incorporação de ingredientes proteicos em massas sem glúten pode melhorar a qualidade sensorial e nutricional do pão sem glúten, além de proporcionar um aumento no sabor desses produtos.

Conforme a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2012), um alimento é considerado fonte de proteína quando atende à condição de, no mínimo, 6 g de

proteína por porção, sendo que as quantidades de aminoácidos essenciais da proteína adicionada ao alimento devem atender às condições estabelecidas. Portanto, todas as formulações elaboradas nesse estudo atendem a esse critério.

O teor de cinzas (1,84%) do PM obtido neste trabalho é equiparável ao relatado por Hossain *et al.* (2014), em pão adicionado de farinha de semente de jaca (1,64%) e inferiores ao encontrado por Borges *et al.* (2011) em pão adicionado de farinha de linhaça (2,30%).

Na análise de fibras todas as formulações apresentaram diferenças estatísticas entre si e em relação ao pão controle (PC). Sendo que a formulação PM+PCB apresentou a maior concentração de fibras com o percentual de 1,68% e o PC mostrou-se com percentual de 0,64%. Silva *et al.* (2014), obtiveram resultados similares ao pão controle (PC), ao produzir pães enriquecidos com a farinha de banana-verde com médias entre 0,38% e 0,41% de fibras em formulações com 8% e 12% de substituição da farinha de trigo, respectivamente. Conforme a RDC n.º 54 (Brasil, 2012), para ser considerado com alto teor de fibras, o alimento deve conter pelo menos 5 gramas por porção de 100 gramas.

Em relação aos carboidratos, observa-se o teor deste macronutriente sofreu redução após a adição das farinhas de castanha e de milheto, variando de (20,76 a 11,28%), esses resultados diferem dos encontrados por Torbica *et al.* (2019), Pessanha *et al.* (2021) em pães com farinha de milheto com teores de carboidratos entre 44,5 e 58,3 g/100g e também está abaixo do valor apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para o pão de forma integral clássico que é de 45,62 g/100g para carboidratos (TACO, 2011).

Segundo Wandersleben *et al.* (2018) reduzir as frações de carboidratos disponíveis para dieta pode levar a redução do índice glicêmico (IG) dos alimentos, e diversos autores têm sugerido ligações entre a redução do IG ao menor risco de desenvolvimento da diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e obesidade.

Em relação ao valor calórico apenas PM apresentou diferença estatística ($p > 0,05$) em relação ao PC. O valor energético médio dos pães sem glúten analisados por Roman; Belorio e Gomez (2019) são inferiores a todos os pães preparados nesta pesquisa. Torbica *et al.* (2019) em seus estudos encontraram resultados de valor calórico de 280,9 kcal, valor semelhante ao deste estudo.

5.2.2 Análise físico-química

Na tabela 13 estão expressos os valores de pH, acidez, atividade de água (aw) e sólidos solúveis dos pães sem glúten.

Tabela 13 - Análises físico-químicas das amostras de pães sem glúten.

Parâmetros	Média ± Desvio Padrão*			
	PC	PM	PCB	PM+PCB
pH	5,26 ± 0,02 ^c	5,56 ± 0,06 ^b	5,78 ± 0,05 ^a	5,73 ± 0,07 ^a
Acidez (%)	0,07 ± 0,00 ^b	0,11 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,00 ^b	0,07 ± 0,00 ^b
Atividade de água (aw)	0,94 ± 0,01 ^a	0,94 ± 0,00 ^a	0,93 ± 0,00 ^a	0,87 ± 0,00 ^b
Sólidos Solúveis (°Brix)	0,36 ± 0,05 ^a	0,23 ± 0,05 ^b	0,20 ± 0,00 ^b	0,23 ± 0,05 ^b

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações. Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Nota: PC (pão controle sem adição de farinha de milho (FM) e castanha-do-Brasil (FCB)), PM (Pão adicionado de 25% de farinha integral de milho), PCB (pão adicionado de 25% castanha-do-Brasil), PM+PCB (Pão adicionado de 12,5 % farinha de milho e 12,5 % castanha-do-Brasil).

A análise da tabela acima revelou que, para os resultados do pH (5,26 a 5,73), houve uma diferença estatística ($p > 0,05$) para as amostras PCB e PM+PCB em relação a PM e PC, o que indica que a adição das farinhas de milho e de castanha-do-Brasil afetaram esse parâmetro. Estes achados, assemelham-se aos relatados por Arimatéa, Pagani e Carvalho (2016) que encontraram pH na faixa de 5,54 a 5,59, para pães de forma enriquecidos com extrato de resíduos agroindustriais de frutas, por Ramos *et al.* (2021), que encontraram o pH entre 4,6 e 5,3, para *cookies* elaborados com farinha de manga e por Gomes, Ferreira e Pimentel (2016) que verificaram um pH de 5,69 a 5,83, para pão com adição de farinha de banana verde com casca. Valores superiores de pH foram encontrados por Mudau *et al.* (2021) com o desenvolvimento de pão com adição de farinha de milho (5,91- 6,02).

Ramos *et al.* (2021) apontam que o tipo de farinha utilizada interfere no pH, logo, farinhas que apresentam pH abaixo da neutralidade tendem a proporcionar uma maior conservação e estabilidade ao produto. Essas características conferem qualidade microbiológica ao alimento, pois dificulta o desenvolvimento de microrganismos, logo, proporciona uma redução no risco de incidência de infecções alimentares (FELLOWS, 2018).

O pH é um parâmetro importante para determinação da qualidade microbiológica do produto (SANTOS *et al.*, 2018). Os valores para as amostras de pães encontram-se próximos

da neutralidade, sendo este um ponto positivo, pois valores mais baixos podem ser indicativos de contaminação microbiana (CARDOSO *et al.*, 2019).

Em relação à acidez, observou-se que apenas o pão de milho (PM) diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) de PC, evidenciando que apenas a farinha de milho promoveu um aumento desse parâmetro nos pães. A legislação brasileira que regulamenta os parâmetros para a comercialização de pães (BRASIL, 2005b), não estabelece limites para acidez e pH, entretanto, segundo Cruz (2019), as condições ótimas para o desenvolvimento das leveduras, durante a fermentação da massa fresca, são estabelecidas com valores de pH em torno de 5,0.

Quando o pH é superior a 6,0, a fermentação pode ser prejudicada, pois há uma grande produção de glicerina, ácido acético e álcool etílico. Isso pode causar problemas de qualidade sensorial nos pães, como sabor desagradável e volume reduzido, interferindo na textura do produto. Isto se refere ao fato de que massas com pH menor que 5,0, proporcionarão ao produto maior *shelf life*, em função do efeito antifúngico de sua acidez (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

A atividade de água (a_w), é a relação entre a pressão do vapor da água presente em alimentos e a pressão do vapor de água pura à mesma temperatura. Esse dado permite analisar o risco de degradação de um alimento, ou seja, alimentos com índices altos de atividade de água, fornecem substrato para multiplicação de microrganismos patogênicos, gerando perdas significativas na qualidade e comprometendo a segurança dos alimentos. Sendo assim, a atividade de água (a_w), está inteiramente relacionada com as suas propriedades físico-químicas. A água é um dos nutrientes mais relevantes na vida do indivíduo, ela desempenha o papel de transporte de substâncias entre as células, exclui moléculas tóxicas, equilibra a temperatura corporal e participa de reações químicas e enzimáticas no alimento (MORREIRA, *et al.*, 2021).

A atividade de água (a_w), tem relação à proliferação de fungos e bactérias causadoras de deterioração em alimentos, logo, ao diminuir esse teor de água eleva-se o *shelf life*, contribuindo para que o produto não perca a qualidade e se apresente seguro para o consumo (ARAÚJO *et al.*, 2017). Observou-se que não houve diferença estatística entre as formulações PC, PM e PCB, variando entre 0,94 e 0,93, de forma que os pães com a adição de farinha de castanha-do-Brasil e de milho (PM+PCB) obtiveram uma atividade de água menor em relação as demais.

Os Sólidos Solúveis (° Brix) nos fornecem o teor de açúcares presentes nos alimentos, mas vale ressaltar que essa medida não fornece dados exatos da concentração de açúcares, visto que as amostras se trata de uma mistura de diversas substâncias (LIMA *et al.*, 2019). Dentre as amostras avaliadas, os teores de sólidos solúveis dissolvidos, variaram entre

0,36% para a formulação PC e 0,23% para a formulação PM+PCB. A concentração dos sólidos solúveis totais varia de acordo com fatores climáticos, variedade, solo e da adição de água durante o processamento (SILVA *et al.*, 2020).

5.2.3 Análise de cor miolo e crosta dos pães formulados

A cor é um parâmetro relevante para a escolha do consumidor e depende dos parâmetros físico-químicos dos ingredientes e das condições de cozimento. Na Tabela 14 e imagem 9 encontram-se os valores obtidos na análise colorimétrica dos miolos dos pães elaborados.

Tabela 14 - Análises colorimétricas dos miolos dos pães sem glúten.

Amostras	Média ± Desvio Padrão*		
	Luminosidade (L*)	Intensidade de vermelho/verde (±a*)	Intensidade de amarelo/azul (±b*)
PC	75,20 ± 0,05 ^a	-0,56 ± 0,02 ^b	11,51 ± 0,01 ^a
PM	73,40 ± 0,02 ^b	-0,52 ± 0,02 ^b	10,86 ± 0,005 ^b
PCB	73,38 ± 0,04 ^b	-0,46 ± 0,02 ^a	9,44 ± 0,08 ^c
PM+PCB	73,35 ± 0,11 ^b	-0,53 ± 0,01 ^b	10,73 ± 0,22 ^b

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações. Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey (p>0,05).

Nota: PC (pão controle sem adição de farinha de milho (FM) e castanha-do-Brasil (FCB), PM (Pão adicionado de 25% de farinha integral de milho), PCB (pão adicionado de 25% castanha-do-Brasil), PM+PCB (Pão adicionado de 12,5 % farinha de milho e 12,5 % castanha-do-Brasil).

Os valores obtidos para os parâmetros L*, os pães apresentaram miolo com coloração clara, tendendo ao branco, com Luminosidade variando entre 73,35 e 75,40. Segundo Purlis (2011), pães padrão com luminosidade em torno de 70 apresentam boa aceitação sensorial. Contudo, valores abaixo de 60 resultam em escurecimento excessivo. À vista disso, todas as formulações apresentaram uma luminosidade atrativa. Quanto aos valores a* e b* do miolo, verifica-se que todas as formulações apresentaram coloração verde no parâmetro a* e coloração amarela na cromaticidade b*.

Segundo Rawls (2018), pães elaborados com farinha de arroz, se comparados aos pães de trigo, costumam apresentar uma coloração mais clara. Tal fato pode ser explicado devido à diferença no teor de proteínas das farinhas, pois uma das principais reações de escurecimento envolvendo panificados é a reação de Maillard, que é uma reação caracterizada pela combinação do grupo carbonila de um açúcar redutor com o grupo amino de uma proteína

na presença de calor. Essa reação é altamente desejável em pão, onde se produz a cor e sabor característicos do produto.

Figura 9 - Pães sem glúten desenvolvidos com e sem as farinhas de milho e castanha-do-Brasil



B1



B2



B3



B4

Fonte: Autoria própria, 2023.

Nota: PC (pão controle sem adição de farinha de milho e castanha-do-Brasil) (B1), PM (Pão adicionado de 25% de farinha integral de milho) (B2), PCB (pão adicionado de 25% castanha-do-Brasil) (B3), PM+ PCB (pão adicionado de 12,5 % farinha de milho e 12,5 % castanha-do-Brasil) (B4).

Na tabela 15, observou-se a análises colorimétricas das crostas dos pães. No parâmetro L*, somente a formulação PCB apresentou diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) em relações as outras formulações. No entanto, todas as formulações tiveram a luminosidade voltada para a tonalidade branca levemente bege, com médias entre 53,03 para o pão controle (PC) a 47,54 para o pão com 25% de farinha de castanha-do-Brasil (PCB)

Tabela 15 - Análises colorimétricas das crostas dos pães sem glúten.

Amostras	Média ± Desvio Padrão*		
	Luminosidade (L*)	Intensidade de vermelho/verde ($\pm a^*$)	Intensidade de amarelo/azul ($\pm b^*$)
PC	53,03 ± 0,22 ^a	12,58 ± 0,03 ^b	25,39 ± 0,01 ^a
PM	52,99 ± 0,09 ^a	11,99 ± 0,01 ^c	24,99 ± 0,03 ^a
PCB	47,54 ± 0,04 ^b	14,47 ± 0,03 ^a	22,11 ± 0,11 ^b
PM+PCB	52,84 ± 0,30 ^a	11,99 ± 0,01 ^c	25,51 ± 0,56 ^a

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações. Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Nota: PC (pão controle sem adição de farinha de milho (FM) e castanha-do-Brasil (FCB), PM (Pão adicionado de 25% de farinha integral de milho), PCB (pão adicionado de 25% castanha-do-Brasil), PM+PCB (Pão adicionado de 12,5 % farinha de milho e 12,5 % castanha-do-Brasil).

Com relação à coordenada a* e b*, a formulação PCB apresentou diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$) em relações as outras formulações. Os valores dos cromas a* da crosta foram positivas para todas as formulações, tendendo levemente para o vermelho.

No parâmetro b* obteve-se valores positivos, o que indica uma coloração amarela. Kuiavski *et al.* (2020) analisaram a cor de pães de mel enriquecidos com farinha de bagaço de malte em diferentes concentrações, aos quais foram divididas as amostras em formulação padrão e as demais formulações em diferentes concentrações de farinha de trigo e farinha de bagaço de malte, todas as amostras também obtiveram luminosidade (L*) abaixo de 50. De acordo com Silva (2017), a cor da crosta é um dos principais atributos para a tomada de decisão do consumidor com relação à aceitação de pães.

5.2.4 Análise de minerais

Conforme as necessidades dietéticas, os minerais podem ser divididos em macroelementos, com necessidades minerais >50 mg/dia, incluindo K, P, Ca, e Mg, e oligoelementos, minerais essenciais, <50 mg/dia, incluindo ferro, zinco e manganês (RUSU *et al.*, 2021). Dentre os macrominerais analisados, o elemento potássio(K) e fósforo (P) foram os mais abundantes em todas as formulações de pães (tabela 16).

Tabela 16- Análises de minerais dos pães sem glúten.

Parâmetros	Média ± Desvio Padrão*			
	PC	PCB	PM	PM+PCB
Ca (g/Kg)	2,00 ± 0,00 ^a	1,51 ± 0,00 ^b	1,27 ± 0,16 ^c	0,96 ± 0,03 ^d
Mg (g/Kg)	1,01 ± 0,00 ^b	1,11 ± 0,00 ^a	0,50 ± 0,02 ^d	0,64 ± 0,06 ^c
K (g/Kg)	1,68 ± 0,14 ^b	2,02 ± 0,05 ^a	1,50 ± 0,02 ^b	1,54 ± 0,01 ^b
P (g/Kg)	1,11 ± 0,01 ^d	1,69 ± 0,02 ^a	1,29 ± 0,05 ^c	1,51 ± 0,08 ^b
Fe (mg/Kg)	13,38 ± 0,03 ^d	15,34 ± 0,89 ^c	39,29 ± 0,00 ^a	18,09 ± 1,18 ^b
Zn (mg/Kg)	11,31 ± 0,72 ^b	14,85 ± 0,20 ^{ab}	14,30 ± 1,21 ^a	16,87 ± 1,82 ^a
Mn (mg/Kg)	10,26 ± 0,27 ^b	10,96 ± 0,00 ^a	9,66 ± 0,14 ^b	9,92 ± 0,35 ^b

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações. Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Nota: PC (pão controle sem adição de farinha de milho (FM) e castanha-do-Brasil (FCB)), PM (Pão adicionado de 25% de farinha integral de milho), PCB (pão adicionado de 25% castanha-do-Brasil), PM+PCB (Pão adicionado de 12,5 % farinha de milho e 12,5 % castanha-do-Brasil).

Para potássio (K) somente o pão com farinha de castanha-do-Brasil (PCB) apresentou diferença estatística ($p>0,05$) em relação ao pão controle, com isso nota-se que os pães adicionados de farinha de castanha-do-Brasil expressaram um acréscimo em seu teor mineral (1,68 para 2,02 g/kg). O potássio ajuda a manter o volume do fluido inter e intracelular, regula parcialmente a pressão sanguínea, regula e gera impulsos nervosos no corpo (ADEBIYI *et al.*, 2018).

No que se refere ao fósforo, todas as formulações diferenciaram-se estaticamente ($p>0,05$) entre si, como também em relação à formulação controle, variando entre 1,11 e 1,69. O fósforo forma um componente importante dos dentes, ossos e fosfolípidios nas membranas celulares. Ajuda a manter o pH fisiológico, a síntese de nucleotídeos e várias reações de transferência de energia (GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017).

O cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) diminuíram significativamente ($p>0,05$) nas formulações enriquecidas com farinha de milho e castanha-do-Brasil. Essa redução pode estar associada a presença do ácido fítico presente nos cereais como milho, em sementes, nozes e amendoins. Do ponto de vista nutricional, o alto consumo desses compostos pode levar à redução da biodisponibilidade de minerais, como cálcio e magnésio devido à capacidade

quelante em minerais bivalentes (GUPTA; GANGOLIYA; SINGH, 2015). Resultados semelhantes de cálcio ao desse trabalho foram encontrados por Alves, Constant e Teles (2022) (2,0g/kg) em pães de forma enriquecidos com farinha de palma forrageira.

Dentre os oligoelementos, o que mais se destacou foi o ferro (39,29 mg/kg) na formulação PM. Este valor foi superior às pesquisas de Oyeyinka, Singh e Amonsou (2021), em massas alimentícias enriquecidas com farinha de amendoim (3,50–13,00 mg/kg).

De acordo com Ruas *et al.* (2022) o ferro usado pelo organismo é obtido de duas formas: da dieta e da reciclagem de hemácias senescentes. A deficiência desse mineral ocasiona consequências para todo o organismo, sendo a anemia a manifestação mais significativa. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), grande parte da população mundial possui deficiência de ferro, que podem estar relacionadas a hemoglobinopatias, parasitoses e alimentação (SILVA; ALMEIDA; BENCHAYA, 2021).

Quanto ao zinco foi o segundo micromineral mais abundante em todas as formulações enriquecidas com as farinhas de milho e castanha-do-Brasil. O zinco é oligoelemento essencial em vários sistemas enzimáticos (JAN; SAXENA; SINGH, 2018; TORRES-VARGAS *et al.*, 2021). O valor de zinco foi superior às pesquisas de Oyeyinka, Singh e Amonsou (2021), em massas alimentícias enriquecidas com farinha de amendoim (1,00–2,00 mg/kg).

O manganês apresentou uma leve elevação na formulação de pão com castanha-do-Brasil (PCB), já nas formulações PM e PM+PCB observou-se uma redução. O manganês funciona como um cofator para enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos, aminoácidos e colesterol (ADEBIYI *et al.*, 2017).

5.2.5 Volume específico dos pães

A determinação do volume específico trata-se de um dos parâmetros mais importantes nas análises do pão, pois, junto da cor, são as primeiras propriedades observadas pelo consumidor, e caso não esteja conforme o esperado pode afetar tanto a aceitação visual quanto a sensorial. Durante o processo, o volume é estabelecido a partir da quantidade de gás produzido na etapa de fermentação e posterior retenção deste gás durante o forneamento (FEITOSA *et al.*, 2013; PROFETA *et al.*, 2023).

Logo, se a massa possuir baixa resistência a extensão ela não consegue reter o gás CO₂, oriundo da fermentação e não consegue manter o volume. Para o caso em que a massa possui alta resistência a extensão, os gases produzidos podem ser insuficientes e não conseguirão expandir a massa, ocasionando um pão com pequeno volume (EL DASH, 1982;

PROFETA, *et al.*, 2023). Os volumes específicos dos pães sem glúten podem ser visualizados na tabela 17.

Tabela 17- Volume específico dos pães sem glúten.

Formulação	Volume específico (mL/g)
PC	1,90 ^a ± 0,02
PM	2,19 ^b ± 0,12
PCB	1,90 ^a ± 0,13
PM+PCB	2,25 ^b ± 0,56

*Dados da pesquisa, 2023. *Os dados são expressos como média ± desvio padrão de 3 observações. Médias ± Desvio-padrão seguidas de Letras iguais nas linhas indicam que os dados não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Nota: PC (pão controle sem adição de farinha de milho (FM) e castanha-do-Brasil (FCB), PM (Pão adicionado de 25% de farinha integral de milho), PCB (pão adicionado de 25% castanha-do-Brasil), PM+PCB (Pão adicionado de 12,5 % farinha de milho e 12,5 % castanha-do-Brasil).

O volume específico apresentou diferença estatística ($p > 0,05$) entre as formulações testadas. Observou-se maior volume específico para PM e PM+PCB em relação ao pão padrão. Esse comportamento também foi observado por Santos *et al.* (2018) em pães adicionados de farinha de subprodutos do mamão em relação à amostra padrão (volume específico: de 4,84 para 2,06) e por Ramos e Queiroz (2019), para pães adicionados de folhas de ora-pro-nóbis (volume específico: de 2,93 para 2,03).

Charoenthaikij *et al.* (2010), relatam em seus estudos que os pães adicionados de 30% de farinhas de arroz integral germinada e 30% de farinha de arroz integral em pães, reduziram o glúten, causando a saída dos gases de fermentação, afetando diretamente o volume específico, produzindo um pão com a estrutura mais compacta e uma maior dureza. O volume específico é afetado também pela presença das fibras, que devido a estruturas alongadas podem romper as estruturas que retêm o CO₂, que por sua vez, formam grandes bolhas de gás na massa, visualizados como defeitos na fabricação (VILHALVA *et al.*, 2011). Além disso, as fibras competem com as proteínas geradoras do glúten pela água da formulação, tornando indisponível para a criação da rede proteica (BORGES *et al.*, 2013).

6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que as farinhas de milho e de castanha-do-Brasil utilizadas nesta pesquisa têm um grande potencial tecnológico em diversas aplicações para a indústria alimentícia, sendo uma ótima opção para o desenvolvimento de pão sem glúten e outros produtos de panificação tecnológicos e com possibilidade de comercialização.

Os objetivos deste trabalho foram plenamente alcançados, as farinhas de milho e de castanha-do-Brasil como ingredientes atenderam aos requisitos tecnológicos e nutricionais nos pães elaborados.

Recomendam-se futuras pesquisas que aprofundem as propriedades tecnológicas e sensoriais nas proporções de substituição da farinha de arroz como também avaliar o valor biológico *in vivo* das formulações do pão sem glúten.

REFERÊNCIAS

- ABUD, AK. S. *et al.* Incorporação de farinha de resíduo de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa para combater o desperdício. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, v. 12, n. 1-4, p. 257-265, 2009.
- ACELBRA/SP. **Associação de Celíacos do Brasil**, São Paulo. Disponível em: <http://www.ancelbra.org.br/2004/estatisticas.php> . Acesso em: 20 jul. 2023.
- ACELBRA. Associação dos Celíacos do Brasil. **Dados estatísticos**. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.ancelbra.org.br/2015/doencaceliaca.php>. Acesso em: 23 nov. 2022.
- ADEBIYI, J. A.; OBADINA, A. O.; ADEBO, O. A.; KAYITESI, E. Comparison of nutritional quality and sensory acceptability of biscuits obtained from native, fermented, and malted pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour. **Food chemistry**, v. 232, p. 210-217, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.020>
- ADEBIYI, J. A.; OBADINA, A. O.; ADEBO, O. A.; KAYITESI, E., E. Fermented and malted millet products in Africa: Expedition from traditional/ethnic foods to industrial value-added products. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 58, n. 3, p. 463-474, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1188056>
- AFONSO, D.; JORGE, R.; MOREIRA, A. C. Alimentos com e sem glúten: análise comparativa de preços de mercado. **Acta portuguesa de nutrição**, n. 4, p.10-16, 20016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- ANVISA, **Guia para determinação de prazos de validade de alimentos**, guia n.16/2018 – Versão 1, 06 de novembro de 2018.
- AGUIAR, E. V.; SANTOS, F. G.; CENTENO, A. C. L. ; CAPRILES, V. D. Influence of pseudocereals on gluten-free bread quality: A study integrating dough rheology, bread physical properties and acceptability. **Food Research International**, v. 150, p.110762,2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110762>
- AGUIAR, E. V.; SANTOS, F. G.; FAGGIAN, L.; SILVEIRA ARAUJO, M. B.; ARAÚJO, V. A.; CONTI, A. C. ; CAPRILES, V. D. An integrated instrumental and sensory techniques for assessing liking, softness and emotional related of gluten-free bread based on blended rice and bean flour. **Food Research International**, v. 154, p.110999, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.110999>
- AKIN, P. A.; SEZER, B.; SANAL, T.; APAYDIN, H.; KOKSEL, H.; BOYACI, İ. H. Multi-elemental analysis of flour types and breads by using laser induced breakdown spectroscopy. **Journal of Cereal Science**, v. 92, p. 102920, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102920>
- ALBUQUERQUE, F. P.; SOUSA, I. G.; SOUZA, B. B.; MAUÉS, J. H. S.; LANARO, C.; ALBUQUERQUE, D. M. ; COSTA, F. F. Mecanismos Moleculares Envolvidos no Aumento da Expressão de HBF in vitro em uma Subpopulação de Células CD34+ de Pacientes com β -talassemia maior. **Hematology, Transfusion and Cell Therapy**, v. 43, p. S24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.htct.2021.10.041>
- ALCÂNTARA, R. G.; CARVALHO, R. A.; VANIN, F. M.. Evaluation of wheat flour substitution type (corn, green banana and rice flour) and concentration on local dough

properties during bread baking. **Food Chemistry**, v. 326, p. 126972, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126972>

ALCÁZAR-ALAY, S. C.; MEIRELES, M. A. A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. **Food Science and Technology**, v. 35, p. 215-236, 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6749>

ALENCAR, N. M. M.; ARAÚJO, V. A.; FAGGIAN, L.; DA SILVEIRA ARAÚJO, M. B.; CAPRILES, V. D. What about gluten-free products? An insight on celiac consumers' opinions and expectations. **Journal of Sensory Studies**, v. 36, n. 4, p. e12664, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/joss.12664>

ALPIZAR-REYES, E.; CARRILLO-NAVAS, H.; GALLARDO-RIVERA, R.; VARELA-GUERRERO, V.; ALVAREZ-RAMIREZ, J.; PÉREZ-ALONSO, C. Functional properties and physicochemical characteristics of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed mucilage powder as a novel hydrocolloid. **Journal of Food Engineering**, v. 209, p. 68-75, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.021>

ALUGE, O. O.; AKINOLA, S. A.; OSUNDAHUNSI, O. F. **Food and Nutrition Sciences**, v. 7, n. 13, p. 1241-1252, 2016. DOI: 10.4236/fns.2016.713114

ALVES, M. D. J.; MOURA, A. K. S.; COSTA, L. M.; ARAÚJO, É. J. F. D.; SOUSA, G. M. D.; COSTA, N. D. D. J.; CITÓ, A. M. D. G. L. Teor de fenóis e flavonoides, atividades antioxidante e citotóxica das folhas, frutos, cascas dos frutos e sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth (*Leguminosae–Mimosoideae*). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 13, n. 5, p. 466 – 476, 2014.

ALVES, S. A.; CONSTANT, P. B. L.; TELES, A. R. S. Physical-chemical and sensory evaluation of bread made with forage palm flour (*Opuntia ficus-indica*). **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. e14101119433, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i11.19433.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS- AACC. **Approved Methods of Analysis**. 10. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 2010.

AMMAR, I.; SEBII, H.; ALOUI, T.; ATTIA, H.; HADRICH, B.; FELFOUL, I. Optimization of a novel, gluten-free bread's formulation based on chickpea, carob and rice flours using response surface design. **Heliyon**, v. 8, n. 12, e12164, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12164>

ANGELIS, D.; PASQUALONE, A.; ALLEGRETTA, I.; PORFIDO, C.; TERZANO, R.; SQUEO, G.; SUMMO, C. Antinutritional factors, mineral composition and functional properties of dry fractionated flours as influenced by the type of pulse. **Heliyon**, 7, e06177, 1-8, 2021.

ANNOR, G. A.; TYL, C.; MARCONE, M.; RAGAE, S.; MARTI, A. Why do millets have slower starch and protein digestibility than other cereals?. **Trends in Food Science & Technology**, v. 66, p. 73-83, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.012>

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. Washington: APHA; 2001.

ARAÚJO, W. M.; MONTEBELLO, N. D. P.; BOTELHO, R. B.; BORGIO, L. A. Alquimia dos alimentos. rev. e ampl. **Brasília, DF: Senac**, 2014.

- ARAÚJO, K. T. A.; SILVA, R. M.; SILVA, R. D.; FIGUEIRÊDO, R. D.; QUEIROZ, A. D. M. Caracterização físico-química de farinhas de frutas tropicais. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 110-115, 2017.
- ARAÚJO, M. L. L. M.; CERQUEIRA, Z. M. F.; ARAÚJO M. S. L.; CAMPOS, C. D. M. F.; SILVA, D. T. S.; OLIVEIRA SOARES, A. K.; REIS M.; ARAÚJO, R. S. Análise da composição centesimal e do valor energético das farinhas obtidas a partir de amêndoas do cerrado. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 8430-8438, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-232>
- ARIMATÉA, C. D.C.; PAGANI, A.A. C.; CARVALHO, M.D. S. Elaboração e composição química de pão de forma enriquecido com resíduos agroindustriais de frutas. **Higiene alimentar**, v. 30, n. 260/261, p. 100-104, 2016.
- AZEEZ, S. O.; CHINMA, C. E.; BASSEY, S. O.; EZZE, U. R.; MAKINDE, A. F.; SAKARIYAH, A. A.; OKUBANJO, S. S.; DANBABA, N.; ADEBO, O. A. Impact of germination alone or in combination with solid-state fermentation on the physicochemical, antioxidant, in vitro digestibility, functional and thermal properties of brown finger millet flours. **LWT - Food Science and Technology**, 154, 112734, 1-9, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112734>
- BALA, M.; HANDA, S.; MRIDULA, D.; SINGH, R. K. Physicochemical, functional and rheological properties of grass pea (*Lathyrus sativus L.*) flour as influenced by particle size. **Heliyon**, v. 6, n. 11, p. e05471, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05471>
- BENDER, D.; SCHÖNLECHNER, R. Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. **Journal of Cereal Science**, v. 91, p. 102904, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904>
- BENÍTEZ, V.; CANTERA, S.; AGUILERA, Y.; MOLLÁ, E.; ESTEBAN, R. M.; DÍAZ, M. F.; MARTÍN-CABREJAS, M. A. Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. **Food Research International**, v. 50, n. 1, p. 64-69, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.044>
- BELTRAN, L. B.; SOUZA, A. C.; MELONI, C. E. P.; MAGIERO, P. E.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S. Avaliação da capacidade antioxidante e propriedades tecnológicas da farinha do fruto da Palmeira *Aiphanes Aculeata*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 36868-36884, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-243>
- BERZUINO, M. B.; FERNANDES, R. C. S.; LIMA, M. A.; MATIAS, A. C. G.; PEREIRA, I. Alergia alimentar e o cenário regulatório no Brasil. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.14 n.2, p. 23-36, 2017. doi.org/10.5216/ref.v14i2.43433.
- BEZERRA, J. M.; SILVA VIEIRA, M. M.; SANTOS, A. F.; RÊGO FARIAS, E. T.; LOPES, M. F.; SANTOS SOUZA, A. Composição química de oito cultivares de feijão-caupi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 41-47, 2019. DOI: 10.18378/rvads.v14i1.6683
- BLOCK, J. M. **Uma abordagem bibliográfica sobre bebidas vegetais: seu potencial econômico, consumo, características de composição e processo produtivo**, 2020.

BOLARINWA, I. F.; ARUNA, T. E.; RAJI, A.O. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 2, p. 195-200, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.002>

BORGES, J. T. D. S.; PIROZI, M. R.; DE PAULA, C. D.; RAMOS, D. L.; CHAVES, J. B. P. Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 1, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v29i1.22758>

BORGES, J. T. S. ; VIDIGAL, J. G. , SILVA, N. A. S.; PIROZI, M. R., PAULA, C. D. Caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 305-319, 2013.

BORGES, M. V.; SOUSA, E. B.; SILVEIRA, M. F. A.; SOUZA, A. R. M.; ALVES, V. M.; NUNES, L. B. M. ; BARROS, S. K. A. Physico-chemical and technological properties of acai residue flour and its use . **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. e17810514517, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.14517.

BOZDOGAN, N.; KUMCUOGLU, S.; TAVMAN, S. Investigation of the effects of using quinoa flour on gluten-free cake batters and cake properties. **Journal of food science and technology**, v. 56, p. 683-694, 2019.

BRANDÃO, S.S.; LIRA, H. D. L. **Tecnologia de Panificação, Massas e Confeitaria**. 2016.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 28, n. 1, p.25-30, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

BRASIL . Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) para proteínas, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 set. 2005a.

BRASIL - Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. Instrução normativa nº 8, de 2 de junho de 2005b. Aprova o “Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo”. **Diário Oficial da União**,2005b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 31 de 18 de Outubro de 2005. Define a referência para métodos analíticos que possam a constituir padrões oficiais para análises físico-químicas de conformidade da Farinha de Trigo ao Padrão de Identidade e Qualidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, conforme o anexo desta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de Outubro de 2005c.

BRASIL, **Tabela brasileira de composição de alimentos** - TACO. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA, UNICAMP, 4. ed. revisada e ampliada, Campinas: NEPA- UNICAMP, 161 p. 2011.

BRASIL-Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Aprova o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar . **Diário Oficial da União**,2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 711, de 1 de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos

amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães. Brasília, DF: ANVISA, 2022.

BURLEY, H. K.; PATTERSON, P. H. Brazil nut meal and spray-dried egg powders as alternatives to synthetic methionine in organic laying hen diets. **Poultry science**, v. 96, n. 11, p. 3994-4005, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pex222>

BUSTILLOS-RODRÍGUEZ, J. C.; ORDÓÑEZ-GARCÍA, M.; GALLEGOS, J. M.T.; ZAMUDIO-FLORES, P. B.; ORNELAS-PAZ, J. D. J.; ACOSTA-MUÑIZ, C. H.; RIOS-VELASCO, C. Physicochemical, thermal and rheological properties of native and oxidized starch from corn landraces and hybrids. **Food Biophysics**, v. 14, p. 182-192, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11483-019-09569-z>

CAIO, G.; VOLTA, U.; SAPONE, A., LEFFLER, D. A.; GIORGIO, R.; CATASSI, C.; FASANO, A. Celiac disease: a comprehensive current review. **BMC Medicine**, v.17 ,n.1, 17-142,2019. doi.org/10.1186/s12916-019-1380-z

CAEIRO, C.; PRAGOSA, C.; CRUZ, M. C.; PEREIRA, C. D.; PEREIRA, S. G. THE role of pseudocereals in celiac disease: reducing nutritional deficiencies to improve well-being and health. **Journal of Nutrition and Metabolism**, , v. 8502169, p.8,2022.DOI: doi.org/10.1155/2022/8502169

CANELLA-RAWLS, S. **Pão, arte e ciência**. Editora Senac São Paulo, 2021.

CAPPELLI, A.; OLIVA, N.; CINI, E. A systematic review of gluten-free dough and bread: Dough rheology, bread characteristics, and improvement strategies. **Applied Sciences**, v. 10, n. 18, p. 6559, 2020.DOI: <https://doi.org/10.3390/app10186559>

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Novel approaches in gluten-free breadmaking: interface between food science, nutrition, and health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 5, p. 871-890, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12091>

CAPRILES, V. D.; SANTOS, F.G.; ARÊAS, J.A.G. Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds. **Journal of Cereal Science**, v. 67, p. 83-91, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.08.005>

CAPRILES, V. D.; SANTOS, F. G.; AGUIAR, E.V. Innovative gluten-free breadmaking. **Trends in wheat and bread making**, p. 371-404, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821048-2.00013-1>

CARDOSO, B. R.; DUARTE, G. B. S.; REIS, B. Z.; COZZOLINO, S. M. Brazil nuts: Nutritional composition, health benefits and safety aspects. **Food Research International**, v. 100, p. 9-18, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.036>

CARDOSO, R. V. C.; FERNANDES, Â., HELENO, S. A.; RODRIGUES, P.; GONZÁLES-PARAMÁS, A. M.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. F. R. Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. **Food Chemistry**, v.280, p.123-129, 2019.

CARDOSO, D. R.; PINTO, L. I. F.; LIMA, M. A.; SOARES, I. F.; ROCHA, F. P. D. S.; SILVA, R. A. D.; VIANA, V. G. F. Potencial tecnológico e composição de Farinha de Jenipapo (*Genipa americana* L.) obtida por secagem em convecção. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 33448-33467, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-050>

CARNEIRO, T. S.; OLIVEIRA, G. L. S.; SANTOS, J. D.; CONSTANT, P. B. L.; CARNELOSSI, M. A. G. Avaliação da farinha de banana verde com aplicação de

antioxidantes. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28634-28643, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-346>

CAROCHO, M.; MORALES, P.; CIUDAD-MULERO, M.; FERNANDEZ-RUIZ, V.; FERREIRA, E.; HELENO, S.; FERREIRA, I. C. Comparison of different bread types: Chemical and physical parameters. **Food chemistry**, v. 310, p. 125954, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125954>

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras: Coleção espécies arbóreas. v.5, 634 p, **Embrapa Florestas**, 2014.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da panificação**. 2. ed. Barueri: Manole. 2009.

CERÓN-FERNANDEZ, C. L.; GUERRA-MORCILLO, L. V.; LEGARDA-QUINTERO, J. A.; ENRÍQUEZ-COLLAZOS, M. G.; PISMAG-PORTILLA, Y. A. M. I. D. Efeito da Extrusão Sobre as Características Físico-Químicas da Farinha de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). **Biología en el sector Agropecuario y Agroindustrial**, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2016. DOI: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)92-99](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)92-99)

CHANDRASEKARA, A.; SHAHIDI, F. Bioaccessibility and antioxidant potential of millet grain phenolics as affected by simulated in vitro digestion and microbial fermentation. **Journal of functional foods**, v. 4, n. 1, p. 226-237, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.11.001>

CHAROENTHAIKIJ, P., JANGCHUD, K., JANGCHUD, A., PRINYAWIWATKUL, W.; TUNGTRAKUL, P. Germination conditions affect selected quality of composite wheat-germinated brown rice flour and bread formulations. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 75, n. 6, p. 312-318, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01712.x>

CHEW, Y. L.; LING CHAN, E. W; TAN, P. L.; LIM, Y. Y.; STANSLAS, J.; GOH, J. K. Assessment of phytochemical content, polyphenolic composition, antioxidant and antibacterial activities of Leguminosae medicinal plants in Peninsular Malaysia. **BMC complementary and alternative medicine**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2011.

CHIANG, S. H.; CHEN, C. S.; CHANG, C. Y. Effect of wheat flour protein compositions on the quality of deep-fried gluten balls. **Food Chemistry**, v. 97, n. 4, p. 666–673, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.030>

CHINMA, C. E.; ABU, J. O.; ASIKWE, B. N.; SUNDAY, T.; ADEBO, O. A. Effect of germination on the physicochemical, nutritional, functional, thermal properties and in vitro digestibility of Bambara groundnut flours. **LWT - Food Science and Technology**, 140, 110749, 1-11, 2021.

COFFMANN, G. W. O.; GARCIA, V. V. Functional properties and amino acid content of protein isolate from mungbean flour. **Journal of Food Science and Technology**, 12, 423-477, 1997.

COHEN, K. O.; CHISTE, R. C.; MATHIAS, E. A. Obtenção de farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-Brasil. **Circular técnica 42, 2006**. Disponível em: <https://WWW.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/40932I/producao-de-farinha-parcialmente-desengordurada-de-castanha-do-brasil>. Acesso em: 17 fev. 2023.

COLPO, E.; VILANOVA, C. D. D.; REETZ, L. G. B.; DUARTE, M. M.; FARIAS, I. L. G.; MEINERZ, D. F.; DA ROCHA, J. B. T. Brazilian nut consumption by healthy volunteers

improves inflammatory parameters. **Nutrition**, v. 30, n. 4, p. 459-465, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112042>

COMETTANT-RABANAL, R.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; CHÁVEZ, D. W. H.; GERMANI, R. Extruded whole grain flours and sprout millet as functional ingredients for gluten-free bread. **LWT**, v. 150, p. 112042, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.005>

COURI, M. H. S.; GIADA, M. L. R. Pão sem glúten adicionado de farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*): avaliação física, química e sensorial. **Revista Ceres**, v. 63, p. 297-304, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663030004>

CRUZ, M. L. **Avaliação de condições operacionais na fermentação alcoólica VHG empregando diferentes cepas de *Saccharomyces cerevisiae***. 2019.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. Artmed editora, 2018.

DANTAS, D.; PASQUALI, M. A.; CAVALCANTI-MATA, M.; DUARTE, M. E.; LISBOA, H. M. Influence of spray drying conditions on the properties of avocado powder drink. **Food chemistry**, v. 266, p. 284-291, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.016>

DIAS, L. T.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 692–700, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000400015>

DIAS-MARTINS, A. M.; PESSANHA, K. L. F.; PACHECO, S.; RODRIGUES, J. A. S.; CARVALHO, C. W. P. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.023>

DIONISIO, L. F. S.; AUCA, E. C.; BARDALES-LOZANO, R. M.; SCHWARTZ, G., RP, R.; CORVERA-GOMRINGER, R. Production of *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., (Lecythidaceae) seedlings in microenvironments under different substrates, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 14, n. 3, p.1-6 2019.

DOMINGUES, B. C.; RIBEIRO, T. R.; NEVES, A. L.; NASCIMENTO-JÚNIORA, N. M. Suplementos Alimentares: Aspectos Químicos e Aplicações de Macro e Micronutrientes. **Rev. Virtual Quim**, v. 15, p. 1-41, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220121>

DRAKOS, A.; KYRIAKAKIS, G.; EVAGELIOU, V.; PROTONOTARIOU, S.; MANDALA, I.; RITZOULIS, C. Influence of jet milling and particle size on the composition, physicochemical and mechanical properties of barley and rye flours. **Food Chemistry**, v. 215, p. 326-332, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.169>

DU, S. K.; JIANG, H.; YU, X.; JANE, J. L. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. **LWT-Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 308-313, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.06.001>

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; SANTOS, F. G. **Fisiologia da planta de milheto**. 2003.

ĐUROVIĆ, S.; VUJANOVIĆ, M.; RADOJKOVIĆ, M.; FILIPOVIĆ, J.; FILIPOVIĆ, V.; GAŠIĆ, U.; TEŠIĆE, Ž.; MAŠKOVIĆ, P.; ZEKOVIĆ, Z. The functional food production:

Application of stinging nettle leaves and its extracts in the baking of a bread. **Food Chemistry**, v. 312, p. 126091, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126091>

EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y.; MUNCH, L. Cereal a renewable resource: theory and practice. Wageningen: **American Association of Cereal Chemists**, p. 165-216, 1982.

ELTAYEB, A.R.A.M.; ALI, A.O.; ABOU-ARAB, A.A.; ABU-SALEM, F.M. Chemical composition and functional properties of flour and protein isolate extracted from Bambara groundnut (*Vigna subterranean*). **African Journal of Food Science**, v. 5, n. 2, p. 82-90, 2011.

EMBASHU, W; NANTANGA, K. K. M. Pearl millet grain: A mini review of the milling, fermentation and brewing of ontaku, a non-alcoholic traditional beverage in Namibia. **Transactions of the Royal Society of South Africa**, v. 74, n. 3, p. 276-282, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/0035919X.2019.1650310>

EMBRAPA – **Árvore do conhecimento**: Castanha-do-Brasil. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2010.

EVANGELHO, J. A., PINTO, V. Z., DA ROSA ZAVAREZE, E., VANIER, N. L., DIAS, A. R. G., ; BARBOSA, L. M. P. Propriedades tecnológicas e nutricionais de pães preparados com diferentes proporções de farinha de arroz e farinha de arroz extrusada. **Revista brasileira de agrociência**, v.18 n.4, p.264-282, 2012.

FAGGIAN, L.; AGUIAR, E. V.; ARAUJO, M. B. D. S. ; ARAUJO, V. A. D.; CAPRILES, V. D. Potential of bean flour in the development of gluten-free bread with added nutritional value. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 11, p. e98991110929, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10929.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. sorghum and maize in human nutrition. 1995. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/T0818e/T0818E00.htm/>. Acesso em: 18 mai. 2023.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **International Year of Millets**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/millets-2023/en>. Acesso em: 03 jan. 2023.

FASANO, A., ARAYA, M., BHATNAGAR, S., CAMERON, D., CATASSI, C., DIRKS, M., MEARIN, M.L., ORTIGOSA, L., PHILLIPS, A., Federation of International Societies of Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition Consensus Report on Celiac Disease. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**. v. 47, n. 2, p. 214-219, 2008. DOI: 10.1097/MPG.0b013e318181afed

FEITOSA, L. R. G. D. F.; MACIEL, J. F.; BARRETO, T. A.; MOREIRA, R. T. Avaliação de qualidade do pão tipo francês por métodos instrumentais e sensoriais. **Semina Ci. agr.**, p. 693-704, 2013.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos-**: Princípios e Prática. Artmed Editora, 2018.

FERNANDES, S.S. ; MELLADO, M. D. L. M. S. Development of mayonnaise with substitution of oil or egg yolk by the addition of chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage. **Journal of food science**, v. 83, n. 1, p. 74-83, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13984>

FERNANDES, T. C. R.; CAMARGOS, L. F. D.; CAMILO, P. A.; JESUS, F. G. D.; SIQUEIRA, A. P. S. Caracterização tecnológica da farinha de grão-de-bico variedade BRS

cristalino. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, p. 1-8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.08221>

FERRAZ, L.; ALBIERO, C.; BOECHAT, S. G.; FONSECA, I. P.; FARIAS, V. P.; BRAGA, A.; FÁTIMA L. P. Micronutrientes e sua importância no período gestacional. **Saber Científico (1982-792X)**, v. 7, n. 1, p. 68-82, 2021.

FERREIRA, C. M.; LIMA, S. B.; ZAMBELLI, R. A.; AFONSO, M. R. A. Efeito da farinha mista de subprodutos vegetais em pães tipo forma. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 8710-8724, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-254>

FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. 9. ed. RJ: Atheneu. 324p. 2001.

FRANCO, B.D.G.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2004.

FREITAS, S. P.; FREITAS, S. O.; MIRANDA, I. C. D.; COELHO, M. A. Z. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha-do-Brasil com etanol. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 14-17, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000500002>

GASPAR, P. B.; SPOTO, M. H. F.; BORGES, M. T. M. R.; BERNARDI, M. R. V. Elaboração de farinhas e biscoitos com resíduos da agroindústria familiar. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 25488-25506, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-123>

GERMANO, P. M.L.; GERMANO, M. I. S. Higiene e vigilância sanitária de alimentos. In: **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**, p. 629-629, 2019.

GHARIBZAHEDI, S. M. T.; JAFARI, S. M. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 62, p. 119-132, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.017>

GODOS, J.; GIAMPIERI, F.; MICEK, A., BATTINO, M.; FORBES-HERNÁNDEZ, T. Y.; QUILES, J. L.; GROSSO, G. Effect of Brazil nuts on selenium status, blood lipids, and biomarkers of oxidative stress and inflammation: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. **Antioxidants**, v. 11, n. 2, p. 403-411, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11020403>

GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. F. **Análises físico-químicas de alimentos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2011.

GOMES, A. A. B.; FERREIRA, M. E.; PIMENTEL, T. C. Bread with flour obtained from green banana with its peel as partial substitute for wheat flour: Physical, chemical and microbiological characteristics and acceptance. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 5, 2016.

GUIMARÃES, R. D. C. A.; FAVARO, S. P.; VIANA, A. C. A.; BRAGA NETO, J. A.; NEVES, V. A.; HONER, M. R. Study of the proteins in the defatted flour and protein concentrate of baru nuts (*Dipteryx alata Vog*). **Food Science and Technology**, v. 32, p. 464-470, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000065>

GUPTA, R.K.; GANGOLIYA, S.S.; SINGH, N.K. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. **Journal of food science and technology**, v. 52, p. 676-684, 2015.

HAMDANI, A. M.; WANI, I. A.; BHAT, N.A. Gluten free cookies from rice-chickpea composite flour using exudate gums from acacia, apricot and karaya. **Food Bioscience**, v. 35, p. 100541, 2020.

HAN, A.; ROMERO, H. M.; NISHIJIMA, N.; ICHIMURA, T.; ZHANG, Y. Effect of egg white solids on the rheological properties and bread making performance of gluten-free bated. **Food Hydrocolloids**, v.87, p.287-96, 2019. DOI: doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.022

HANSEN, M.; PEDERSEN, B.; MUNCK, L.; EGGUM, B.O. Weaning foods with improved energy and nutrient density prepared from germinated cereals. 1. Preparation and dietary bulk of gruels based on barley. **Food Nutr Bull**, v. 11, n. 2, p. 40-45, 1989.

HERCULANO, L. D. F. L.; PONTES, D. F.; RODRIGUES, C. L. J.; BARROSO, L. P.; OLIVEIRA, M. N.; MEDEIROS, S. R. A. Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas/Development of gluten-free breads from under-exploited flours. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 62905-62924, 2021. DOI:10.34117/bjdv7n6-595

HORSTMANN, S. W.; LYNCH, K. M.; ARENDT, E. K. Starch characteristics linked to gluten-free products. **Foods**, v. 6, n. 29, 2017.

HOSSAIN, M. T.; HOSSAIN, M. M.; SARKER, M.; SHUVO, A. N.; ALAM, M. M.; RAHMAN, M. S. Development and quality evaluation of bread supplemented with jackfruit seed flour. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 3, n. 5, p. 484, 2014. DOI: 10.11648/j.ijnfs.20140305.28

HOUBEN, A.; HÖCHSTÖTTER, A.; BECKER, T. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. **European Food Research and Technology**, v. 235, p. 195-208, 2012.

IAL, INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Físico-Químicos para Análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo. 1000p. 2008.

JAN, R.; SAXENA, D. C.; SINGH, S. Comparative study of raw and germinated Chenopodium (*Chenopodium album*) flour on the basis of thermal, rheological, minerals, fatty acid profile and phytochemicals. **Food Chemistry**, v. 269, p. 173-180, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.003>

JOSHI, A.U.; LIU, C.; SATHE, S.K. Functional properties of select seed flours. **LWT-Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 325-331, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.038>

KALSCHNE, D. L.; SILVA-BUZANELLO, R. A. D.; BYLER, A. P. I.; SCREMIN, F. R.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. D.; CANAN, C. Arroz e farelo de arroz de diferentes cultivares: caracterização físico-química, por espectroscopia e análise térmica. **Semina Ciências Agrárias**, v. 41, n. 06, p. 3081-3092, 2020. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n6Supl2p3081

KAUR, M.; SINGH, N. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Food chemistry**, v. 91, n. 3, p. 403-411, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.015>

KAUR, M.; SANDHU, K. S.; ARORA, A.; SHARMA, A. Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory

properties. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 628-632, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.039>

KOÇ, B.; SAKIN-YILMAZER, M.; KAYMAK-ERTEKIN, F.; BALKIR, P. Physical properties of yoghurt powder produced by spray drying. **Journal of food science and technology**, v. 51, p. 1377-1383, 2014.

KUIAVSKI, M. P.; BEZERRA, J. R. M. V.; TEIXEIRA, Â. M.; RIGO, M. Elaboração de pães com adição de farinha do bagaço de malte. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 53208-53221, 2020.

KUMAR, A.; TOMER, V.; KAUR, A.; KUMAR, V.; GUPTA, K. Millets: Uma solução para os desafios agrários e nutricionais. **Agricultura e Segurança Alimentar**, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2018.

KUREK, M.; ŠČETAR, M. Edible coatings minimize fat uptake in deep fat fried products: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 71, p. 225-235, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.006>

LAPČÍKOVÁ, B.; BUREŠOVÁ, I.; LAPČÍK, L.; DABASH, V.; VALENTA, T. Impact of particle size on wheat dough and bread characteristics. **Food chemistry**, v. 297, p. 124938, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.06.005>

LEE, S; INGLET, G. E. Rheological and physical evaluation of jet-cooked oat bran in low calorie cookies. **International journal of food science & technology**, v. 41, n. 5, p. 553-559, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01105.x>

LEONEL, S.; LEONEL, M.; SAMPAIO, A. C. Processamento de frutos de abacaxizeiro cv smooth cayenne: perfil de açúcares e ácidos dos sucos e composição nutricional da farinha de cascas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, V. 36, n. 2, p. 433-439, 2014. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-274/13>

LIMA, L. W.; STONEHOUSE, G. C.; WALTERS, C.; MEHDAWI, A. F. E.; FAKRA, S. C.; PILON-SMITS, E. A. Selenium accumulation, speciation and localization in Brazil nuts (*Bertholletia excelsa* HBK). **Plants**, v. 8, n. 8, p. 289, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8080289>

LOPES, M.; CAVALEIRO, C.; RAMOS, F. Sodium reduction in bread: A role for glasswort (*Salicornia ramosissima* J. Woods). **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 16, n. 5, p. 1056-1071, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12277>

LOURENÇO, S.C.; MOLDÃO-MARTINS, M.; ALVES, V. D. Antioxidants of natural plant origins: From sources to food industry applications. **Molecules**, v. 24, n. 22, p. 4132, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24224132>

LUDVIGSSON, F. J., LEFFLER, A. D., BAI, J. C., BIAGI, F., FASANO, A. The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. **Gut**. v. 62, p. 43-52, 2012. <http://dx.doi.org/10.1136/gutjnl-2011-301346>

MACEDO, A. J. S. ; SANTOS, E. M., OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F. Microbiologia de silagens: revisão de literatura. **Revista Electrónica de Veterinária**, Málaga, v. 18, n. 9, p. 1-11, 2017.

MANDARINO, J. M. G. Componentes do trigo: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas. Londrina, EMBRAPA-CNPSO. 36p. (EMBRAPA CNPSO. Documentos, n 75, 1994

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**, 8. ed. - [3. reimpr.]. – São Paulo: Atlas, 2019.

MAREČEK, V.; MIKYŠKA, A.; HAMPEL, D.; ČEJKA, P.; NEUWIRTHOVÁ, J.; MALACHOVÁ, A.; CERKAL, R. ABTS and DPPH methods as a tool for studying antioxidant capacity of spring barley and malt. **Journal of cereal science**, v. 73, p. 40-45, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.11.004>

MASSI, F. P.; VIEIRA, M. L. C.; SARTORI, D.; PENHA, R. E. S.; DE FREITAS MUNHOZ, C.; FERREIRA, J. M.; FUNGARO, M. H. P. Brazil nuts are subject to infection with B and G aflatoxin-producing fungus, *Aspergillus pseudonomius*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 186, p. 14-21, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.06.006>

MENDES, G. M.; RODRIGUES D.D., R. G.; CAMPIDELI, L. C. Avaliação do teor de antioxidantes, flavonoides e compostos fenólicos em preparações condimentares. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 2, p. 297-304, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_069

MILLAR, K. A.; BARRY-RYAN, C.; BURKE, R.; MCCARTHY, S.; GALLAGHER, E. Dough properties and baking characteristics of white bread, as affected by addition of raw, germinated and toasted pea flour. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 56, p. 2-11, 2019.

MINTEL GROUP LTD. Mintel Group Ltd. **Site da Mintel**, 2023. Disponível em: <https://www.mintel.com/>. Acesso em: 8 mar. 2023.

MIRANDA, E. M. *et. al.* Avaliação de cor e textura de pão de forma integral com grãos de fabricação industrial e artesanal. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 11, n.2, p.322-327, 2021.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Castanha-do-Brasil: Boas Práticas Para o Extrativismo sustentável orgânico**, 1ª Edição. Brasília. 2017.

MORAES, G. ; TEIXEIRA, Y. Mercado de Alimentos sem glúten: Por que investir? **Mult**, 2021. Disponível em: <https://consultoriamult.com.br/blog/alimentos-sem-gluten>.

MORAIS, R. A.; SOUSA MELO, K. K.; OLIVEIRA, T. T. B.; TELES, J. S., PELUZIO, J. M.; SOUZA MARTINS, G. A. Caracterização química, física e tecnologia da farinha obtida a partir da casca de Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 23307-23322, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-050>

MORAES, E. M.; SILVA, L.H. Substituintes da farinha de trigo na elaboração de produtos de panificação sem glúten-uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 3, p. e3512328931-e3512328931, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i3.28931>

MOREIRA, D. B.; JESUS, D.T.; ROCHA, V. C. D.; CHAVES, A. C. T. A. Determinação do teor de cinzas em alimentos e sua relação com a saúde. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 10, p. 3041-3053, 2021. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v7i10.3011>

- MOZAFARPOUR, R.; KOOCHEKI, A.; MILANI, E.; VARIDI, M. Extruded soy protein as a novel emulsifier: Structure, interfacial activity and emulsifying property. **Food Hydrocolloids**, v. 93, p. 361-373, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.036>
- MUDAU, M.; RAMASHIA, S. E.; MASHAU, M. E.; SILUNGWE, H. Physicochemical characteristics of bread partially substituted with finger millet (*Eleusine corocana*) flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, p.1-14, 2021.DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.12320>
- MUTSHINYANI, M; MASHAU, M E; JIDEANI, A. I. O. Bioactive compounds, antioxidant activity and consumer acceptability of porridges of finger millet (*Eleusine coracana*) flours: Effects of spontaneous fermentation. **International Journal of Food Properties**, v. 23, n. 1, p. 1692-1710, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1825485>
- MUSTAČ, N. Č.; NOVOTNI, D.;HABUŠ, M., DRAKULA, S.;NANJARA, L.; VOUČKO, B.; ČURÍČ, D. Storage stability, micronisation, and application of nutrient-dense fraction of proso millet bran in gluten-free bread. **Journal of Cereal Science**, v. 91, p. 102864, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102864>
- NASCIMENTO, W. M. O.; CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H. **Castanha-do-Brasil**, 41p, EMBRAPA, 2010.
- NASCIMENTO, G. R.; NASCIMENTO, J. R.; GOMES, M. S. S. O.; JUNIOR, C. A. L.; SILVA, C. G. ; JÚNIOR, C. J. F. Influência nas propriedades funcionais da película da farinha da amêndoa do coco Babaçu (*Orbignya* sp). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4196-4205, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-283>
- NOGUEIRA, M. E. M.; GUIMARÃES, N. S.; SOARES, O. D. A. D. N. Biscoito sem glúten versus com glúten composição nutricional, ingredientes e custo. **Higiene Alimentar**, v. 2020, n. 01, p. 86–95, 2020. DOI: 10.37585/HA2020.01biscoito
- ODERINDE, R. A.; ADEWUYI, A.; AJAYI, I. A. Determination of the mineral nutrients, characterization and analysis of the fat-soluble vitamins of *Caesalpinia pulcherrima* and *Albizia lebeck* seed and seed oils. **Seed Science and Biotechnology**, v. 2, n. 1, p. 74-78, 2008.
- OLIVEIRA, N. M. A. L.; MACIEL, J. F.; DE SOUSA LIMA, A.; SALVINO, E. M., MACIEL, C. E. P.; OLIVEIRA, D. P. M. N.; FARIAS, L. R. G. Características físico-químicas e sensoriais de pão de forma enriquecido com concentrado proteico de soro de leite e carbonato de cálcio. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 1, p. 16-22, 2011.DOI: <https://doi.org/10.53393/rial.2011.v70.32585>
- OLIVEIRA, I. M.; MELO, F. D. S. N.; SOUSA, M. M.; SOUSA MENEZES, M.; OLIVEIRA PAZ, E.; SILVA CAVALCANTI, M. Utilização de farinhas alternativas em produtos de panificação: uma revisão literária. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e441996228-e441996228, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.6228>
- OYEYINKA, S. A.; SINGH, S.; AMONSOU, E. O. A review on structural, digestibility and physicochemical properties of legume starch-lipid complexes. **Food chemistry**, v. 349, p. 129165, 2021.DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129165>
- PATIL, S. S.; RUDRA, S. G.; VARGHESE, E.; KAUR, C. Effect of extruded finger millet (*Eleusine coracana* L.) on textural properties and sensory acceptability of composite bread. **Food Bioscience**, v. 14, p. 62-69, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.04.001>

- PEI, M.; ZHAO, Z.; CHEN, S.; RESHETNIK, E. I.; GRIBANOVA, S. L.; LI, C.; ZHANG, G.; ZHANG, G.; LIU, L.; ZHAO, L. Physicochemical properties and volatile components of pea flour fermented by *Lactobacillus rhamnosus* L08. **Food Bioscience**, v. 46, p. 101590, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101590>
- PENG, X.; MA, J.; CHENG, K.; JIANG, Y.; FENG, C.; WANG, M. The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. **Food chemistry**, v. 119, n. 1, p. 49-53, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.083>
- PEREIRA, C. T. M. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante in vitro da farinha de resíduo de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 50-56, 2013.
- PESSANHA, K. L. F.; DE MENEZES, J. P.; ANJOS S. D. A.; SILVA FERREIRA, M. V.; TAKEITI, C. Y.; CARVALHO, C. W. P. Impact of whole millet extruded flour on the physicochemical properties and antihyperglycemic activity of gluten free bread. **LWT**, v. 147, p. 111495, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111495>
- PIECHOWIAK, T.; GRZELAK-BŁASZCZYK, K.; BONIKOWSKI, R.; BALAWAJDER, M. Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. **LWT**, v. 117, p. 108614, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108614>
- PIRES, M.B.; SANTOS, A.K.S.; SILVA, K.G. Caracterização das propriedades tecnológicas da farinha de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller). In: VIERA, Vanessa Bordin; PIOVESAN, Natiéli. **Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 2, p. 65-76, 2019.
- PROFETA, J. R.; VIANA, L. M.; BATISTA, J. I.; FELISBERTO, M. H. F. Efeito da adição de fibra de broto de bambu em formulação de pão francês. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 3, p. 10761-10782, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n3-125>
- PURLIS, E. Bread baking: Technological considerations based on process modelling and simulation. **Journal of Food Engineering**, v. 103, n. 1, p. 92-102, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.10.003>
- QADIR, N.; WANI, I. A. Functional properties, antioxidant activity and in-vitro digestibility characteristics of brown and polished rice flours of Indian temperate region. **Grain & Oil Science and Technology**, v. 6, n. 1, p. 43-57, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.12.001>
- QIN, W.; LIN, Z.; WANG, A.; CHEN, Z.; HE, Y.; WANG, L.; TONG, L. T. Influence of particle size on the properties of rice flour and quality of gluten-free rice bread. **Lwt**, v. 151, p. 112236, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112236>
- RAI, S.; KAUR, A.; CHOPRA, C. S. Produtos sem glúten para celíacos suscetíveis. **Fronteiras da nutrição**, v. 5, p. 116, 2018.
- RAMASHIA, S.; GWATA, E.; MEDDOWS-TAYLOR, S.; ANYASI, T.; JIDEANI, A. Nutritional composition of fortified finger millet (*Eleusine coracana*) flours fortified with vitamin B2 and zinc oxide. **Food Research**, v. 5, n. 2, p. 456-467, 2021. DOI: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(2\).320](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(2).320)
- RAMOS, S.; FRADINHO, P.; MATA, P.; RAYMUNDO, A. Assessing gelling properties of chia (*Salvia hispanica* L.) flour through rheological characterization. **Journal of the Science**

of **Food and Agriculture**, v. 97, n. 6, p. 1753-1760, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7971>

RAMOS, R. O.; QUEIROZ, C. R. A. A. Desenvolvimento e caracterização física de pão de cebola com adição de orapronóbis. In: RIBEIRO, J. C.; SANTOS, C. A. (org.). **A face multidisciplinar das ciências agrárias 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, p. 163-172, 2019.

RAMOS, S. A.; SILVA, M. R.; JACOBINO, A. R.; DAMASCENO, I. A. N.; RODRIGUES, S. M.; CARLOS, G. A.; NETTO ROCHA, V.; AUGUSTI, R.; MELO, J. O. F.; CAPOBIANGO, M. Physicochemical and microbiological characterization and antioxidant activity of mango (*Mangifera indica*) peel and seed husk powder and its application in brownie. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. e22310212436, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2.12436.

RAWLS, S. C. **Espessantes na confeitaria**. 2ª edição. Senac. São Paulo, p.12-13, 2018.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. A. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free radical biology and medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)

REN, Y.; LINTER, B. R.; LINFORTH, R.; FOSTER, T. J. A. comprehensive investigation of gluten free bread dough rheology, proving and baking performance and bread qualities by response surface design and principal component analysis. **Food & function**, v. 11, n.6, p.5333-5345, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1039/D0FO00115E>

RESENDE, P. V. G.; SILVA, N. L. M.; SCHETTINO, G. C. M.; LIU, P. M. F. Doenças relacionadas ao glúten. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 27, n.3, p. S51-S58, 2017. DOI/10.5935/2238-3182.20170030

RIBEIRO, B. D., *et al.* **Microbiologia industrial**. 2, ed. 1, Rio de Janeiro: Elsevier, p.691, 2019.

RIBOTTA, P. D.; TADINI, C. C.; GULARTE, M. A.; COLLAR, C.; GALOTTO, M. J.; GÓMEZ PALLARÉS, M.; AÑÓN, M. C. **Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados**. Universidad Nacional de Córdoba, 2009.

RODRIGUES, V.C. C.; CRUZ RODRIGUES, K. C., DE OLIVEIRA FIALHO, C. G., BASTIANI, M. I. D., MILAGRES, R. C. R. M.; DE SOUZA, E. C. G. Composição química e aceitabilidade de pão sem glúten desenvolvido com mucilagem de quiabo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 79, p. 1-6, 2020.

ROMAN, L.; BELORIO, M.; GOMEZ, M. Gluten-free breads: The gap between research and commercial reality. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 18, n. 3, p. 690-702, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12437>

ROSÁRIO, R. C. D.; SOARES, S. D.; MARTINS, M. G.; NASCIMENTO, F. D. C. A. D.; SILVA JUNIOR, J. O. C.; TEIXEIRA-COSTA, B. E.; SANTOS, O. V. D. Bioactive, technological-functional potential and morphological structures of passion fruit albedo (*Passiflora edulis*). **Food Science and Technology**, v. 42, n. e22222, p.1-10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.22222>

ROSTAMI, K.; BOLD, J.; PARR, A.; JOHNSON, M. W. Gluten-free diet indications, safety, quality, **labels, and challenges**. *Nutrients*, v.9, n.8, p. 846,2017

doi.org/10.3390/nu9080846

RUAS, L. R.; RAMOS, K. D. S.; SILVA, C. G.; ABREU, L. D. F. H.; MARQUES, N. S.; SILVA FILHO, R. L. Anemia ferropriva na infância: aspectos epidemiológicos, fisiopatológicos e manejo terapêutico Iron deficiency anemia in childhood: epidemiological, physiopathological aspects and therapeutic management. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 7, p. 52484-52497, 2022. DOI: DOI:10.34117/bjdv8n7-253

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Kinetic modeling and evaluation of free radical-scavenging behavior in oils: application to four tropical and subtropical fruits in a DPPH system. *Food Science and Technology*, v. 40, p. 440-443, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.03819>

RUSU, I. E.; MARC, R. A.; MUREȘAN, A. E.; FILIP, M. R.; ONICA, B. M.; CSABA, K. B.; ALEXA, E.; SZANTO, L.; MUSTE, S. Advanced characterization of hemp flour (*Cannabis sativa L.*) from Dacia Secuieni and Zenit varieties, compared to wheat flour. *Plants*, v. 10, n. 6, p. 1237, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10061237>

SAITO, K.; OKOUCHI, M.; YAMAGUCHI, M.; TAKECHI, T.; HATANAKA, Y.; KITSUDA, K.; TAKAMURA, H. QUALITY improvement of gluten-free rice flour bread through the addition of high-temperature water during processing. *Journal of Food Science*, v. 87, n. 11, p. 4820-4830, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16333>

SANTANA, G. S.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; EGEEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 4, n. 2, p. 88-95, 2017.

SANTOS, J. C.; SILVA, G. F.; SANTOS, J. A.; JÚNIOR, A. M. O. Processamento e avaliação da estabilidade da farinha de banana verde. *Exacta*, v. 8, n. 2, p. 219-224, 2010.

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81016917011>. Acesso em: 22 mar. 2023.

SANTOS, O. V. CORRÊA, N. C. F. LANNES, S. C. S. Caracterização Física, Físico-química, Microbiológica e Micotoxicológica da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa H. B. K.*). *Revista. Iluminart*, v. 1, n. 7, p. 48-59, 2011.

SANTOS, C. M. D., ROCHA, D. A., MADEIRA, R. A. V., QUEIROZ, E. D. R., MENDONÇA, M. M., PEREIRA, J.; ABREU, C. M. P. D. Preparação, caracterização análise sensorial de pão integral enriquecido com farinha de subprodutos do mamão. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 21, p. e2017120,2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.12017>

SEIBEL, N. F.; KATO, T.; LIMA, A. R. Importância da difração de raios X e colorimetria em alimentos. In: VERRUCK, S. **Avanços em ciência e tecnologia de alimentos**. Editora Científica Digital, v. 6, n. 15, p. 219-235, 2022.

SERNA-SALDIVAR, S.O.; ESPINOSA-RAMÍREZ, J. Grain structure and grain chemical composition. In: **Sorghum and millets**. AACC International Press, p.85-129, 2019.

SHAHIDI, F.; CHANDRASEKARA, A. Millet grain phenolics and their role in disease risk reduction and health promotion: A review. *Journal of Functional Foods*, v. 5, ed. 2, p. 570-581, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.02.004>

SHANMUGAVEL, V.; SANTHI, K. K.; KURUP, A. H.; KALAKANDAN, S.; ANANDHARAJ, A.; RAWSON, A. Potassium bromate: Effects on bread components, health, environment and method of analysis: A review. **Food chemistry**, v. 311, p. 125964, 2020.

SHARMA, S.; SAXENA, D. C.; RIAR, C. S. Changes in the GABA and polyphenols contents of foxtail millet on germination and their relationship with in vitro antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 245, p. 863-870, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.093>

SHINOHARA, N. K. S.; SILVA, A. M. S.; LEÃO, F. A. S.; SILVA, T. R. ; SOBRAL, A. M. S.; ANDRADE, P. K. B.; FREITAS, J. R.; CUNHA FILHO, M. Microbiological profile in flaked corn flour. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 2, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2.12585.

SILVA, D.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos:(métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1981.

SILVA, J. P., OLIVEIRA, E. R.; PEREIRA, S. C. M.; MONTEIRO, A. R. G. Avaliação físico-química e sensorial de pães produzidos com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de banana verde. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 5, n. 3, p. 1-7, 2014.

SILVA, R. M. *et al.* Processamento e caracterização físico-química da farinha do resíduo de sementes de Carolina. **Revista Brasileira de Agrotecnologia (Brasil)**, v. 7, n. 2, 22 – 26, 2017.

SILVA, D. W.; ANDRÉ, B.H.M.; CLERICI, M.T. P.S. Gluten-free rice & bean biscuit: Characterization of a new food product. **Heliyon**, v. 7, n. 1, p. e05956, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05956>

SILVA, F. C.; NETO, F. D. E. S. S.; DA SILVA, M. M.; DE SOUZA, B. A.; ARAÚJO, D. S.; DE SOUZA, L. C.; ABREU, V. K. G. propriedades físico-químicas e funcionais tecnológicas da farinha de *talinum paniculatum* para aplicações alimentares. **Revista Geintec-Gestao Inovação e Tecnologias**, v. 11, n. 1, p. 5849-5864, 2021a.

SILVA, P.C.; ALMEIDA BENCHAYA, A. Anemia ferropriva na infância: diagnóstico e tratamento Ferropriva anemia in childhood: diagnosis and treatment. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 109659-109673, 2021b.

SILVA, D. V.; OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; MARTINS, K. R. B.; FONSECA, N. N., QUEQUETO, W. D.; GONCALVES SOUZA, D. NUTRITIONAL properties of baru almond (*Dipteryx alata* Vogel) flours produced from fruits subjected to drying. **Australian Journal of Crop Science**, v. 16, n. 2, p. 171-176, 2022.

SILVEIRA, M. L. R.; DOS SANTOS, C. O.; PENNA, N. G.; SAUTTER, C. K.; DA ROSA, C. S.; BERTAGNOLLI, S. M. M. Aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*Psidium guajava* L.) como farinha na elaboração de biscoitos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 34, n. 2, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v34i2.53178>

SINGH, N.; KAUR, N.; RANA, J. C.; SHARMA, S. K. Diversity in seed and flour properties in field pea (*Pisum sativum*) germplasm. **Food chemistry**, v. 122, n. 3, p. 518-525, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.064>

- SINGH, P.; RAGHUVANSHI, S. R. Finger millet for food and nutritional security. **African Journal of Food Science**, v. 6, ed. 4, p. 77-84, 2012. DOI: 10.5897/AJFSX11.010
- SINGH, B.; SINGH, J. P.; KAUR, A.; SINGH, N. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. **Food Research International**, v. 101, p. 1-16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.026>
- SIROHA, A. K.; SANDHU, K. S.; KAUR, M. Physicochemical, functional and antioxidant properties of flour from pearl millet varieties grown in India. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 10, p. 311-318, 2016.
- SKOWYRA, M.; FALGUERA, V.; GALLEGRO, G.; PEIRÓ, S.; ALMAJANO, M. P. Antioxidant properties of aqueous and ethanolic extracts of tara (*Caesalpinia spinosa*) pods in vitro and in model food emulsions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 5, p. 911-918, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6335>
- SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamento de amêndoa e torta de castanha-do-pará e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 120-128, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000100022>
- SOUZA, J.; SZCZEREPA, S. B.; SANTOS, L. Conhecimento de donos de estabelecimentos comerciais de alimentação sobre doença celíaca. **Revista Nutrir**, v. 1, n. 2, p. 2358-2669, 2015.
- SOUSA, R. P. F.; DA SILVA C. F. D.; GARNICA, A. I. C.; ARAÚJO, E. A.; OLIVEIRA FREITAS, J. C.; BRAGA, G. S. Efeito da goma xantana e da bentonita no desempenho de um fluido de perfuração base microemulsão. **Holos**, v. 2, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2020.7358>
- SOUSA, M.D A., *et al.* Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais de Origem Vegetal Para Alimentação Humana. **Ciência e Tecnologia De Alimentos: Pesquisa e Práticas Contemporâneas**, v. 1, n. 1, p. 90-105, 2021.
- SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M. Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension. **Food Chemistry**, v. 133, n. 1, p. 156-162, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.011>
- STORRER, D.; MEIRELES, K. H.; PERLY, M. D.; LIMAS, R.; MATTANNA, P. Desenvolvimento de pão com adição de farinha de bagaço de laranja: análises sensoriais, físico-químicas e microbiológicas. **Revista Eletrônica Biociências, Biotecnologia e Saúde**, v. 9, n. 18, p. 43-50, 2017.
- SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B. D.; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. Métodos para a atividade antioxidante de frutos. **Revista de Ciências da Saúde**, v. 14, n. 4, 2012. DOI: <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2012v14n4p%25p>
- SUMMO, C.; ANGELIS, D.; RICCIARDI, L.; CAPONIO, F.; LOTTI, C.; PAVAN, S.; PASQUALONE, A. Nutritional, physico-chemical and functional characterization of a global chickpea collection. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 84, p. 103306, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103306>
- SUN, X.; ZHANG, Y.; LI, J.; ASLAM, N.; SUN, H.; ZHAO, J.; WU, Z.; HE, S. Effects of particle size on physicochemical and functional properties of superfine black kidney bean

(Phaseolus vulgaris L.) powder. **PeerJ**, p. e6369, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.6369>

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.-The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 63-68, 1959.

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**, 4. ed. rev. e ampl. - Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011. Disponível em: https://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada/].

TAYLOR, J. R. N. Millet pearl: Overview encyclopedia of food grains (*second edition*). **Oxford: Academic Press**.v p.190 -198, 2016.

TIWARI, A.; JHA, S. K.; PAL, R. K.; SETHI, S.; KRISHAN, L. Effect of pre-milling treatments on storage stability of pearl millet flour. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, n. 3, p. 1215-1223, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12082>

TORBICA, A. ; BELOVIĆ, M.; TOMIĆ, J. Novel breads of non-wheat flours. **Food Chemistry**, v. 282, p. 134-140, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.113>

TORRES, G. A. M. ; SIMIONI, A., GAMBIM, E.; TOMAZIN, T.EMBRAPA: **Proteínas de reserva do trigo**, Embrapa, 2019. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do117_1.htm. Acesso em: 26 jul. 2023.

TORRES-VARGAS, O. L.; LUZARDO-OCAMPO, I.; HERNANDEZ-BECERRA, E.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. E. Physicochemical characterization of unripe and ripe chontaduro (*Bactris gasipaes Kunth*) fruit flours and starches. **Starch-Stärke**, v. 73, n. 7-8, p. 2000242, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.202000242>

VIANNA, F. S. V. **Manual prático de panificação SENAC**. São Paulo: SENAC, 2018.

VIDAL, A. M.; DIAS, D. O.; MARTINS, E. S. M.; OLIVEIRA, R. S.; NASCIMENTO, R. M. S.; SILVA CORREIA, M. D. G. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT-SERGIPE**, v. 1, n. 1, p. 43-52, 2012.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 888-897, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000099>

VILHALVA, D. A. A., SOARES JÚNIOR, M. S., LIMA, C. M. A. D. M., CALIARI, M., SOUZA, T. A. C.; SILVA, F. A. D. Aproveitamento da farinha de casca de mandioca na elaboração de pão de forma. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p. 514-521, 2011.

VIVEK, M. N.; SACHIDANANDA, S. H. C.; MANASA, M.; PALLAVI, S.; KAMBAR, Y.; ASHA, M. M.; CHAITHRA, M.; PRASHITH, K. T. R.; MALLIKARJUN, N.; ONKARAPPA, R. Antimicrobial and antioxidant activity of leaf and flower extract of *Caesalpinia pulcherrima*, *Delonix regia* and *Peltaphorum ferrugineum*. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 3, n. 8, p. 064-071, 2013.

WANDERSLEBEN, T.; MORALES, E.; BURGOS-DÍAZ, C.; BARAHONA, T.; LABRA, E.; RUBILAR, M.; SALVO-GARRIDO, H. Enhancement of functional and nutritional properties of bread using a mix de farinha para pães sem glúten of natural ingredients from

novel varieties of flaxseed and lupine. **LWT**, v. 91, p. 48-54, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.029>

WANG, K.; LU, F.; LI, Z.; ZHAO, L.; HAN, C. Recent developments in gluten-free bread baking approaches: a review. **Food Science and Technology**, v. 37, p. 1-9, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.01417>

WANG, S.; WU, W. Effect of defatted soy and peanut flour obtained by new aqueous method on quality of gluten-free cookies. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 3, p. e16390, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.16390>

WEAVER, C. M. Potassium and Health¹⁻³. American Society for Nutrition. **Adv. Nutr.** 4: 368S–377S, 2013.

WIRKIJOWSKA, A.; ZARZYCKI, P.; SOBOTA, A.; NAWROCKA, A.; Blicharz-KANIA, A.; ANDREJKO, D. THE possibility of using by-products from the flaxseed industry for functional bread production. **LWT - Food Science and Technology**, v. 118, p. 108860, 1-7, 2020.

WISER, H. Chemistry of gluten proteins, **Food Microbiology**, v. 24. p. 115-119, 2007.

WOLTER, A.; HAGER, A. S., ZANNINI, E., CZERNY, M.; ARENDT, E. K. INFLUENCE of dextran-producing *Weissella cibaria* on baking properties and sensory profile of gluten-free and wheat breads. **International Journal of Food Microbiology**, v. 172, p. 83–91, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.11.015>

WOLFF, S. M.; SILVEIRA, A. C.; LAZZAROTTO, M. **Metodologia para extração de fenólicos totais e antioxidantes da erva-mate**, 2019.

YADAV, D. N.; THAKUR, N., SUNOOJ, K. V.; SINGH, K. K. Effect of de-oiled peanut meal flour (DPMF) on the textural, organoleptic and physico chemical properties of bread. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 3, p. 1307, 2013.

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: A review. **LWT-Food science and technology**, v. 42, n. 10, p. 1573-1580, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05>

YASUMATSU, K.; SAWADA, K.; MORITAKA, S.; MISAKI, M., TODA, J.; WADA, T.; ISHII, K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 36, n. 5, p. 719-727, 1972. DOI: <https://doi.org/10.1080/00021369.1972.10860321>

YOUSAF, L.; HOU, D.; LIAQAT, H.; SHEN, Q. Millet: A review of its nutritional and functional changes during processing. **Food Research International**, v. 142, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110197>

ZAPATA-LUNA, R. L.; AYORA-TALAVERA, T.; PACHECO, N.; GARCÍA-MÁRQUEZ, E.; ESPINOSA-ANDREWS, H.; KU-GONZÁLEZ, Á.; CUEVAS-BERNARDINO, J. C. Physicochemical, morpho-structural and rheological characterization of starches from three *Phaseolus* spp. landraces grown in Chiapas. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 15, p. 1410-1421, 2021.

ZHU, F. Relationships between amylopectin internal molecular structure and physicochemical properties of starch. **Trends in Food Science & Technology**, v. 78, p. 234-242, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.024>.