

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**JOCIANE BRUNA QUEIROZ
LETICIA DE LARA PIRES**

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE PÃES ISENTOS DE GLÚTEN UTILIZANDO
FARINHAS DE ARROZ, SORGO E TEFF**

**CAMPO MOURÃO
2022**

**JOCIANE BRUNA QUEIROZ
LETICIA DE LARA PIRES**

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE PÃES ISENTOS DE GLÚTEN UTILIZANDO
FARINHAS DE ARROZ, SORGO E TEFF**

**Physico-chemical analysis of gluten-free bread using rice, sorghum, and teff
flour**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Tecnóloga em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Dra. Renata Hernandez Barros Fuchs.

CAMPO MOURÃO

2022



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JOCIANE BRUNA QUEIROZ

LETICIA DE LARA PIRES

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE PÃES ISENTOS DE GLÚTEN UTILIZANDO
FARINHAS DE ARROZ, SORGO E TEFF**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Tecnóloga de Alimentos da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 29/novembro/2022

Prof. Dra. Renata Hernandez Barros Fuchs
Doutorado em Ciência de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª Dra. Stéphanie Caroline Beneti
Doutorado em Engenharia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profº Dr. Alberto Cavalcanti Vitorio
Pós-Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2022

AGRADECIMENTOS

Eu Leticia, agradeço primeiramente a Deus, que me deu energia e benefícios, sendo meu alicerce para concluir todo esse trabalho.

Agradeço aos meus amados pais, José e Vera, por toda confiança, apoio e paciência todos os anos em que estive ausente. Por nunca deixarem de acreditar em mim, sem vocês nada seria possível.

As minhas irmãs, Larissa e Maysa, que, mesmo longe, estiveram presentes contribuindo para que esse trabalho se realizasse.

As minhas amigas que estiveram sempre perto apoiando e motivando, por todo o período facultativo.

Agradeço a minha querida amiga Jociane, por toda empatia, cumplicidade e companheirismo por todos os momentos vividos.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte dessa etapa.

Eu Jociane, agradeço a Deus por todas as pessoas, oportunidades e momentos preciosos que colocou na minha trajetória.

Agradeço aos meus pais, às minhas irmãs e ao meu esposo Ericson pela compreensão, amor e carinho.

Agradeço às minhas amigas que estiveram ao meu lado, pela força e coragem.

Agradeço à minha companheira de trabalho, estudos e análises, Leticia, por me apoiar em continuar e a não desistir.

Agradeço a todos que estiveram presentes comigo e que de uma maneira ou de outra contribuíram para que eu concluísse essa etapa.

Agradecemos à nossa querida professora orientadora Renata, que esteve presente desde nosso primeiro período da faculdade, pela motivação e afeto em todas as palavras, pela oportunidade de nosso desenvolvimento com seu apoio desde o período de estágio.

Agradecemos a banca avaliadora, Alberto e Stephani, por todas as sugestões que fizeram com que este trabalho ficasse ainda melhor.

Agradecemos à Mestranda Amarilis, pelo auxílio durante as análises no Laboratório Central Analítica Multiusuário da UTFPR – Campo Mourão e pela possibilidade de utilizar o laboratório.

RESUMO

A adesão a uma dieta isenta de glúten, necessário no caso da doença celíaca, é dificultada pela monotonia alimentar, entre outros fatores. Por outro lado, a capacidade de aproveitamento da farinha de arroz, sorgo e teff na alimentação humana é grande. No intuito de elaborar e caracterizar pães isentos de glúten para portadores de doença celíaca, objetivou-se com o trabalho, verificar a características físico-químicas de formulações de pão sem glúten elaborados com farinhas de arroz, sorgo e teff. Avaliou-se os parâmetros, pH, umidade, volume específico, cor e perfil de textura. A formulação contendo farinha de arroz foi caracterizada como sendo de cor clara (próxima à branca), elevado volume específico, menores dureza e mastigabilidade, maior elasticidade, coesividade e resiliência. O pão elaborado com farinha de sorgo apresentou cor escura, assim como os pães elaborados com farinha de teff e com a mistura das três farinhas. A formulação com a farinha de teff obteve menor volume específico, umidade e pH e maior mastigabilidade. A mistura de farinha (formulação otimizada) influenciou positivamente os resultados característicos dos pães, indicando que esta mistura tem potencial para ser utilizada no desenvolvimento de pães sem glúten.

Palavras-chave: pão sem glúten; farinha de arroz; farinha de sorgo; farinha de teff; análises.

ABSTRACT

Adherence to a gluten-free diet, necessary in the case of celiac disease, is hampered by food monotony, among other factors. On the other hand, the ability to use rice flour, sorghum and teff in human food is great. In order to elaborate and characterize gluten-free breads for people with celiac disease, the objective of this work was to verify the physicochemical characteristics of gluten-free bread formulations made with rice, sorghum and teff flours. The parameters, pH, humidity, specific volume, color and texture profile were evaluated. The formulation containing rice flour was characterized as being light in color (close to white), high specific volume, less hardness and chewiness, greater elasticity, cohesiveness and resilience. The bread made with sorghum flour had a dark color, as well as the bread made with teff flour and with a mixture of the three flours. The formulation with teff flour had lower specific volume, moisture and pH and greater chewability. The flour mixture (optimized formulation) positively influenced the characteristic results of the breads, indicating that this mixture has the potential to be used in the development of gluten-free breads.

Keywords: gluten-free bread; rice flour; sorghum flour; teff flour; analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Espaço de cor CIE L* a* b*	19
Figura 2 - Análise de (TPA) - F1 (Arroz).....	24
Figura 3 - F1 (arroz) / F2 (sorgo) / F3 (teff) / F4 (otimizada).....	27
Quadro 1 - Parâmetros do Teste de TPA.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição do grão de sorgo inteiro e suas frações	17
Tabela 2 - Formulações de pães isentos de glúten desenvolvidas e avaliadas	21
Tabela 3 - Resultados das medidas de pH, umidade e volume específico das diferentes formulações de pão sem glúten.....	25
Tabela 4 - Resultados da análise dos parâmetros de cor das diferentes formulações de pães sem glúten.....	26
Tabela 5- Médias dos valores dos parâmetros de textura para as formulações F1, F2, F3 e F4	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DC	Doença Celíaca
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
pH	Potencial Hidrogeniônico
F1	Formulação com farinha de arroz
F2	Formulação com farinha de sorgo
F3	Formulação com farinha de teff
F4	Formulação otimizada com farinha de arroz, sorgo e teff
TPA	Texture Profile Analysis

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Obejtivo Específico	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Doença Celíaca	15
3.2	Glúten	15
3.3	Arroz	17
3.4	Sorgo	18
3.5	Teff	19
3.6	Colorimetria	20
3.7	Perfil de Textura	21
4	MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1	Materiais	22
4.2	Métodos	22
4.2.1	Elaboração dos pães	22
4.2.1.1	PH	23
4.2.1.2	Análise de cor	23
4.2.1.3	Determinação de umidade	24
4.2.1.4	Análise de volume específico	24
4.2.1.5	Análise de Perfil de Textura (TPA)	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1	Análise de pH, umidade e volume específico	27
5.2	Análise de Colorimetria	28
5.3	Análise de perfil de textura	31
6	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A doença celíaca é uma resposta auto imunológica do organismo humano ao consumo de glúten, responsável por ocasionar o atrofiamento das vilosidades intestinais, o que leva à deficiência na absorção de nutrientes (PARZANESE *et al.*, 2017). A doença se manifesta de diversas maneiras tais como perda de peso, desnutrição, distensão abdominal, diarreia e esteatorreia. Todavia, também pode ser assintomática ou decorrer-se de manifestações sistêmicas como anemia, osteoporose, alterações do sistema neurológico e neoplasias (Teixeira *et al.*, 2017).

A incidência da doença celíaca vem aumentando, possivelmente devido ao mais rápido reconhecimento e diagnóstico da doença. Entretanto, além disso, o aumento da incidência também se deve a um aumento real desse distúrbio de base imunológica na população. As razões para essa incidência elevada nas últimas décadas são desconhecidas, mas podem estar relacionadas a fatores ambientais que podem promover a perda de tolerância ao glúten da dieta (LEBWOHL; RUBIO-TAPIA, 2021).

Para a realização do tratamento da doença celíaca, o paciente deve realizar a exclusão total do glúten da sua alimentação, podendo encontrar grandes dificuldades na procura de alimentos desprovidos desta proteína no mercado ou por seus custos elevados (MARTINS, 2015).

O glúten é originário de uma família de proteínas denominadas prolaminas, composto por glutenina e gliadina. A glutenina gera elasticidade e coesão à massa e a gliadina é responsável por fluidez, extensibilidade e expansão. As propriedades que as proteínas gliadina e glutenina proporcionam ao alimento são de grande valor, motivo pelo qual sua substituição em alimentos tem sido um grande desafio, principalmente quando se trata do pão (DAMODARAN, 2018; GÓMEZ, 2022).

Para que ocorra a formação do glúten é necessária a aplicação de força mecânica à mistura de farinha (fonte de glúten) e água. Durante o processo de mistura, ocorre a interação entre moléculas de glutenina e gliadina com as moléculas de água, originando a formação de uma rede. A rede formada possui propriedades de extensibilidade, elasticidade e consistência a massa (DEWAR, 2004). Sendo assim, o glúten é o responsável pela forma, firmeza e textura do pão (FDA, 2018).

O pão formado sem glúten tende a ter sua qualidade tecnológica diminuída, uma vez que a massa (devido à ausência de glúten) não tem a capacidade de reter os gases gerados durante os processos de fermentação e forneamento, o que acarreta um produto com baixo volume específico, miolo firme e borrachento (CAPRILES; ARÊAS, 2011).

Apesar dos avanços tecnológicos consideráveis no desenvolvimento de alimentos sem glúten, a qualidade nutricional é uma questão crítica. Baixos níveis de proteínas, fibras e nutrientes essenciais, bem como altos teores de gordura e açúcar são frequentemente observados em produtos sem glúten. Por esse motivo são necessárias mais pesquisas destinadas a explorar novas estratégias para superar esse grande problema (CONTE *et al.*, 2019).

Existem substitutos para as farinhas fontes de glúten que garantem o desenvolvimento de alimentos saudáveis, sem que haja a necessidade de se adicionar maiores quantidades de gorduras e açúcares, como farinhas de teff, sorgo e farinha de arroz.

O sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) é um cereal rico em amido e capaz de proporcionar boa estrutura à massa. Seu consumo é mais comum na Ásia e África, onde constitui parte da alimentação básica para milhões de pessoas por ser uma importante fonte de calorias, minerais, proteínas e fito químicos (CHÁVEZ *et al.*, 2018). Segundo ADIAMO, FAWALE, OLAWOYE (2018) seu emprego tem sido muito frequente em pães, bolos e cookies.

O teff (*Eragrostis tef*) é um grão proveniente de uma gramínea nativa da Etiópia e Eritreia. É considerado rico em carboidratos, fibras, zinco, ferro e cálcio em comparação com os demais cereais, como trigo e o sorgo. Segundo Zhu (2018), o teor de ferro e de lisina é mais alto no teff quando comparado a outros cereais, como trigo, arroz, milho e cevada, além de suas proteínas não possuírem glúten.

A farinha de arroz tem sido bastante utilizada em produtos de panificação sem glúten porque possui propriedades hipoalergênicas, baixos níveis de sódio e carboidratos fáceis de serem digeridos. É menos nutritiva em comparação ao sorgo e o teff, mas não deixa de ser uma farinha com alto teor de proteína (SAKAČ *et al.*, 2015).

O objetivo deste trabalho foi realizar análises físico-químicas de pães isentos de glúten utilizando farinha de arroz, teff, sorgo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as características físico-químicas de pães isentos de glúten, elaborados com farinhas de arroz, sorgo e teff.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar formulações de pães sem glúten utilizando farinhas de arroz, sorgo e teff;
- Realizar análises físico-químicas de pH, umidade, volume específico e cor nas formulações de pães sem glúten;
- Analisar o perfil de textura dos produtos em estudo;
- Analisar os dados obtidos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Doença Celíaca

A doença celíaca (DC) é definida como uma doença inflamatória intestinal crônica imunomediada do intestino delgado causada pela ingestão de glúten proveniente de alimentos como trigo, centeio e cevada por indivíduos geneticamente predispostos (SCHERF, 2019).

Dentro do espectro da doença, existem subgrupos de acordo com as manifestações clínicas que apresentam: DC Clássica, normalmente diagnosticada em crianças com sinais típicos de diarreia, anemia ferropénica e perda de peso; DC Oculta ou Atípica com sintomas intestinais ausentes ou discretos; DC Latente em que o estudo genético revela positividade para genes que predisõem para a doença como HLA-DQ2 e HLA-DQ8 sem que existam as características histológicas sugestivas (FREEMAN, 2015).

De acordo com Araújo *et al.* (2010), o início da doença celíaca se dá por meio do contato da gliadina com as células do intestino delgado, resultando em uma resposta imune com a produção de anticorpos a essa fração. O consumo de cereais que contêm glúten por celíacos prejudica, frequentemente, o intestino delgado, atrofiando e achatando suas vilosidades e conduzindo, dessa forma, à limitação da área disponível para absorção de nutrientes.

Tal isenção do glúten para indivíduos com diagnóstico de doença celíaca deve ser permanente. Deve haver atenção a ingestão não intencional da proteína como por meio de uso do óleo de fritura usado no preparo de alimentos com glúten, contaminação cruzada por meio de utensílios contaminados, alimentos com rótulos inadequados. Esses fatores podem dificultar um tratamento adequado para portadores da doença (SERPA *et al.*, 2020).

3.2 Glúten

O termo glúten é derivado do latim para 'cola', possuindo diversos significados. O glúten na farinha de trigo foi descoberto em 1975 e foi definido como

“massa proteica que permanece, quando a massa de trigo é lavada com água” (Scherf, 2019).

O glúten é um complexo proteína-lipídio-carboidrato que atua no endosperma de diferentes cereais como trigo, cevada, centeio entre outros. É composto por 75 % de proteína, 15 % de carboidrato, 6 % de lipídio e 0,8 % de minerais (RAGUZZONI, 2007).

As proteínas do glúten dividem-se em duas frações principais referente a sua solubilidade em álcoois aquosos, as gliadinas solúveis e as gluteninas insolúveis. As frações são compostas por componentes proteicos parcialmente relacionados, os quais possuem altos teores de glutamina e prolina (Wieser, 2007). A gliadina possui cadeia simples sendo excessivamente gomosa quando hidratada, encarregada pela coesividade da massa. A glutenina é formada por diversas cadeias ligadas entre si, é responsável pela elasticidade e fornece resistência e extensão a massa (Tedrús *et al.*; 2001).

O entrelaçamento das proteínas, ocasionado pela mistura com água e pelo batimento da massa, resulta em uma rede elástica, responsável pela retenção dos gases formados no processo de fermentação de massas e na liberação de vapor de água durante o processo de cocção, que resulta no volume final e a textura característica de produtos de panificação (ARAÚJO *et al.*, 2010; ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004).

O pão é um alimento tradicional e frequentemente a farinha de trigo é utilizada para o preparo, sendo o glúten o componente do trigo atribuído pela qualidade do produto (Demirkesen *et al.*, 2010).

O desenvolvimento de formulações de produtos isentos de glúten, principalmente pão, reflete um grande desafio tecnológico, pois a inativação deste complexo proteico pode gerar diversas alterações nas características reológicas desse tipo de produto, sendo preciso aplicar outros ingredientes com o objetivo de substituir o papel que o glúten exerce na massa (FERNANDES, 2020).

Pelos motivos expostos é de grande interesse que se busquem farinhas livres de glúten com valor nutritivo e capazes de propiciar a obtenção de alimentos com maior qualidade tecnológica, sensorial e nutricional.

3.3 Arroz

O arroz é uma planta monocotiledônea pertencente à família *Poaceae* (*Gramineae*), da espécie *Oryza sativa*, sendo o terceiro cereal com maior consumo no mundo (CONAB, 2015).

O arroz é uma das principais culturas de alimentos em todo o mundo, sendo que mais de 50 % da população possui esse grão como fonte calórica primária. É abundante em nutrientes e possui pequenas quantidades de oligoelementos (VERMA; SRIVASTAV, 2020). O carboidrato do arroz é principalmente um amido composto de amilose e amilopectina. O grão é constituído de 12 % de água, 75 % a 80 % de amido e 7 % de proteínas com um complemento íntegro de aminoácidos (JULIANO, 1993).

O grão de arroz in natura é constituído de casca e cariopse. A casca corresponde a cerca de 20 % do peso do grão e possui minerais (sílica) e celulose, sendo formada por duas folhas modificadas denominadas pálea e lema, que protegem o grão. Após a retirada da casca obtém-se a cariopse, que consiste em farelo, endosperma e embrião (JULIANO, 2003).

Alguns grãos são caracterizados como arroz pigmentado, devido ao seu alto teor de compostos fenólicos e alta capacidade antioxidante (HU *et al.*, 2003). Podem apresentar cor preta e vermelha. O arroz preto, também conhecido como arroz negro, pertence à espécie *Oryza sativa* L., a mesma do arroz branco e apresenta a casca cor de palha e o pericarpo preto (BASTOS *et al.*, 2004). A coloração do pericarpo dos grãos do arroz vermelho está vinculada ao acúmulo de compostos fenólicos, os quais têm sido relacionados a efeitos benéficos à saúde (MASSARETTO, 2013).

As camadas externas dos grãos possuem um maior acúmulo de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas. O amido fica concentrado no centro do grão. Entretanto o polimento provém na redução do teor de nutrientes, com exceção do amido (WALTER; MARCHEZAN, AVILA, 2008).

A farinha de arroz é originada na maioria das vezes pelos seus grãos quebrados. Sua composição de amilose e amilopectina constata algumas de suas propriedades físicas e como efeito, a funcionalidade da farinha. A dimensão das partículas e a forma como é distribuída também pode afetar a finalidade da farinha (BAO; BERGMAN, 2004). Partículas demasiadamente grossas absorvem menor quantidade de água, tendo uma redução do volume específico dos pães e modificando a viscosidade do amido (KADAN; BRYANT; MILLER, 2008).

Dentre os cereais, o arroz tem sido o mais compatível para o desenvolvimento de pães sem glúten por apresentar sabor mais suave, cor branca, maior digestibilidade, propriedades hipoalergênicas, raso teor de sódio e gordura, e abundância de hidratos de carbono que possuem fácil digestão (SCIARINI *et al.*, 2012).

Por ser um ingrediente com grande versatilidade pode ser utilizado na elaboração de novos produtos, como bolos, biscoitos, pães, entre outros. A farinha possui uma boa estrutura para as massas. Quanto mais fina for a moagem, melhores serão os resultados na formulação (FERNANDES, 2020).

3.4 Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) é o quinto cereal mais produzido no mundo, sendo este uma planta herbácea monocotiledônea e, assim como o milho, pertence à família das gramíneas (TABOSA *et al.*, 2019).

A princípio a produção do sorgo era destinada em sua grande maioria para ração animal e depois começou a ser utilizado na fabricação de etanol. Atualmente o grão vem sendo reconhecido no Brasil como opção para a alimentação humana. No Brasil, os estados brasileiros com produção mais expressiva no país em 2019 foram Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais (CONAB; 2020).

O endosperma do grão de sorgo é composto por amido e proteína, o germe contém aproximadamente 70 % de gordura. O pericarpo possui a maior parte de celulose do grão, conforme apresentado na Tabela 1 (BASTOS, 1980).

Tabela 1 - Composição do grão de sorgo inteiro e suas frações

Frações	Grão	Proteína	Amido	Óleo	Cinza
Grão inteiro	100%	12,3%	73,8%	3,6%	1,7%
Endosperma	82,3%	12,3%	82,5%	0,6%	1,7%
Germe	9,8%	18,9%	13,4%	28,1%	10,4%
Farelo	7,9%	6,7%	34,6%	4,9%	2,0%

Fonte: BASTOS, 1980, p.20.

O grão de sorgo é fonte de importantes nutrientes para a saúde humana, tais como amido resistente, fibra alimentar e variados compostos bioativos. Esses compostos podem estar difundidos em diferentes partes do grão, como pericarpo,

endosperma e camada de aleurona (NILSSON *et al.*, 1997; SHIN *et al.*, 2004; DICKO *et al.*, 2006).

A fibra alimentar atua na prevenção de doenças gastrointestinais, cardiovasculares e no controle de diabetes tipo 2. O farelo de sorgo é rico em fibras insolúveis, podendo ser utilizado para o aumento do teor de fibras alimentares quando são aplicados em produtos de panificação, como os pães (OHR, 2004; TOELLER, 2002).

O sorgo apresenta potencial para ser aplicado em produtos de panificação e em massas alimentícias, livres de glúten. A possibilidade de produzir novos tipos de massas a partir de cereais diferentes do trigo em nível industrial vem despertando interesse de pesquisadores de todo o mundo, pois no mercado, a oferta de matérias-primas sem glúten é limitada (MONTEIRO, 2016).

3.5 Teff

Teff (*Eragrostis teff*) é um cereal nativo da Etiópia e da Eritreia (MINTEN *et al.*, 2013).

O cereal apresenta núcleo pequeno com comprimento e largura médios de 1,20 e 0,75 mm, respectivamente (BULTOSA, 2016). É isento de glúten e possui alto teor de ferro e fibras (ZHU, 2018).

Teff é menos vulnerável a doenças e pragas pós-colheita (Assefa *et al.*, 2015), além de ser um cereal adequado para celíacos e rico em nutrientes como a lisina, ferro e cálcio (Barretto *et al.*, 2020).

O grão possui alta capacidade de absorção de água, podendo atuar como um bom espessante e contribuindo para a preservação da qualidade dos alimentos tendendo a uma retrogradação lenta, apesar da quantidade de água que a semente pode absorver (ALAUNYTE *et al.*, 2012).

A demanda por produtos de teff está aumentando globalmente devido aos seus benefícios à saúde. Dessa maneira, a farinha de teff integral torna-se cada vez mais importante no mercado de alimentos funcionais e tem sido utilizada para a produção de diversos alimentos isentos de glúten, como massas e pães (ZHU, 2018).

3.6 Colorimetria

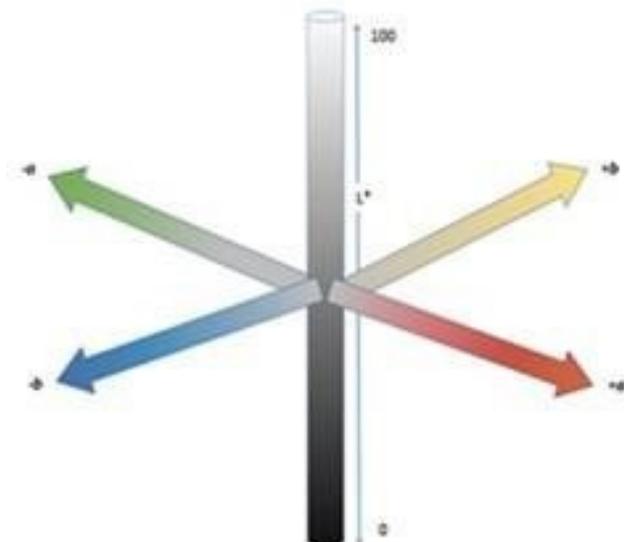
A colorimetria é a ciência e o conjunto de técnicas que buscam descrever, quantificar e simular com o auxílio de modelos matemáticos a percepção da cor pelos seres humanos. Trata-se da tentativa de representar a interação da luz com os materiais percebida pelo olho e interpretada pelo cérebro. Um dos espaços de cores comum utilizado para definição das cores é o CIE $L^* a^* b^*$ (ABBOTT, 1999; PATHARE; Opara; Al-Said; 2013).

A CIE (Commission International de l'Eclairage ou Comissão Internacional de Iluminação) é uma entidade internacional independente, fundada em 1913. O sistema CIE define a sensação da cor baseado em três elementos: a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade (CIE, 2017).

CIE $L^* a^* b^*$ desenvolvido em 1976 fornece uma diferenciação de cores mais precisa em relação à percepção humana (ABBOTT, 1999; PATHARE; Opara; Al-Said, 2013). Nesse sistema, avalia-se a cor com uso de colorímetro pela reflectância da luz em três dimensões: L^* , que representa a luminosidade; a^* e b^* que representam a saturação e a tonalidade, assim gerando os valores espaciais de L^* , a^* e b^* no sistema CIELAB (MINOLTA, 1998).

Conforme apresentado na Figura 1, o valor de L^* igual à zero corresponde ao preto absoluto e 100 para o branco total. Os valores de a^* variam de $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho). Os valores de b^* variam de $-b^*$ (azul) à $+b^*$ (amarelo) (BARROS, 2014).

Figura 1 - Espaço de cor CIE $L^* a^* b^*$



Fonte: FERREIRA; SPRICIGO, 2017, p.211.

3.7 Perfil de Textura

A textura é significativamente importante na aceitabilidade dos produtos por parte dos consumidores. Nos produtos panificados a firmeza e a dureza são fatores de suprema importância, sendo a dureza associada constantemente a materiais sólidos e a firmeza a alimentos pouco firmes, como a massa de pão (Sousa, 2001). TPA, do inglês (Texture Profile Analysis), é uma técnica executada a partir de medidas descritivas que se aplicam em um material. O texturômetro é um equipamento que presume a ação da mastigação na boca humana, através de um ensaio empírico, que foi desenvolvido pela General Foods Technical Center, Tarrytown, N.Y. (Friedman *et al.*, 1963).

Este equipamento é constituído por um dinamômetro, que encaminha ao material em análise energia mecânica a uma taxa constante, a partir de uma sonda que compactua com a amostra e promove a deformação do alimento com um processo de compressão, seguindo de penetração ou tração (DUARTE, 2018). A força desempenhada é medida durante o processo de ensaio e em vários parâmetros aplicados, tal como a coesividade, a dureza, elasticidade, resiliência e adesividade, são percorridos através da curva da força em função do tempo empregado. A elasticidade expressa a percentagem de recuperação e a resiliência a velocidade com que o material se recupera (ALTUNA, 2015).

Os parâmetros apresentados em Análises do Perfil de Textura estão definidos no Quadro 1, destacando-se para o pão os parâmetros de firmeza, adesividade e coesividade (Friedman *et al.*, 1963).

Quadro 1 - Parâmetros do Teste de TPA

Parâmetros	Definição
Dureza	Força máxima durante a primeira compressão/penetração.
Coesividade	Maneira como o produto resiste a uma segunda deformação em relação à sua resistência à primeira deformação.
Adesividade	Trabalho necessário para ultrapassar as forças de atração entre o produto e a superfície da sonda.
Elasticidade	Como o produto recupera fisicamente entre a primeira compressão e o início da segunda.
Mastigabilidade	Está relacionada com a gomosidade, desde que o produto não seja um semi-sólido e um sólido ao mesmo tempo. Só se aplica a sólidos.
Resiliência	Parâmetro medido na retirada da primeira compressão e indica o esforço necessário para o produto recuperar sua altura original.

Fonte: Adaptado de Friedman *et al.* (1963)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

As farinhas de arroz, sorgo e teff utilizadas para os testes foram adquiridas em lojas de produtos naturais na cidade de Campo Mourão- PR e os demais ingredientes (fermento biológico seco, açúcar refinado, sal, óleo de soja, ovos, polvilho doce, goma xantana e amido de milho) em supermercados locais.

4.2 Métodos

4.2.1 Elaboração dos pães

Os ingredientes foram pesados em balança analítica (Bioscale) de acordo com as quantidades expressas na Tabela 2.

Tabela 2 - Formulações de pães isentos de glúten desenvolvidas e avaliadas

INGREDIENTES	F1	F2	F3	F4
Farinha de arroz (g)	100,0	0	0	16,7
Farinha de sorgo (g)	0	100,0	0	35,8
Farinha de teff (g)	0	0	100,0	47,5
Leite (g)	200,0	200,0	200,0	200,0
Polvilho doce (g)	70,0	70,0	70,0	70,0
Ovo	50,0	50,0	50,0	50,0
Amido de milho (g)	46,0	46,0	46,0	46,0
Água (g)	40,0	40,0	40,0	40,0
Óleo (g)	20,0	20,0	20,0	20,0
Fermento biológico (g)	5,0	5,0	5,0	5,0
Açúcar (g)	5,0	5,0	5,0	5,0
Sal (g)	4,0	4,0	4,0	4,0
Goma xantana (g)	2,0	2,0	2,0	2,0

Fonte: Autoria própria (2022)

Após a pesagem, os ingredientes foram misturados com o auxílio de uma batedeira doméstica, em velocidade máxima, por aproximadamente 5 minutos. O fermento foi hidratado em um recipiente separado e adicionado à massa, que foi homogeneizada. Em seguida, a massa obtida foi despejada em formas retangulares já untadas com óleo. Todas as amostras foram colocadas para fermentação em estufa a 40 °C, por cerca de uma hora, para logo após serem encaminhados para a etapa de assamento em forno a 130 °C, por aproximadamente 40 minutos.

Todos os pães foram retirados do forno simultaneamente e deixados em temperatura ambiente para devido resfriamento para que então fossem desenformados e preparados para as análises.

4.2.1.1 pH

A determinação de pH (potencial hidrogeniônico) foi realizada segundo a metodologia sugerida pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), sendo utilizadas soluções-tampão de pH 4 e 7 para calibração do equipamento.

Na balança analítica (Bioscale), pesou-se num béquer 10 gramas de cada amostra de pão e diluiu-se com o auxílio de 100 mL de água destilada. Após as partículas serem dissolvidas com um bastão de vidro e água destilada determinou-se o pH com o aparelho calibrado de acordo com o procedimento indicado no manual. As análises foram realizadas em triplicata.

4.2.1.2 Análise de cor

Para a análise de cor, as amostras de pão foram cortadas ao meio com auxílio de uma faca e a leitura foi realizada na parte interna. As medidas foram realizadas em triplicata por meio de um colorímetro MiniScan EZ (HunterLab, MSEZ-0231). Os resultados foram expressos em: L* (que representa a porcentagem de luminosidade, variando de 0 = escuro e 100 = claro), a* (onde -a* representa direção ao verde e +a* direção ao vermelho), b* (onde -b* representa direção ao azul, e +b* direção ao amarelo) (HENRIQUE, 2019).

4.2.1.3 Determinação de umidade

Foram pesadas em balança analítica (Bioscale), aproximadamente 2 gramas de amostra em uma cápsula de porcelana previamente aquecida em estufa a 130 °C, por uma hora, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. Posteriormente, a amostra foi aquecida em estufa a 130 °C, durante 1 hora, sendo na sequência, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e então pesada. A operação de aquecimento e resfriamento foi repetida até atingir o peso constante (IAL, 2008).

4.2.1.4 Análise de volume específico

Para a determinação do volume específico, os pães foram cortados em pedaços de aproximadamente 2 cm de largura e 3 cm de altura e pesados em balança analítica (Bioscale). Um béquer de 250 mL foi preenchido e nivelado até o topo com sementes de painço. Em seguida, cada amostra de pão foi completamente submersa no béquer promovendo o deslocamento das sementes, que foram recolhidas e depositadas em uma proveta de 50 mL para verificação do volume ocupado. Com a massa da amostra de pão e o volume ocupado pelas sementes de painço deslocadas (medido em proveta), foi determinado o volume específico dos pães a partir da Equação 1 apresentada (BRITO; CEREDA, 2015).

$$V_e = \frac{V}{m} \quad (1)$$

Onde:

V_e = volume específico ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$);

V = volume (cm^3);

m = massa (g).

4.2.1.5 Análise de Perfil de Textura (TPA)

A obtenção dos parâmetros para análise do perfil de textura foi realizada em fatias de pão, em temperatura ambiente, medindo 25 mm de espessura (desprezando as extremidades). Utilizou-se o texturômetro TATX/ Express Enhanced (Stable Micro

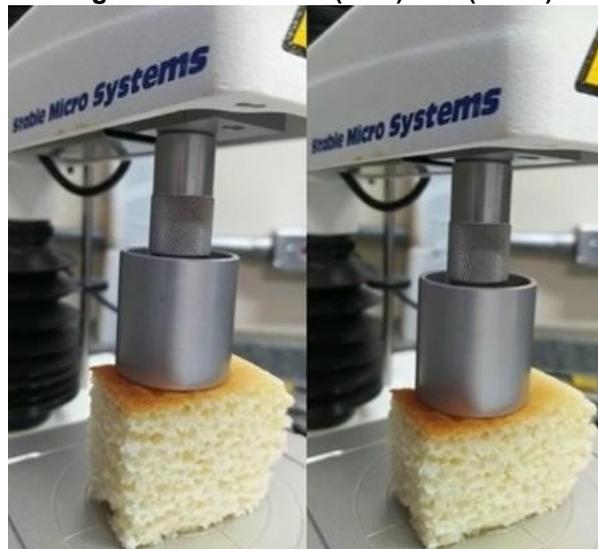
Systems) seguindo a metodologia proposta pelo *American Institute of Baking* (AMERICAN INSTITUTE OF BAKING, 2005).

As amostras foram colocadas na base do texturômetro e utilizou-se um probe de 36 mm de diâmetro do tipo P/36R. O probe aplicou uma força de compressão de 10 g, com cilindro à velocidade de compressão de 2 mm.s^{-1} , sendo 5 segundos de intervalo a cada compressão, conforme apresentada na Figura 2 (TORMENA, 2016).

As variáveis de textura obtidas para os pães foram: dureza, coesividade, adesividade, elasticidade, mastigabilidade e resistência. As definições das variáveis estão apresentadas no Quadro 1.

A avaliação foi realizada em dez repetições, pela compressão do probe em fatias dispostas na plataforma do equipamento.

Figura 2 - Análise de (TPA) - F1 (Arroz)



Fonte: Autoria própria (2022)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análises de pH, umidade e volume específico

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises de pH, umidade e volume específico das amostras de pão sem glúten desenvolvidas.

Tabela 3 - Resultados das medidas de pH, umidade e volume específico das diferentes formulações de pão sem glúten

Formulações	pH	Umidade (%)	Volume específico (cm ³ .g ⁻¹)
F1	6,66 ^a ± 0,03	49,80 ^b ± 0,10	2,12 ^a ± 0,11
F2	6,49 ^b ± 0,02	49,03 ^c ± 0,15	1,98 ^a ± 0,23
F3	6,36 ^c ± 0,02	48,80 ^d ± 0,10	1,92 ^a ± 0,08
F4	6,46 ^b ± 0,02	51,20 ^a ± 0,10	2,09 ^a ± 0,19

Sobrescritos iguais na mesma coluna, para o mesmo parâmetro, indicam médias sem diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) no Teste de Tukey. F1 = 100 % farinha de arroz; F2 = 100 % farinha de sorgo; F3 = 100 % farinha de teff; F4 = mistura de farinhas.

Fonte: Autoria própria (2022)

Os valores de pH das amostras de pão variaram de 6,36 (F3 = farinha de teff) a 6,66 (F1 = farinha de arroz), sendo que houve diferença significativa entre os valores encontrados ($p < 0,05$). As formulações F2 e F4 não diferiram nesse parâmetro e têm valores intermediários em relação às formulações F1 e F3. Os valores de pH obtidos por Baiocchi (2011), em produtos semelhantes aos deste estudo, foram menores, estando em torno de 4,18. Por consequência, há teor elevado de acidez. Sabe-se que o pH e a acidez podem ser influenciados pela temperatura e tempo de fermentação das amostras, que foram maiores no trabalho de Baiocchi (2011).

A umidade dos pães variou de 48,80 % (F3 = farinha de teff) a 51,20 % (formulação otimizada), sendo que há diferença significativa entre os valores encontrados ($p < 0,05$). As formulações F1 e F2 apresentaram valores intermediários em relação ao parâmetro umidade. Em experimentos realizados em pães sem glúten, Mariotti *et al.* (2009), avaliou misturas de aditivos (HPMC, goma xantana e carragena), e notou que a atividade de água obteve aumento com a utilização dos aditivos, concluindo que as interações do amido com os mesmos são capazes de formar uma rede que aprisiona as moléculas de água durante o processamento.

Não houve diferença significativa entre o volume específico dos pães avaliados, sendo que este parâmetro variou de 1,92 (F3 = teff) a 2,12 cm³.g⁻¹ (F1 = arroz). Na pesquisa feita por Hager *et al.* (2012) obteve-se valor de volume específico de 1,85 (cm³.g⁻¹) para um pão produzido com farinha de sorgo. O valor encontrado na

pesquisa citada é próximo ao valor encontrado neste estudo. Enquanto que, os pães com 100% de teff apresentavam menor volume específico e estrutura mais densa.

A formulação F3 (farinha de teff) apresentou o menor volume específico. Essa característica pode estar relacionada pela maior retenção de água, e conseqüente aumento no peso, ou seja, sendo estas medidas inversamente proporcionais. Esse aumento de água na massa pode estar interligada com a atividade de água elevada (STORCK *et al.*, 2009).

5.2 Análise de Colorimetria

O significado dos parâmetros de cor são: L^* = 0, preto; L^* = 100, branco; $-a^*$ = verde; $+a^*$ = vermelho; $-b^*$ = azul e $+b^*$ = amarelo. Analisando a cor do miolo dos pães é possível avaliar os parâmetros conforme apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados da análise dos parâmetros de cor das diferentes formulações de pães sem glúten

Formulações	Parâmetros de cor		
	A	b	L
F1	-1,77 ± 1,22	19,33 ± 0,75	76,06 ± 1,10
F2	10,38 ± 3,27	11,05 ± 1,36	34,68 ± 1,04
F3	11,21 ± 0,51	18,58 ± 1,03	37,48 ± 1,00
F4	10,44 ± 0,20	15,66 ± 0,74	40,00 ± 1,22

Sobrescritos iguais na mesma coluna, para o mesmo parâmetro, indicam médias sem diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) no Teste de Tukey. F1 = 100 % arroz; F2 = 100 % sorgo; F3 = 100 % teff; F4 = otimizada.

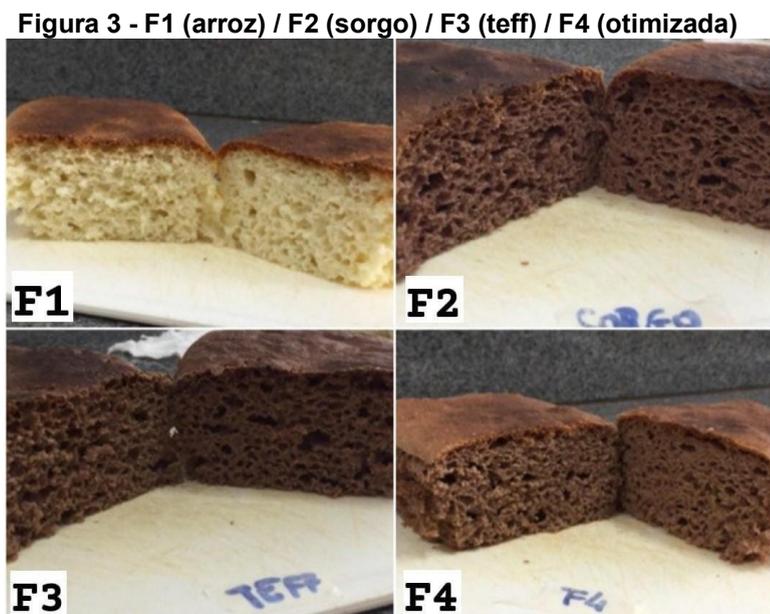
Fonte: Autoria própria (2022)

Pode-se afirmar que a formulação F1 está mais próxima da coloração branca, com valores de L^* = 76,06, o que era esperado já que se trata de pão elaborado apenas com farinha de arroz, a mais clara das farinhas em estudo. A formulação F2, elaborada com 100% farinha de sorgo, apresentou o menor parâmetro L^* = 34,68, estando mais próximo da coloração preta. Na Figura 3, mostra a aparência física dos pães.

Verifica-se que em relação ao parâmetro de luminosidade (L^*), as formulações F2, F3 e F4 foram significativamente diferentes da F1. Em relação aos parâmetros de cromaticidade (a^* e b^*) do miolo, verifica-se que as formulações F2, F3 e F4 se apresentaram nas regiões do vermelho e do amarelo, que em termos

instrumentais da cor são característicos de valores positivos para ambas as coordenadas.

Franco (2015), em sua análise colorífica em pão com 100% de farinha de arroz, resultou o parâmetro L^* 65,69, dados estes, próximos ao estudo em questão. Ao comparar o presente trabalho com o desenvolvido por Gava (2017), percebe-se que a formulação F4 é a que possui os valores aproximados comparado às demais formulações. Gava registrou valores de " L^* " 40,33, no parâmetro " a^* " 18,95 e no parâmetro " b^* " 29,59, os quais diferem por variação de tonalidade das amostras analisadas em ambas pesquisas.



Fonte: Autoria própria (2022)

5.3 Análise de perfil de textura

A análise instrumental de textura descreve as propriedades mecânicas do miolo do pão, sendo eles, dureza, mastigabilidade, elasticidade, coesividade e resiliência. Os dados dos parâmetros de textura dos pães avaliados, encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5- Médias dos valores dos parâmetros de textura para as formulações F1, F2, F3 e F4

Amostras	Dureza	Mastigabilidade e	Elasticidad e	Coesividad e	Resiliência
F1	2,70 ^b ±0,17	178,36 ^b ±10,42	0,89 ^a ±0,01	0,73 ^a ±0,01	0,47 ^a ±0,01
F2	4,25 ^a ±0,24	189,19 ^b ±12,60	0,77 ^b ±0,01	0,56 ^c ±0,01	0,30 ^c ±0,01
F3	5,09 ^a ±0,36	315,70 ^a ±25,79	0,87 ^a ±0,01	0,70 ^b ±0,01	0,43 ^b ±0,01
F4	5,07 ^a ±0,45	198,67 ^b ±18,10	0,71 ^c ±0,02	0,54 ^d ±0,01	0,28 ^c ±0,01

Sobrescritos iguais na mesma coluna, para o mesmo parâmetro, indicam médias sem diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). no Teste de Tukey. F1 = 100 % arroz; F2 = 100 % sorgo; F3 = 100 % teff; F4 = otimizada.

Fonte: Autoria própria (2022)

Pode-se verificar que a dureza dos pães variou de 2,70 a 5,09, onde F1 difere significativamente ($p < 0,05$) das demais formulações, apresentando a menor dureza. Demirkesen *et al.* (2010), em sua pesquisa sobre utilização de farinha de castanha em formulações de pão livre de glúten, ao analisar a formulação controle que continha 100% de farinha de arroz e sem hidrocolóides obteve valores de dureza próximos a 3 N (Newton). Este valor é próximo ao valor encontrado neste estudo. No estudo realizado por Franco (2015), seu valor de dureza em 100 % farinha de arroz atingiu um resultado de 13,9 N. Enquanto que Hager e Arendt (2013), em seu estudo aplicando 100% de farinha de arroz, encontrou 18,8 N, valor acima encontrado no presente estudo devido à menor quantidade de água utilizada na formulação.

Sabe-se que quanto maior o teor de fibras nos produtos de panificação, maior a dureza, condição também percebida por Herculano *et al.* (2021). Nas formulações desenvolvidas, sabe-se que o teor de fibras aumenta na medida em que se substitui a farinha de arroz (menor teor de fibras) pelas farinhas de sorgo e teff, ambas ricas neste nutriente.

O valor de mastigabilidade variou de 315,70, para a formulação F3 (farinha de teff), à 178,36 para a formulação F1 (farinha de arroz), sendo que F1 não diferiu das formulações F4 (otimizada) e F2 (farinha de sorgo). Esse dado demonstra que a presença de farinha de teff na formulação aumenta esse parâmetro, por ser mais a rica em fibras e, com isso, conferir maior dureza ao pão. A mastigabilidade mede a energia necessária para mastigar um alimento até a sua deglutição, ou seja, quanto menor o valor de mastigabilidade, mais macio é o pão. A menor valor de mastigabilidade para a F1, tem relação com sua menor dureza.

Comparando a trabalhos utilizando as mesmas farinhas, Franco (2015) demonstrou que a quantidade de goma xantana utilizada nas formulações podem explicar o aumento da dureza e mastigabilidade.

Foi possível verificar que a elasticidade dos pães F1 e F3 são estatisticamente iguais e maiores que os valores das formulações F2 e F4. A elasticidade por sua vez, como relatado em estudo por Tormena (2016), mostra o quanto a amostra é comprimida partindo de sua altura original.

A coesividade foi maior no pão elaborado com farinha de arroz, que também obteve os maiores valores em resiliência. Analisando os resultados obtidos em relação ao parâmetro coesividade, observa-se que as formulações variam de 0,73 em F1 (farinha de arroz) a 0,54 em F4 (otimizada), diferindo-se significativamente entre si ($p < 0,05$). Comparando com o estudo realizado por Aguiar (2017), o pão elaborado com farinha de arroz também obteve maiores resultados no parâmetro coesividade e resiliência.

6 CONCLUSÃO

Foi possível elaborar e caracterizar, por meio de análises físico-químicas, pães sem glúten elaborados com farinhas de arroz, sorgo e teff.

Houve pouca variação dos parâmetros pH, umidade e volume específicos nas formulações de pães avaliados, o que demonstra que a farinha de arroz pode ser substituída parcial ou totalmente, por farinhas nutricionalmente mais ricas, como as farinhas de sorgo e teff.

Com relação a cor, a medida em que substitui a farinha de arroz por farinhas de sorgo, teff ou a misturas destas, o pão se torna mais escuro e com tendência ao tom avermelhado.

O pão elaborado com farinha de arroz tem menor dureza e mastigabilidade, enquanto tem maior elasticidade, coesividade e resiliência que os demais.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, J. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 207–225, 1998.
- AGUIAR, L. A. **Efeito de diferentes genótipos de sorgo sobre propriedades tecnológicas, sensoriais e texturométricas de pães de forma isentos de glúten**. 2017. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- ALAUNYTE, I.; STOJCESKA, V.; PLUNKETT, A.; AINSWORTH, P.; DERBYSHIRE, E. Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 1, p. 22-30, jan. 2012.
- ALTUNA, L. **Efeito da adição de amido resistente de milho e enzimas sobre as propriedades da massa de pão e as propriedades físicas do pão de forma**. 2015. Tese (Doutorado de Ciências) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- AMERICAN INSTITUTE OF BAKING. In: **White pan bread: firmness measurement of bread crumb by compression with a probe**. AIB, Manhattam, KS.
- ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; ZANDONADI, R. P. Doença celíaca: hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 467-474, maio/jun. 2010.
- ASSEFA, K.; CANNAROZZI, G.; GIRMA, D.; KAMIES R.; CHANYALEW S.; PLAZA-WÜTHRICH, S.; BLÖSCH, R.; RINDISBACHER A.; RAFUDEEN, S.; TADELE, Z. Genetic diversity in tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter]. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1–13, mar. 2015.
- BAIOCCHI, M. L. M.; **Utilization of by-product of rice milling: development of modified flour as an alternative to the bakery industry**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.
- BAO, J.; BERGMAN, C. J. The functionality of rice starch. In: **Starch in Food**. [s.l.] Elsevier, p. 258–294, 2004.
- BARRETTO, R.; BUENAVISTA, R.M.; RIVERA, J.L.; WANG, S.; PRASAD, P.V.; SILIVERU, K. Teff (*Eragrostis tef*) processing, utilization and future opportunities: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, n. 7, p. 3125–3137, nov. 2020.
- BARROS, S. V. S.; MUNIZ, G.I.B.; MATOS, J. L. M. **Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia**. CERNE [online]. 2014, v. 20, n. 3. p. 337-342. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01047760201420031421>. Acesso em: 05 out. 2022.
- BASTOS, L. I. B. **Utilização de farinhas compostas de trigo e sorgo na fabricação de pão**. 1980. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1980.

- BASTOS, R. C. *et al.* **IAC 600 – Cultivar de arroz tipo especial exótico preto**.2004. Disponível em:
<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/graos/arroz.php>. Acesso em: 14 out. 2022.
- BRITO, V. H. S.; CEREDA, M. P. Método para determinação de volume específico como padrão de qualidade do polvilho azedo e sucedâneos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 14-22, jan./mar. 2015.
- CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 129-136, jan./jun. 2011.
- CIE - COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. Disponível em:
<http://www.cie.co.at/>. Acesso em: 10 jul. 2022.
- CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos. V. 7 - SAFRA 2019/20- n. 10 - Décimo levantamento. Jul. 2020.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>. Acesso em: 10 out. 2022.
- CONTE, P.; FADDA, C.; DRABIŃSKA, N. & KRUPA-KOZAK, U. Technological and nutritional challenges, and novelty in gluten-free breadmaking: A review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences** v. 69, n. 1, p. 5-21, 2019.
- DAMODARAN, S. **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2018.
- DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties of glutenfree bread formulations. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 96, n.2, p. 295–303, 2010.
- DEWAR D.; PEREIRA S. P.; CICLITIRA, P. J. The pathogenesis of coeliac disease. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 36, n. 1, p.17-24, jan. 2004.
- DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. J.; BERKEL, W. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.
- DUARTE, J. F. B. **Desenvolvimento de pão sem glúten enriquecido com *Chlorella vulgaris***. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2018.
- ESTELLER, M. S.; AMARAL, R.; LANNES, S. C. S. Effect of Sugar and Fat Replacers on the Texture of Baked Goods. **Journal of Texture Studies**, Malden, v. 35, n. 4, p. 383-393, jan. 2007.
- FDA (Food and Drug Administration). Gluten y etiquetado de alimentos. **Food Facts**. Jun. 2018. Disponível em:
<https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/Allergens/ucm397398.htm>. Acesso em: 31 ago. 2022.

FERNANDES, L. H. **Produtos de panificação isentos de glúten** : um desafio gastronómico. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Gastronómicas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2020.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria - princípios e aplicações na agricultura. **Embrapa**, p. 209–220, 2017.

FRANCO, V. A. **Desenvolvimento de pão sem glúten com farinha de arroz e de batata doce**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

FREEMAN HJ. Celiac disease: A disorder emerging from antiquity, its evolving classification and risk, and potential new treatment paradigms. **Gut Liver**, v. 9, n. 1 p. 28 - 37, 2015.

FRIEDMAN, H.H.; WHITNEY, J. E.; SZCZESNIAK, A.S. The texturometer – a new instrument for objective texture measurement. **Journal of Food Science**, vol. 28, p. 390-396, 1963.

GAVA, M. J. **Aplicação de sorgo e efeito nas propriedades tecnológicas de pães isentos de glúten**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2017.

GÓMEZ, M. Gluten-free bakery products: Ingredients and processes. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 99, p. 189–238, 1 jan. 2022.

HAGER, A. S.; ARENDT, E. K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. **Food Hydrocolloids**. New York, v. 32, n. 1, p. 195-203, 2012.

HAGER, A. S.; ARENDT, E. K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 32, p. 195-203, 2013.

HENRIQUE, J.T. **Avaliação da preferência e descrição sensorial de mortadelas desenvolvidas com corantes naturais**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

HERCULANO, L. DA F. L. *et al.* 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, 24 jun. 2021.

HU, C.; ZAWISTOWSKI, J.; LING, W.; KITTS, D. D. Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.51, n. 18, p. 5271-5277, aug. 2003.

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

JULIANO, B. O. Arroz na nutrição humana. Pub. **Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz (IRRI)**, Filipinas e Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, Roma, Itália, p. 61-84, 1993.

KADAN, R. S.; BRYANT, R. J.; MILLER, J. A. Effects of milling on functional properties of rice flour. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 4, p.151-154, mai. 2008.

LEBWOHL, B.; RUBIO-TAPIA, A. Epidemiology, Presentation, and Diagnosis of Celiac Disease. **Gastroenterology**, v. 160, n. 1, p. 63–75, jan. 2021.

MARIOTTI, M.; LUCISANO, M.; PAGANI, M. A.; NG, PERRY. K. W. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. **Food Research International**, v. 42, n. 8, p. 963–975, apr. 2009.

MARTINS, G. P.B.M. **Dieta sem glúten, qual sua real necessidade?**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Nutrição) - Universidade de Brasília, Faculdade de Ciências da Saúde, Brasília, 2015.

MASSARETTO, I. L. **Características químicas e nutricionais de arroz-preto, vermelho e selvagem e comparação por análise estatística multivariada**. 2013. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MENDOZA, Z. M. S. H.; BORGES, P. H. M. Análise colorimétrica do extrato aquoso de folhas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.953-961, 2015.

MINOLTA. Precise color communication: color control from perception to instrumentation [Japan: Minolta co., 1998].p.19.

MINTEN, B.; TAMRU, S.; ENGIDA, E.; KUMA, T. Ethiopia ' s Value Chains on the Move: The Case of Teff. **International Food Policy Research Institute** – Ethiopia Strategy Support Program, Ethiopia, Apr., 2013.

MONTEIRO, B. F. **Avaliação do efeito do uso da farinha de sorgo como ingrediente em massa alimentícia e das informações nutricionais complementares associadas sobre a intenção de compras utilizando análise conjunta de fatores baseados em escolhas**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Nutrição) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

NILSSON, M.; AMAN, P.; HÄRKÖNEN, H.; HALLMANS, G.; KNUDSEN, K. E. B.; MAZUR, W.; ADLERCREUTZ, H. Content of nutrients and lignans in roller milled fractions of rye. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, and radical sinks. v. 73, p.143-148, 1997.

OHR, L. M. Nutraceuticals and functional foods. **Functional Foods**, v. 58, n. 2, p. 71-75, 2004.

ONI, J. C. **Efeito da adição de l-cisteína nas proteínas do glúten: análises reológicas, térmica e microscópica**. 2007. Dissertação (Pós-graduação em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PARZANESE, I.; QEHAJAJ, D.; PATRINICOLA, F.; ARALICA, M.; CHIRIVA-INTERNATI, M.; STIFTER, S.; ELLI, L.; GRIZZI, F. Celiac disease: From

pathophysiology to treatment. **World Journal of Gastrointest Pathophysiol**, v. 8, n. 2, p. 27-38, mai. 2017.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technol**, v. 6, p. 36 - 60, 2013.

SAKAČ, M. *et al.* Antioxidant Capacity, Mineral Content and Sensory Properties of Gluten-Free Rice and Buckwheat Cookies. **Food Technology and Biotechnology**, v. 53, n. 1, p. 38–47, 30 mar. 2015.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEON, A. E.; PEREZ, G. T. Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 111, p. 590–597, 2012.

SCHERF, K. A. Immunoreactive cereal proteins in wheat allergy, non-celiac gluten/wheat sensitivity (NCGS) and celiac disease. **Current Opinion in Food Science**, v. 25, p. 35-41, fev. 2019.

SERPA; *et. al.* **A doença celíaca: uma revisão bibliográfica**, v. 2, n. 4, 2020.

Disponível em:

<https://periodicos.unimesvirtual.com.br/index.php/higeia/article/view/1177>. Acesso em: 17 set. 2022.

SHIN, S. I.; CHOI, H. J.; CHUNG, K. M.; HAMAKER, B. R.; PARK, K. H.; MOON, T. W. Slowly digestible starch from debranched waxy sorghum starch: preparation and properties. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 81, p. 404-408, 2004.

SOUSA, I.; GOMES C. A.; COVAS, J. A.; DIOGO, A. C. **A reologia dos produtos alimentares**. Reologia e suas aplicações industriais. Instituto Piaget, Lisboa. p. 131- 157, 2001.

STORCK, C. R.; PEREIRA, J. M.; PEREIRA, G. W.; RODRIGUES, A. O.; GULARTE, M. A.; DIAS, A. R. G. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.2, p.71-77, 2009.

TABOSA, J. N. *et al.* Importância do melhoramento genético de diferentes tipos de sorgo para as mesorregiões do Agreste , Sertão e afins do Semiárido Brasileiro.

Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, p. 1138, 2019. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206991/1/Importancia-do-melhoramento-genetico-de-diferentes-tipos-de-sorgo-para-as-mesorregioes-2019.pdf>. Acesso em: 1 out. 2022.

TEDRUS, G. A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; SPERANZA, S. M.; CHANG, Y. K.; BUSTOS, F. M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 20-25, jan./abr. 2001. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0101-20612001000100006>. Acesso em: 12 out. 2022.

TEIXEIRA, F. A. M.; LOPES, F. O. DE A.; MACHADO, A. P. DE S. L. Dieta isenta de glúten e risco de desfechos gestacionais desfavoráveis em mulheres com doença

celíaca: revisão sistemática. **Reproducao e Climaterio**, Salvador, v. 32, n. 2, p. 120-126, mar. 2017. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta/resource/pt/biblio-883428>. Acesso em: 18 out. 2022.

TEXTURE TECHNOLOGIES CORP. AND STABLE MICRO SYSTEMS, Quantify any physical characteristic. 2022. Disponível em: <http://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis#tpameasurements>. Acesso em: 05 nov. 2022.

TOELLER, M. Fibre consumption, metabolic effects and prevention of complications in diabetic patients: epidemiological evidence. **Digest Liver DIS**, v. 34, n. 2, p. 145-149, set. 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12408459/>. Acesso em: 07 ago. 2022.

TORMENA, M. M. L. **Desenvolvimento de formulação para bolo contendo farinha de maca e yacon**. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campo Mourão, Campo Mourão, 2016.

VERMA, D. K.; SRIVASTAV, P. P. Bioactive compounds of rice (*Oryza sativa* L.): Review on paradigm and its potential benefit in human health. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 355–365, mar. 2020. Disponível em: https://journals.scholarsportal.info/details/09242244/v97icomplete/355_bcorlipbihh.xml&sub=all. Acesso em: 18 set. 2022.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184 -1192, jul. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000400049>. Acesso em: 25 out. 2022.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, v. 24, n. 2, p. 115-119, abr. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>. Acesso em : 20 out. 2022.

ZHU, F. Chemical composition and food uses of teff (*Eragrostis tef*). **Food Chemistry**, v. 239, p. 402-415, jan. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.101>. Acesso em: 18 set. 2022.