

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

NACIA INÁCIO

**DESENVOLVIMENTO DE PÃO PRODUZIDO COM FARINHA MISTA À BASE DE
FARINHA DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) e FARINHA DE MANDIOCA
(*Manihot esculenta*, Crantz)**

**PONTA GROSSA
2025**

NACIA INÁCIO

**DESENVOLVIMENTO DE PÃO PRODUZIDO COM FARINHA MISTA À BASE DE
FARINHA DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) e FARINHA DE MANDIOCA
(*Manihot esculenta*, Crantz)**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, no Programa de Pós-graduação em Ciência de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Dinnies Santos Salem

**PONTA GROSSA
2025**

135 Inácio, Nacia
Desenvolvimento de pão produzido com farinha mista à base de farinha de sorgo (*sorghum bicolor* L. moench) e farinha de mandioca (*manihot esculenta*, crantz) / Nacia Inácio. Ponta Grossa, 2025.
85 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Área de Concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Renata Dinnies Santos Salem.

1. Glúten. 2. Textura. 3. Valor nutricional. 4. Aceitabilidade. I. Salem, Renata Dinnies Santos. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ciências e Tecnologia de Alimentos. III. T.

CDD: 664

TERMO DE APROVAÇÃO

NACIA INÁCIO

“Desenvolvimento de pão produzido com farinha mista à base de farinha de sorgo (*Sorghum bicolor* L. *moench*) e farinha de mandioca (*Manihot esculenta* crantz)”

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre(a) no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Profa. Dra. Renata Dinnies santos Salem- - UEPG-PR



Profa. Dra. Renata Dinnies Santos Salem- - UEPG-PR - Presidente



Profa. Dra. Camila Delinski Bet - UNICESUMAR-PR - Membro Titular Externo



Profa. Dra. Aline Alberti - UEPG-PR - Membro Titular Interno



Profa. Dra. Eliane Dalva Godoy - UEPG-PR - Membro Titular Interno

Ponta Grossa, 27 de março de 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a Deus por me manter em pé e saudável, assim como a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho de pesquisa. Cada uma delas trouxe elementos únicos e essenciais para a conclusão deste projeto. Em especial, gostaria de expressar minha gratidão à Profa Dra: Renata Dinnies Santos Salem, cuja sabedoria, paciência e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua orientação foi sempre precisa, inspiradora e repleta de ensinamentos que transcendem o âmbito acadêmico. Renata, você não apenas me guiou tecnicamente, mas também me mostrou a importância da resiliência e da paixão pela pesquisa. Muito obrigada por acreditar em mim e por estar ao meu lado em cada etapa deste processo.

À Denise, técnica do laboratório, pelo suporte técnico; à Isabel, pela organização do ambiente; e à Eliane, secretária do Programa, pela eficiência e apoio administrativo.

Às minhas amigas Débora, Ellen, Daniela, Paula, Lizete, Eurídce, Thaís e Luane, pelo carinho, incentivo e companheirismo, sendo meu porto seguro nos momentos de dúvidas e desafios. Aos meus amigos Naftal e Adilson, pela presença, descontração e apoio durante toda a jornada.

Aos meus tios Márcia, Zito, Cosmo e Emelita, pelo amor, cuidado e incentivo constante. Às minhas filhas Lariciane e Eurídce, dedico esta dissertação com todo o meu amor, pois são minha maior motivação e inspiração. Aos meus irmãos, mãe e pai, agradeço pelo apoio, compreensão e cumplicidade que fortalecem nossa família.

À UEPG, pela disponibilização dos laboratórios, equipamentos e reagentes. Aos professores do programa de Pós-graduação, pelos ensinamentos e auxílio nas análises. E à Capes, pelo suporte financeiro por meio da bolsa de auxílio à pesquisa.

A todos, meu profundo agradecimento por tornarem esta jornada possível e significativa.

RESUMO

O pão é um alimento consumido no mundo todo e apresenta um importante papel em relação a aspectos culturais, nutricionais e econômicos, e tradicionalmente, é produzido a partir da farinha de trigo. Porém, uma parcela da população apresenta algum tipo de sensibilidade ao glúten não celiaca, impossibilitando o consumo de pães produzidos com essa classe proteína. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento de pães utilizando farinhas mistas à base de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), enriquecidos com farinha de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) ou de banana verde (*Musa* sp), já que tais ingredientes não possuem glúten em sua composição. As farinhas foram caracterizadas quanto à composição proximal, absorção e solubilidade em água, atividade de água, parâmetros de cor, amido total, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. Foram testadas diferentes proporções das farinhas de sorgo (FS), de mandioca (FM), de ora-pro-nobis (FOPN) e de banana verde (FBV) para a produção dos pães. Os pães foram avaliados com relação ao volume específico, perfil de textura, perdas no assamento, composição proximal, atividade de água, cor, compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e aceitação sensorial. FOPN se destacou por elevados teores de proteínas (17,33%), fibras alimentares (48,49%) e solubilidade em água (17,80%). Já FBV, FS e FM se destacaram pelo alto conteúdo de amido (94,48; 89,35 e 81,03%, respectivamente). Os principais resultados indicaram que a combinação de 75% de farinha de sorgo e 25% de farinha de mandioca proporcionou pães com características físico-químicas e sensoriais mais próximas às do pão de trigo integral. A adição de FOPN e FBV aumentou significativamente o teor de proteínas, fibras e compostos fenólicos, além de melhorar a atividade antioxidante dos pães. As formulações controle (sem adição de FOPN ou BV) e com 5% de FBV foram as que apresentaram a melhor aceitação sensorial (79 e 77%, respectivamente). Os pães produzidos com essas farinhas alternativas mostraram-se uma excelente opção para pessoas com intolerância ao glúten, oferecendo um produto nutritivo e sensorialmente agradável.

Palavras chaves: glúten, textura, valor nutricional, aceitabilidade

ABSTRACT

Bread is a food consumed worldwide, playing an important role in cultural, nutritional, and economic aspects. Traditionally, it is produced from wheat flour. However, a portion of the population has some degree of gluten sensitivity, making it impossible to consume bread made with wheat flour. In this context, the main objective of this study was to develop bread using a mixed flour blend based on sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and cassava (*Manihot esculenta*, Crantz), enriched with ora-pro-nobis flour (*Pereskia aculeata*) or green banana flour (*Musa* sp), as these ingredients do not contain gluten. The flours were characterized in terms of proximate composition, water absorption and solubility, water activity, color parameters, total starch, total phenolic compounds, and antioxidant activity. Different proportions of sorghum flour (SF), cassava flour (CF), ora-pro-nobis flour (OPNF), and green banana flour (GBF) were tested for bread production. The breads were evaluated for specific volume, texture profile, baking losses, proximate composition, water activity, color, total phenolic compounds, antioxidant activity, and sensory acceptance. OPNF stood out for its high protein content (17.33%), dietary fiber (48.49%), and water solubility (17.80%). Meanwhile, GBF, SF, and CF were notable for their high starch content (94.48%, 89.35%, and 81.03%, respectively). The main results indicated that the combination of 75% sorghum flour and 25% cassava flour produced bread with physicochemical and sensory characteristics most similar to whole wheat bread. The addition of OPNF and GBF significantly increased the protein, fiber, and phenolic compound content, as well as improved the antioxidant activity of the bread. The control formulations (without OPNF or GBF) and those with 5% GBF showed the best sensory acceptance (79% and 77%, respectively). The breads produced with these alternative flours proved to be an excellent option for people with gluten intolerance, offering a nutritious and sensorially pleasant product.

Keywords: gluten, texture, nutritional value, acceptability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Anatomia de um grão de trigo	20
Figura 2: Proteínas que compõem o glúten	20
Figura 3: Imagem ilustrativa dos grãos de sorgo.....	24
Figura 4: Imagem ilustrativa das raízes de mandioca	25
Figura 5: Imagem ilustrativa das folhas de Ora-pro-nobis.....	299
Figura 6: Imagem ilustrativa dos frutos de banana verde	32
Figura 7: Representação do espaço de cor CIELab.	38
Figura 8: Fluxograma do processo de preparo dos pães com a farinha mista à base de sorgo e mandioca.	44
Figura 9: Imagens dos pães controle (C) e adicionados de farinha de ora-pro-nobis (OPN) ou banana verde (BV).	63
Figura 10: Variação na luminosidade (A), croma (B) e ângulo Hue (C) dos pães em função da adição de farinha de ora-pro-nobis e de banana verde.....	64
Figura 11: Frequência de consumo de produtos sem glúten (A) e produtos integrais (B).....	67
Figura 12: Preferência dos avaliadores por produtos sem glúten (A) e produtos integrais (B)	67
Figura 13: Índice de aceitabilidade referente aos atributos sensoriais avaliados nos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.	68
Figura 14: Intenção de consumo dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.	700
Figura 15: Principais atributos descritivos dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química da farinha de mandioca	26
Tabela 2: Formulações utilizadas para definição da composição da farinha mista à base de sorgo e mandioca.	41
Tabela 3: Formulações dos pães adicionados de farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.	43
Tabela 4: Composição proximal, em g/100g, das farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM), ora-pro-nobis (FOPN) e banana verde (FBV).	46
Tabela 5: Índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA) e atividade de água (Aw) das farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM), ora-pro-nobis (FOPN) e banana verde (FBV).	49
Tabela 6: Parâmetros de cor para as farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM), ora-pro-nobis (FOPN) e banana verde (FBV).	50
Tabela 7: Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM), ora-pro-nobis (FOPN) e banana verde (FBV).	52
Tabela 8: Perdas no assamento, volume específico e perfil de textura dos pães produzidos para definição da composição da farinha mista e da formulação-base.....	54
Tabela 9: Composição proximal, em g/100 g, dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.	56
Tabela 10: Perdas no assamento, volume específico e atividade de água dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.	60
Tabela 11: Parâmetros de cor dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.	61
Tabela 12: Perfil de textura dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.	65
Tabela 13: Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.	66
Tabela 14: Médias hedônicas para os atributos sensoriais avaliados nos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.	700

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DO PÃO	13
3.2	O PÃO	14
3.2.1	Matérias-primas Para a Produção de Pão.....	15
3.2.1.1	Água	16
3.2.1.2	Sal	16
3.2.1.3	Fermento biológico	16
3.2.1.4	Farinha.....	18
3.3	FARINHAS VEGETAIS ALTERNATIVAS À FARINHA DE TRIGO.....	22
3.3.1	Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench).....	23
3.3.2	Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> , Crantz).....	25
3.4	PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS	27
3.5	BANANA (<i>Musa sp</i>).....	30
3.6	PRODUÇÃO DE PÃES SEM GLÚTEN.....	32
3.7	ECOINOVAÇÃO	33
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
4.1	OBTENÇÃO DAS FARINHAS.....	36
4.2	CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS.....	36
4.2.1	Composição Proximal	36
4.2.2	Absorção de Água e Solubilidade em Água.....	37
4.2.3	Atividade de Água	37
4.2.4	Parâmetros de Cor.....	37
4.2.5	Amido Total	38
4.2.6	Compostos Fenólicos Totais	39
4.2.7	Atividade Antioxidante - Inibição do Radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)	40
4.3	DEFINIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA FARINHA MISTA E DA FORMULAÇÃO-BASE DOS PÃES	40
4.3.1	Caracterização dos Pães	41
4.3.1.1	Volume específico.....	41
4.3.1.2	Perfil de textura.....	41
4.3.1.3	Perdas no assamento.....	42
4.4	PRODUÇÃO DOS PÃES À BASE DE FARINHA MISTA E ADICIONADOS DE	

FARINHA DE ORA-PRO-NOBIS OU FARINHA DE BANANA VERDE.....	42
4.4.1 Caracterização dos Pães	44
4.4.2 Análise Sensorial	44
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS.....	46
5.1.1 Composição Proximal	46
5.1.2 Absorção e Solubilidade em Água e Atividade de Água	48
5.1.3 Parâmetros de Cor.....	50
5.1.4 Amido Total	51
5.1.5 Compostos Fenólicos Totais e Atividade Antioxidante.....	52
5.2 DEFINIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA FARINHA MISTA E DA FORMULAÇÃO-BASE DOS PÃES	53
5.3 PRODUÇÃO DOS PÃES À BASE DE FARINHA MISTA E ADICIONADOS DE FARINHA DE ORA-PRO-NOBIS OU FARINHA DE BANANA VERDE.....	56
5.3.1 Composição Proximal	56
5.3.2 Volume Específico, Perdas no Assamento e Atividade de Água	59
5.3.3 Parâmetros de Cor.....	61
5.3.4 Perfil de Textura	64
5.3.5 Compostos Fenólicos Totais e Atividade Antioxidante.....	65
5.3.6 Avaliação Sensorial	66
6 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

O pão é um dos alimentos mais consumidos no mundo, caracterizado por sua massa sólida, com uma crosta crocante e um miolo macio, contendo amido disperso em uma matriz proteica contínua. O pão branco à base de farinha de trigo é, globalmente, o tipo mais popular. A arte de fazer pão remonta a aproximadamente 6000 a.C., e ao longo da história, esse alimento tem sido um símbolo de conexão entre as civilizações antigas e as contemporâneas. Produzido e consumimos por povos de todas as culturas e religiões, o pão que consumimos hoje difere significativamente daquele dos nossos ancestrais. Os cereais utilizados na fabricação de farinha passaram por numerosas etapas de seleção, adaptando-se a diferentes condições climáticas e melhorando o rendimento e a resistência a pragas (Oliveira *et al.*, 2020).

Nos últimos anos, observou-se um aumento na prevalência de condições relacionadas ao glúten. Para indivíduos sensíveis a essa proteína, o consumo pode provocar inflamação no intestino delgado, resultando em danos e alterações na estrutura da mucosa intestinal. Em estágios avançados, essas alterações podem levar ao achatamento vilosidades, prejudicando a absorção de nutrientes. Os sintomas comuns incluem diarreia crônica, vômito, anorexia, dor abdominal e deficiência nutricional (Gusmão, 2017; Herculano *et al.*, 2017).

A farinha de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e a farinha de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) são alternativas promissoras para a produção de produtos sem glúten, atendendo às necessidades do público celíaco. O sorgo é um cereal, rico em fibras e compostos bioativos, que pode auxiliar na promoção da saúde, prevenindo doenças como obesidade, câncer e diabetes mellitus tipo 2. Já a mandioca é um tubérculo que, além de não conter glúten, possui propriedades atraentes como baixa tendência à retrogradação do amido, boa estabilidade e alta capacidade de retenção de água. A combinação dessas farinhas permite a criação de produtos de panificação com características sensoriais, nutricionais e físico-químicas únicas, proporcionando uma alternativa saudável e saborosa para pessoas com intolerância ao glúten.

Além dessas alternativas, o uso de ora-pro-nobis (OPN) e de banana verde, também sugere como potencial para enriquecer nutricional de pães ineto de glúten. Ora-pro-nobis (OPN), uma Planta Alimentícia Não Convencional (PANC's), como folhas ricas em proteínas, vitaminas, fibras e minerais, é uma ótima escolha para atender às necessidades nutricionais. Por exemplo, 46,5 g de farinha dessa planta podem atender a 100% das demandas diárias por ferro. As folhas contêm uma elevada concentração de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), além de outros minerais como ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) (Oliveira *et al.*, 2020).

A banana é uma fruta altamente nutritiva e versátil, oferecendo uma variedade de benefícios a saúde, contendo carboidratos, açúcares, fibras, proteínas, gordura, vitaminas, minerais e compostos antioxidantes. A banana verde é amplamente apreciada por seu alto teor nutricional, que engloba minerais como cálcio, ferro e magnésio. Esses minerais têm funções cruciais no organismo, auxiliando na saúde dos ossos, na produção de hemoglobina e no funcionamento dos músculos e do sistema nervoso. Ademais, a fruta representa uma importante fonte de vitamina C, um potente antioxidante que reforça o sistema imunológico e ajuda na assimilação de ferro. Adicionalmente, possui quantidades moderadas de vitaminas A, B1 (tiamina) e B2 (riboflavina), essenciais para o metabolismo energético e a conservação da pele e tecidos. Ao ser adicionada à produção de pão, a banana verde pode incrementar seu valor nutricional, fornecendo minerais e vitaminas frequentemente ausentes em alimentos industrializados. Além de o amido resistente, presente em grande quantidade na farinha de banana verde, traz benefícios a saúde, como melhorar da saúde intestinal e controle dos níveis de glicose no sangue (Moura *et al.*, 2023).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver pães a partir de uma combinação de farinhas de sorgo e mandioca, com adição de ora-pro-nobis ou de banana verde, e avaliá-los quanto às suas características físico-químicas e sensoriais. A utilização dessas farinhas e plantas alimentícias não convencionais (PANC's) busca criar produtos nutritivos e saborosos, adequados para pessoas com intolerância ao glúten e para aquelas que desejam explorar novas alternativas alimentares.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e caracterizar pães produzidos com farinha mista à base de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) enriquecimento com ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar a composição proximal, absorção e solubilidade em água, atividade de água, cor, amido total, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das farinhas de sorgo, mandioca, ora-pro-nobis e banana verde;

Definir as melhores proporções entre as farinhas de sorgo e mandioca para a produção dos pães;

Avaliar a aptidão tecnológica das farinhas de ora-pro-nobis e banana verde na produção de pães sem glúten;

Caracterizar os pães quanto à composição proximal, atividade de água, cor, perfil de textura, volume específico, perdas no assamento, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante;

Avaliar sensorialmente os pães por meio de teste de aceitabilidade.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DO PÃO

Neste tópico, apresenta-se a contextualização histórica sobre o pão, considerando:

O grande marco na vida do homem primitivo nomeado para que se estabelecesse em alguma localidade, foi o domínio das técnicas de manejo e cultivo de cereais. No oriente médio foram encontrados os vestígios mais antigos de agricultura de espécies ancestrais de trigo e cevada, datadas de 9000 a.C. Os ancestrais alimentavam-se de cereais selvagens, colhidos na natureza e o processo era de forma rudimentar (Gobbetti *et al.*, 2019).

Em relação ao pão, é importante compreender que, como tantos outros produtos, ele foi descoberto ao acaso, sendo a arte da panificação considerada uma das mais antigas da história. O registro histórico da produção e consumo de pães remonta ao período neolítico, cerca de 8000 a.C. (Gobbetti *et al.*, 2019). Segundo Rizzon, Cunha e Villas-Boas (2017), na antiguidade, o pão era produzido nos vales dos rios Tigre e Eufrates, na antiga Mesopotâmia, com formato oval e achatado, feito com sementes trituradas de maneira rústica, utilizando trigo, aveia e cevada. Estes cereais eram adicionados à água, formando uma espécie de massa, exposta ao sol até o aparecimento de bolhas, e eram assados entre pedras aquecidas. As bolhas eram resultado do gás carbônico liberado pela fermentação da levedura, que metaboliza o açúcar presente na farinha. Quando a massa não é exposta ao sol pelo tempo necessário para completar o processo de fermentação, não cresce, resultando no "pão ázimo" ou "flatbreads", um tipo de pão duro que ainda é produzido e consumido em todo o mundo, principalmente na região de origem, onde está localizado o Iraque.

Considerada a pátria da massa azeda, foi no Egito que o processo de preparo dos pães se desenvolveu. A partir da seleção das melhores farinhas de trigo para a produção de pães, adaptaram-se a peneiração e o moinho, além de começarem a utilizar fornos de alta temperatura para a panificação. Os antigos gregos adotaram o uso da farinha por volta do ano 800 a.C. Os romanos seguiram o aprendizado desse processo de cozimento de cereais e acabaram contribuindo para a evolução da panificação.

Com eles, foram introduzidos os primeiros regulamentos sobre a fabricação de pães e os "pastores", hoje conhecidos como padeiros, criaram a primeira corporação chamada "*collegium pistorum*" (Gobbetti *et al.*, 2019) O princípio da fermentação ocorria quando se misturava farinha e água e deixava-se ao céu aberto por acaso, onde ocorria a fermentação e o

crescimento da massa do pão; esse processo foi usado até o século XX, quando os padeiros introduziram o processo de fermentação natural (Canella-Raws, 2020; Vianna *et al.*, 2018). No século XX, houve um grande aumento na produção de pães, bem como melhoria na qualidade, com a substituição dos fornos de lenha e tijolos pelo uso de fornos a gás. Com o tempo, as padarias industriais ganharam espaço e a produção aumentou sensivelmente (Canella-Raws, 2020). O pão é um alimento presente nas famílias ao longo do tempo e com grande tradição.

O pão é considerado um elemento central da história da humanidade. Está sempre presente em acontecimentos bíblicos, tradições medievais, punições descritas na história, como expressão “água e pão” representada na história da arte, na política e símbolo econômico. É um dos alimentos mais consumidos mundialmente e está dentro da lista do patrimônio imaterial da UNESCO (Organização das Nações Unidas para Educação e Ciências e a Cultura) (Gobbetti *et al.*, 2019)

O consumo do pão está relacionado aos diferentes usos na sociedade, nas famílias, nas igrejas e em outros eventos de natureza comunitária. Em relação ao seu surgimento pode se destacar:

Canella-Rawls (2020) através de relatos, supõe que os primeiros indícios de fermentos surgiram no Egito antigo, “um pedaço de massa contendo apenas água e farinha foi esquecido a céu aberto, foi inoculado por bactérias presentes no ambiente”. A autora considera que a propagação do fermento se deu ocasionalmente quando alguém misturou a massa fermentada a uma massa nova.

Os primeiros fermentos são os chamados fermentos biológicos ou naturais, e com o desenvolvimento industrial foram concebidos os fermentos industriais. Assim, passou-se a utilizar o fermento industrial dado o menor tempo do crescimento da massa (Cunha, 2012).

3.2 O PÃO

O pão é considerado o alimento mais antigo que a humanidade tem notícia. Corroboram Cauvain e Young (2009) quando afirmam que o pão é considerado o alimento mais antigo, se não o mais antigo alimento processado (não processado seria qualquer animal ou vegetal, grãos, raízes ou frutas). Os autores denominam-no como um gênero alimentício colocando como alimento de primeira necessidade.

Inicialmente, nos vales dos rios Tigre e Eufrates (atual Iraque) os pães eram feitos caseiros, somente com cereais e água, eram assados em forno a lenha, e

possuíam um aspecto de bolacha, duro e achatado. Com aperfeiçoamento das técnicas de moagem de trigo, e o aparecimento do fermento, a panificação tornou-se mais aprimorada e evoluída (Cunha, 2012).

Nos dias de hoje, os cereais e tuberosas não comumente destinados à fabricação de pães estão sendo cada vez mais utilizados para esse fim, devido a sua valiosa composição química (Fras *et al.*, 2018 *apud* Bach, 2021).

As farinhas mistas então se popularizando cada vez mais devido aos benefícios nutricionais das matérias-primas disponíveis regionalmente; podem reduzir o consumo de trigo autossuficiente; e nutricionalmente por apresentarem vários benefícios devido à sua composição abundante em nutrientes (Fras *et al.*, 2018) *apud* Bach, 2021).

Além de aspectos econômicos e nutricionais, outras farinhas bem como outros ingredientes podem ser adicionados para melhorar aspectos tecnológicos da massa, como maciez, volume, estabilidade ou até aumentar a vida de prateleira.

Os produtos de panificação estão presentes no cotidiano e seu consumo é expressivo no país, com uma média de 33,5 kg por pessoa por ano, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP, ano). Por definição, pão é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou que tenham essas proteínas adicionadas, além de água. Em geral, o pão é preparado com quatro ingredientes básicos: farinha de trigo, água, sal e fermento, podendo conter outros ingredientes adicionais na massa. É permitida a fabricação de pão com farinhas enriquecidas de vitaminas e sais minerais. No entanto, a substituição ou inclusão de ingredientes pode provocar mudanças sensoriais nos alimentos, modificando seu sabor, textura, hidratação e aparência. A incorporação de farinhas desidratadas em alimentos regularmente consumidos, como macarrão ou pão, pode ser uma estratégia saudável e de baixo custo para melhorar a ingestão de nutrientes e promover a exploração de novos mercados alimentares (Duarte *et al.*, 2020).

3.2.1 Matérias-primas Para a Produção de Pão

A seguir se apresentam as matérias-primas necessárias para produção do pão, a destacar, a água, sal, fermento e farinha (que pode ser de diferentes cereais).

3.2.1.1 Água

A água, ingrediente indispensável para o preparo dos pães, ao ser adicionada à farinha, participa ativamente do processo de formação da massa, pois ao hidratar as proteínas presentes na farinha, formam uma rede característica, que se torna determinante nas propriedades reológicas da massa (Chen *et al.*, 2018).

A água interage com o amido para criar estrutura ao mesmo tempo leve e forte, favorece a atividade enzimática como também age como vapor durante o aquecimento, controla a consistência e temperatura da massa no processo de agitação mecânica, distribui os ingredientes e colabora na maciez do produto final. O fermento para se desenvolver, reproduzir, multiplicar e formar os elementos para o crescimento do pão também precisa de água (Rizzon; Cunha; Villas-Boas, 2017).

A quantidade de água adicionada ao fazer um pão atinge, geralmente, em torno de 60% da farinha, o que também dependerá da qualidade da farinha utilizada e ingredientes adicionados (Sugiura; Ito; Arai, 2017).

3.2.1.2 Sal

O sal, ingrediente indispensável na panificação, tem sido usado em quantidades elevadas para o preparo dos pães, colocando desta forma o produto no *ranking* dos principais alimentos que contribuem para a ingestão de sal, correspondendo a 25% do total ingerido pela população. Além da sua função de contribuir com o sabor, também exerce funções tecnológicas durante o preparo dos pães. O cloreto de sódio aumenta a resistência à mistura da massa, contribui para a fixação da água na farinha, diminui a viscosidade durante todo o processamento, ajuda a controlar a expansão da massa, inibe o crescimento da levedura, estabilizando a fermentação, atua sobre a textura do pão, contribuindo para a maciez, retardando o endurecimento e também devido às suas características higroscópicas, atua como agente de conservação. O excesso de sal adicionado à massa, poderá resultar em pães de baixo volume, pouca ou nenhuma abertura de pestana e crosta escura. A quantidade ideal de sal para adição na massa situa-se em torno 2%, podendo variar pela presença ou não de outros ingredientes (Pasqualone *et al.*, 2019).

3.2.1.3 Fermento biológico

A fermentação é um dos métodos mais antigos de processamento de alimentos, no qual

a matéria orgânica é parcialmente degradada e a energia química armazenada é liberada na produção de moléculas de ATP (adenosina trifosfato). Este processo não se limita apenas a alimentos básicos como pão, legumes e vegetais fermentados, mas também abrange carnes, peixes, laticínios, bebidas alcoólicas, bem como café, cacau e condimentos como vinagres, molho de soja e molho de peixe. A variedade regional dessas categorias de produtos é quase incontável, representando alimentos tradicionais com contribuição microbiana em diferentes tipos de fermentação, cada um com seu tempo e propriedades próprias no uso tradicional de alimentos como modelos para o desenvolvimento de produtos. Alimentos fermentados são definidos como aqueles produzidos por crescimento microbiano desejado e conversões enzimáticas de componentes alimentares. E compõem uma parte significativa da dieta humana (Gänzle, 2022).

As fermentações espontâneas têm sido tradicionalmente utilizadas para conferir aos produtos à base de cereais melhores propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais na produção de pão artesanal; o *sourdough*, uma mistura espontânea ou fermentada de farinha e água, é utilizado como agente de fermentação (Sánchez-Adriá *et al.*, 2023).

As atividades microbianas também melhoram o sabor e textura do pão e fornecem potenciais benefícios à saúde (Zannini; Gobbetti, 2019), incluindo níveis mais baixos de fitato e glúten, melhor digestão e índice glicêmico reduzido (Gobbetti *et al.*, 2019). Essas propriedades são responsáveis pelo aumento da demanda mundial por pão de fermento natural e pelo crescente interesse da indústria na tecnologia à base de fermento natural (Sánchez-Adriá *et al.*, 2023).

Os fermentos secos, pastosos e líquidos prontos para uso são comercializados e utilizados como ingredientes na formulação da massa em panificadoras e indústrias (Sánchez-Adriá *et al.*, 2023).

O ponto central é o metabolismo de uma classe de fungos ou leveduras que produzem gases. Atualmente são conhecidas mais de cem espécies, sendo que algumas causam infecções nos seres humanos e provocam a deterioração de alimentos, ao passo que uma espécie, a *Saccharomyces cerevisiae*, pode ser utilizada na produção do pão e da cerveja. Ao metabolizar os açúcares, as leveduras liberam etanol e gás carbônico, conforme a equação química: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$. Durante o processo de preparação do pão, tanto o gás carbônico como etanol ficam retidos na massa e ambos são eliminados durante o processo de cocção do pão. A farinha utilizada no preparo contém enzimas que são responsáveis pelo rompimento dos grãos de amido, produzindo os açúcares que serão metabolizados pela levedura. Além de liberação do gás carbônico, responsável pelo crescimento da massa, as leveduras produzem outras

substâncias que contribuem para fortalecer o glúten e melhorar a elasticidade da massa do pão (Silva; Fríschio, 2021)

A fermentação alcoólica libera energia sem utilizar oxigênio, ou seja, é um processo anaeróbio. Esse processo deve ocorrer em condições adequadas, a uma temperatura entre 35 °C a 40 °C e com umidade relativa do ar igual a 80%. Portanto, a fermentação se inicia com adição de fermento biológico à massa e é finalizada quando o calor gerado pelo assamento provoca a morte das leveduras. O CO₂ é aprisionado pela rede de glúten, que se acumula, gerando a expansão da massa. O calor aumenta a expansão do gás e provoca a evaporação do etanol, que, juntamente com a produção do vapor, forma a estrutura porosa do pão. Milhares de pequenas bolhas de CO₂, cercadas de uma fina película de glúten, formarão células dentro da massa. E o crescimento da massa ocorre exatamente quando essas pequenas células são preenchidas com gás (Canella-Rawls, 2020).

Durante a elaboração de massas de pão, ocorrem alterações nas propriedades físicas da massa, o que resulta em uma maior capacidade de reter o CO₂ produzido durante a fermentação. A melhoria na retenção de gás é crucial para assegurar a manutenção da resistência à deformação, elasticidade, extensibilidade e viscosidade da massa. A adição de diversos ingredientes causará impacto nas propriedades de retenção de gás da massa, aumentando o volume do produto e a maciez. Contudo, nem todas as adições que melhoram a retenção de gás da massa têm um impacto direto na estrutura celular do produto, uma vez que algumas delas não interferem diretamente no seu desenvolvimento (Nascimento, 2020).

3.2.1.4 Farinha

A farinha consiste em um pó desidratado rico em amido, geralmente obtido a partir de cereais moídos, de vegetais ricos em amido como trigo, aveia, arroz, cevada, sorgo, centeio, milho e de raízes como a mandioca e batata doce. Tradicionalmente, o pão é produzido com farinha de trigo (*Triticum aestivum*), porém podem ser utilizadas farinhas não convencionais (puras ou em misturas) para produção de pães. Dentre as farinhas não convencionais, pode-se citar as obtidas a partir do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), da ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*) e da banana verde (*Musa spp*).

A utilização de farinhas alternativas proporciona a criação de produtos de panificação com características sensoriais, nutricionais e físico-químicas únicas. No entanto, apesar dos diversos benefícios, o uso dessas farinhas ainda é limitado, pouco divulgado e pouco conhecido. Em sua maioria, são as pequenas indústrias artesanais que fazem uso dessas farinhas

alternativas em seus produtos de panificação, identificando os ingredientes mais utilizados nessas substituições. Considerando também as possíveis modificações reológicas que ocorrem com o uso dessas farinhas, é importante investigar se isso afeta a qualidade do produto (Oliveira *et al.*, 2020).

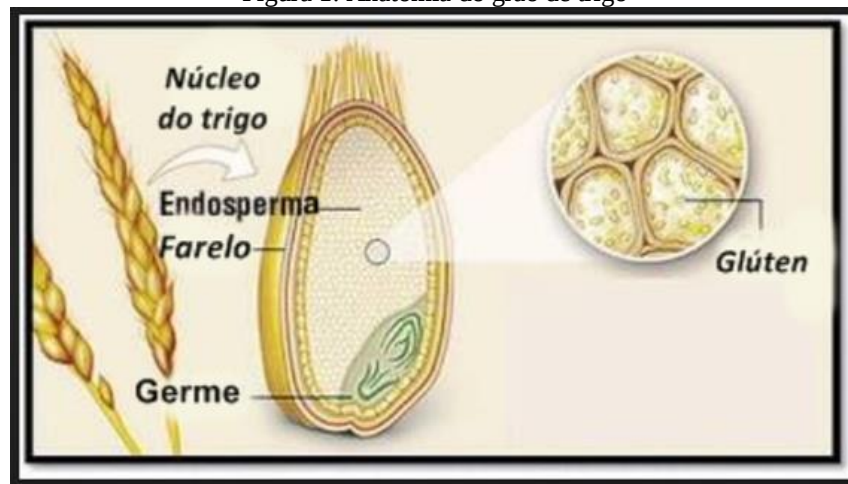
Farinha de trigo

O trigo é um alimento extremamente importante para a nossa saúde em termos nutricionais. É um alimento rico em vitaminas e minerais essenciais para a vida humana, tais como as vitaminas do complexo B, o potássio, o fósforo e o magnésio. É um cereal do tipo gramínea e a variedade mais abundante é a *Triticum aestivum* L., que é empregada na fabricação de farinhas. Globalmente, é a terceira maior variedade de cereais, atrás apenas do milho e do arroz (Freitas, 2022).

O trigo é o principal componente usado na panificação, devido à sua capacidade de formar uma rede viscoelástica, que retém o gás durante a fermentação dos produtos. A capacidade de formar a rede de glúten está relacionada à presença das proteínas gliadina e glutenina, às quais são atribuídas as propriedades de higroscopicidade, coesividade e viscosidade da massa. Devido a essas características, a retirada do glúten impede que a massa cresça adequadamente durante a fermentação e o forneamento, resultando em produtos de panificação com baixa qualidade física e aceitação sensorial (Moraes; Silva, 2023).

Na Figura 1, pode-se observar a estrutura de um grão de trigo, que é composto por germe, endosperma e farelo. O embrião é representado por 2% a 4% do peso do grão. O farelo é composto por diversas camadas de casca com alto teor de fibras, o que resulta em 7% a 8% do peso. Enfim, o endosperma, que é 81% a 84% do peso, é a parte que é moída para formar a farinha (Freitas, 2022).

Figura 1: Anatomia do grão de trigo



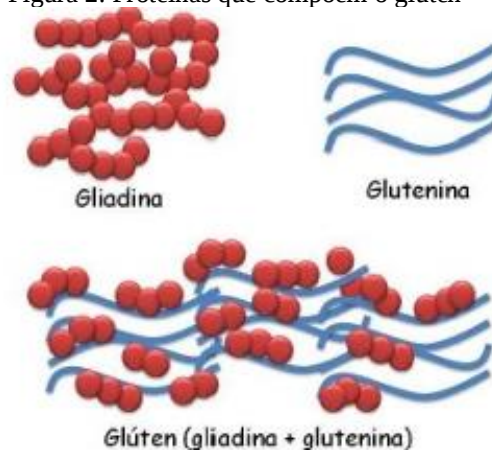
Fonte: Bezana; Hill, 2012.

Glúten

O glúten é formado por proteínas insolúveis presentes em grãos como trigo, cevada, centeio e aveia (Figura 2). É composto por duas subunidades principais, prolaminas e outras das gliadinas e gluteninas, ambas quando misturadas com água e submetidas à ação mecânica formam uma massa pegajosa e elástica. Essa estrutura é essencial na fabricação de produtos de panificação, conferindo textura e elasticidade às massas (De Souza *et al.*, 2021).

O glúten desempenha papel crucial na panificação, pois forma uma estrutura e mantém o gás carbônico produzido durante a fermentação. A retenção de gases durante a fermentação biológica, permite a expansão e maciez da massa (um fenômeno popularmente conhecido como crescimento do pão), e desempenha um papel único e fundamental nas características de panificação (Neumann; Barbosa, 2023).

Figura 2: Proteínas que compõem o glúten



Fonte: De Souza *et al.*, 2021.

A gliadina é bastante hidrofóbica, o que resulta na sua insolubilidade em água e soluções salinas, mas pode ser dividida em grupos de acordo com o grau de hidrofobicidade. A gliadina mais hidrofóbica (γ - gliadina) aumenta o volume do pão, enquanto a gliadina da extremidade mais hidrofílica (θ - gliadina) diminui o volume. As proteínas de gliadina são pequenas, com peso molecular variando de 30 mil a 100 mil Da. São proteínas com cadeias simples (ou seja, sem ligações transversais entre as cadeias) e as ligações dissulfídicas que ocorrem são todas intermoleculares. As soluções concentradas de gliadina isoladas são bastante viscosas e têm pouca elasticidade mensurável (Cauvan; Young, 2009).

A remoção total do glúten das formulações de pães geralmente resulta na perda de características sensoriais, como a textura esfarelada, o miolo mais denso e a casca pálida. A substituição da farinha de trigo por outras farinhas que contenham as proteínas que formam o glúten, como o centeio e a cevada, requer a busca de alternativas, como a utilização de farinhas sem glúten, conforme descrito anteriormente. Muitas vezes, misturas de farinhas ou ingredientes que imitam as características viscoelásticas do glúten são usados para melhorar a qualidade desses produtos (Higuchi, 2022).

A doença celíaca é um distúrbio sistêmico causado pela ingestão de glúten. Ela se manifesta através de uma inflamação cônica da mucosa do intestino delgado, levando à atrofia das vilosidades intestinais e resultando na má absorção das partes peptídicas do glúten. O Quadro 1 resume as enfermidades associadas à ingestão de glúten (Borba; Oliveira; Correa, 2023).

No Brasil, a Lei nº. 10.674, de 16 de maio de 2003, obriga que todos os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca (Brasil, 2003; Figueira *et al.*, 2024). Tal Lei configurou um avanço na rotulagem dos alimentos, possibilitando à população celíaca o acesso a alimentos, antes não utilizados, por falta de informações claras nos rótulos. Essa rotulagem serve para orientar o consumidor em relação a quantidade e à composição nutricional dos produtos, promovendo escolhas apropriadas em sua rotina alimentar, por isso é indispensável que as informações sejam fidedignas, no intuito de preservar a saúde do indivíduo afetado pela doença celíaca, a implementação de medidas preventivas torna-se imperativa (Moreira, 2024).

Quadro 1: Doenças relacionadas ao glúten

Doença celíaca	Sensibilidade ao glúten não celíaca	Alergia ao trigo
A doença celíaca é uma doença autoimune que ocorre devido à ação de células T que atacam a transglutaminase tecidual, uma enzima da matriz extracelular, o que resulta em danos na mucosa, atrofia das vilosidades intestinais e absorção de glúten em indivíduos geneticamente predispostos. As manifestações clínicas mais comuns são: dor abdominal, distensão abdominal, diarreia e flatulência. Além disso, pode estar relacionada à dermatite herpetiforme, neuropatia e periferias, atraso no crescimento e anemia ferropriva. Os pacientes que sofrem de doença celíaca apresentam perfis histológicos e sorológicos específicos, o que corrobora o diagnóstico médico.	A sensibilidade ao glúten não celíaca, também conhecida como "intolerância ao glúten", é a condição em que os sintomas gastrointestinais e extrínsecos surgem pelo consumo de glúten, na ausência de anticorpos celíacos específicos e na atrofia das vilosidades, além de qualquer outra alergia. Ao contrário das doenças celíacas e da alergia ao trigo, não existem critérios sorológicos ou histopatológicos claros para confirmar o diagnóstico médico. Os anticorpos detectores de doenças celíacas apresentam resultados constantes negativos na sensibilidade não celíaca ao glúten. Os sintomas mais frequentes são: náuseas, distensão e dor abdominal, alteração do funcionamento intestinal, fadiga, perda de peso, dor de cabeça e distúrbios do humor.	A alergia ao trigo é uma reação imunológica que ocorre quando as proteínas do trigo estão presentes. É caracterizada por sinais cutâneos, gastrointestinais ou respiratórios. O mecanismo imunológico prevalente é mediado pela imunoglobina. No entanto, reações não mediadas por IgE também são descritas, caracterizadas por infiltração crônica de eosinófilos e linfócitos na mucosa gastrointestinal. As manifestações mais frequentes são a "asma do padeiro", urticária de contato, dermatite atópica moderada a grave, obstrução brônquica, náuseas e dor abdominal, além de anafilaxia sistêmica grave.

Fonte: Elli *et al.* (2015).

3.3 FARINHAS VEGETAIS ALTERNATIVAS À FARINHA DE TRIGO

O trigo é um componente essencial da alimentação e faz parte dos hábitos alimentares dos brasileiros. A panificação brasileira está passando por uma mudança de comportamento para alcançar perspectivas positivas, com novos hábitos de consumo, novas tendências e mudanças nos produtos (Alves *et al.*, 2024).

As farinhas de vegetais são empregadas para enriquecer as formulações, tendo a habilidade de reter líquidos e gorduras devido à presença de fibras. Entretanto, devido à ausência de glúten em sua composição, essas farinhas são utilizadas em quantidades reduzidas, ou seja, em concentrações inferiores a 10%, mas com grande impacto no produto. As farinhas de vegetais, como milho, cenoura e jabuticaba, estão sendo estudadas para serem empregadas

em alimentos como opções saudáveis. Diversos autores mencionam a utilização de farinha de vegetais em produtos como macarrão, pão de forma e biscoitos (Gheno *et al.*, 2022).

Segundo a RDC nº. 711/2022, que dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães, “a farinha é o produto obtido de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos” (Brasil, 2022; Gomes *et al.*, 2022).

Diversos estudos na literatura investigaram a substituição parcial ou total do trigo em produtos de panificação, o que pode resultar em uma melhoria nutricional, atendendo a um público específico, como os celíacos, além de consumidores que buscam cada vez mais alimentos com ingredientes mais saudáveis, como fibras e compostos bioativos. No entanto, a substituição total da farinha de trigo representa um grande desafio para a obtenção de produtos panificados com boa estrutura, exigindo a introdução e combinação de diversos ingredientes, além de modificações nas técnicas tradicionais de preparo, com o objetivo de processar produtos com boas características sensoriais e tecnologicamente aceitáveis (Dias, 2021).

As propriedades funcionais das farinhas de origem vegetal têm sido objeto de diversas investigações, uma vez que desempenham papel crucial no comportamento final do alimento ou nos ingredientes durante o processamento e armazenamento. Algumas empresas buscam por novas matérias-primas para aprimorar a aparência e a qualidade de seus produtos, e por isso, as propriedades funcionais são cruciais para reduzir custos (Chaves, 2023).

O aumento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) relacionadas à má nutrição demanda exploração de fontes alternativas para aquisição de hábitos alimentares saudáveis; o consumo de alimentos que contenham concentração significativa de compostos bioativos e de fibras alimentares é correlacionado com benefícios à saúde.

3.3.1 Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) (Figura 3) é considerado um cereal ancestral, foi domesticado para o consumo humano e animais na África, entre 3000 e 500 anos atrás e, posteriormente, foi difundido para Índia e a China (Lima, 2020). Desde então, tem sido utilizado como base alimentar de milhões de pessoas, principalmente da África e Ásia (Afify *et al.*, 2011). Nessas regiões, o sorgo é usado em diferentes preparações, incluindo pães, mingaus, cuscuz e tortilhas (Queiroz, 2020). É um dos dez cereais mais produzidos no mundo, sendo cultivado em

regiões tropicais e subtropicais. O pericarpo representa 6%, o gérmen 9% e o endosperma 85% do grão, e apresenta uma fina camada embaixo do pericarpo denominada de testa que geralmente possui taninos (Mattos, 2021).

Figura 3: Imagem ilustrativa dos grãos de sorgo



Fonte: Google Imagens (2024)

O sorgo é um cereal sem glúten, e apresenta diversas características nutricionais importantes como presença de fibras e compostos bioativos. Em função do seu baixo índice glicêmico e a presença de compostos com atividade antioxidante, o sorgo pode auxiliar na promoção de saúde prevenindo obesidade, câncer e diabetes mellitus tipo 2 (Gallo, 2021).

No Brasil, a maior parte da produção de sorgo é destinada à alimentação animal, porém, nos últimos anos, o seu uso na alimentação humana vem aumentando em razão da grande demanda por produtos sem glúten. Além disso, várias vantagens agrônômicas do sorgo (baixo custo de produção, resistente à seca, alta produtividade, entre outros fatores) e os resultados de pesquisas que demonstram os benefícios do cereal na alimentação humana têm contribuído para o aumento da demanda para consumo humano (Queiroz, 2020).

O sorgo é frequentemente recomendado como um alimento seguro para pacientes celíacos, porque está mais relacionado ao milho do que ao trigo, centeio e cevada, podendo, portanto, fornecer uma boa base para pão sem glúten. No entanto, a maior parte dos estudos sobre pães fermentados contendo sorgo tem se concentrado em pães com trigo (Queiroz, 2020).

De acordo com Costa *et al.* (2022), existem diversas pesquisas que indicam que os benefícios do sorgo no que diz respeito às propriedades sensoriais, tecnológicas e nutricionais dos pães feitos com farinha de sorgo estão ligados às características do próprio sorgo e às composições do fermento. Esses fatores são influenciados por variáveis como duração, temperatura e origem da farinha. A presença de uma casca mais espessa e escura nos pães de sorgo resulta do tempo de fermentação. A tonalidade mais escura é resultado da reação de Maillard e da caramelização dos açúcares presentes na massa do pão.

Diversas pesquisas constataam que as cascas e o interior dos pães feitos com sorgo apresentam uma dureza significativa, mas o aroma e o sabor que emanam são distintos. A influência dos microrganismos confere ao pão uma característica única. A adição de goma xantana e amido nos pães de sorgo resulta em uma massa com boa elasticidade (Costa, 2022).

3.3.2 Mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz)

A mandioca (*Manihot esculenta*, Cranz) (Figura 4) é uma espécie perene pertencente à família das *Euphorbiaceace* que possui cerca de 7.500 espécies. Originária da América do Sul, é o único gênero cultivado que possui destaque econômico. Estudos apontam que foi encontrada pelos povos residentes em torno da floresta Amazônica e do cerrado, onde tornou-se alimento base das comunidades indígenas (Farias, 2022). É uma planta rústica, de fácil adaptabilidade, que é produzida em todos os países, desenvolvendo-se bem em solo pobre (Guimarães *et al.*, 2022).

Figura 4: Imagem ilustrativa das raízes de mandioca



Fonte: Google Imagens (2024)

A mandioca é um tubérculo de 5 a 10 cm de diâmetro e 15 a 35 cm de comprimento. Não precisa de fertilizantes, inseticidas ou água. Além disso, a mandioca pode ser colhida a qualquer momento entre 8 a 24 meses após o plantio (Costa *et al.*, 2022).

Em termos de informações nutricionais, a raiz de mandioca é rica em amido e seus derivados e a qualidade da raiz varia de acordo com o ciclo vegetativo, época da colheita, idade da planta, região plantada e das condições meteorológicas. Conforme as condições de cultivo e de como é processada, os nutrientes dos derivados da raiz da mandioca podem variar em razão das porcentagens do amido (Koblitz, 2011).

A mandioca é um dos alimentos mais consumidos no mundo, ficando atrás do arroz e do milho. No Brasil a mandioca integra o cardápio em todas as regiões brasileiras, desde o período pré-colonial até os dias atuais. Além de ser consumida cozida pode ser utilizada de

diversas formas e incorporada no consumo de vários produtos, na indústria de massa, biscoitos, fabricação de papéis, colas e tintas e nos frigoríficos (Figueira *et al.*, 2024).

Da mandioca são produzidos o amido, farinha de mandioca, e o farelo de mandioca utilizado na alimentação humana, animal e para flotação de minério de ferro (Costa *et al.*, 2022). O processo de fabricação de farinha de mandioca baseia-se em: colheita e transporte, recepção e seleção, armazenamento das raízes, lavagem-descascamento, repicagem, ralação, prensagem, esfarelamento, peneiramento, escaldamento, uniformização, torração, resfriamento, peneiramento e classificação, empacotamento e armazenamento.

O amido é um dos principais derivados da mandioca. Usado amplamente em todo o território nacional, é um componente essencial na alimentação cotidiana da maioria dos habitantes do Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. É conhecido por ser um alimento rico em energia, contendo fibras, potássio, cálcio, fósforo, sódio e ferro.

O glúten não está presente na farinha de mandioca. No entanto, a farinha de mandioca tem algumas propriedades atraentes, como baixa tendência à retrogradação do amido, boa estabilidade, alta capacidade de retenção de água e boa resistência adesiva, o que poderia complementar as propriedades de mistura da massa e a subsequente qualidade do pão. Assim pode ser benéfico determinar a influência da substituição da farinha de trigo pela farinha de mandioca na reologia da massa e consequentemente na qualidade do pão (Chisenga *et al.*, 2020).

A mandioca, em particular, representa uma das importantes fontes de energia alimentar em diversos países tropicais, estimando-se que 70 milhões de pessoas obtêm mais de 500 calorias por dia ingerindo produtos derivados das raízes dessa cultura, embora as folhas também sejam consumidas (Santiago, 2013). Na Tabela 1 encontra-se a composição química da farinha de mandioca.

Tabela 1: Composição química da farinha de mandioca

Valor energético	354 kcal/ 100 g
Umidade	10,4 g/ 100 g
Proteínas	1,7 g/ 100 g
Lipídios	0,3 g/100 g
Carboidratos	86,4 g/ 100 g
Fibras	1,8 g/ 100 g
Cinzas	1,2 g/ 100 g
Calcio	61,0 mg/ 100 g
Fósforo	48,0 mg/ 100 g
Ferro	3,1 mg/100 g

Fonte: Santiago, 2013.

A farinha de mandioca é uma excelente fonte de carboidratos, apresentando proteínas com baixa qualidade nutricional, devido à sua deficiência em aminoácidos essenciais. As características nutricionais da farinha da mandioca, com sua alta quantidade de energia e sua capacidade de ser utilizada de diversas formas, fazem dela um alimento essencial na alimentação de muitas pessoas, especialmente em áreas onde é fundamental na dieta diária (Leonel; Dias, 2006).

A comunidade científica tem despertado o interesse por pesquisas relacionadas aos alimentos com alto teor de fibras decorrente das investigações sobre o papel que desempenha no organismo.

A ingestão de mandioca proporciona vantagens significativas para a saúde, uma vez que esse alimento oferece uma ampla gama de benefícios, tais como a prevenção de problemas cardiovasculares. Isso ocorre devido à quantidade de fibras presentes na mandioca, que são substâncias capazes de reduzir a absorção de gorduras provenientes da dieta, contribuindo para a redução dos níveis de colesterol ruim (LDL) no sangue, a mandioca pode ajudar a prevenir condições como infarto, aterosclerose e até mesmo acidente vascular cerebral. Dessa forma, também é possível aumentar a vitalidade e disposição durante longos períodos do dia, graças ao alto teor de carboidratos presentes, tornando-se uma excelente escolha para indivíduos que realizam atividades físicas ou que necessitam de uma grande quantidade de energia no trabalho, como pedreiros, agricultores, carteiros e coletores de lixo (Rodrigues *et al.*, 2023).

3.4 PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS

O Brasil é um país com uma grande diversidade de espécies vegetais, fauna e recursos naturais. Nesse contexto, têm se tornado cada vez mais relevante a produção de plantas alimentícias não convencionais (PANC's), que são espécies comestíveis nativas, exóticas, espontâneas, silvestres ou cultivadas que não fazem parte da cadeia produtiva e da alimentação tradicional atual (Nascimento, 2023).

O conceito de PANC é utilizado para designar as plantas nativas de certas áreas, que em geral apresentam crescimento espontâneo e estão presentes em diferentes ambientes, como terrenos abandonados. Devido à falta de conhecimento sobre suas propriedades e a variedade de espécies, muitas vezes são confundidas com plantas daninhas e removidas do solo. Apesar de se adaptarem em diversos locais e crescerem de forma natural, algumas espécies também são cultivadas na agricultura familiar, mesmo que em pequena escala. Dessa forma, a maioria das plantas consideradas PANC são destinadas exclusivamente ao consumo próprio, sem

objetivos comerciais (Silva *et al.*, 2021).

Outras pesquisas também indicam que espécies de Plantas Alimentícias Não Convencionais podem ser usadas no desenvolvimento de produtos alimentícios, representando uma estratégia de baixo custo para aumentar a ingestão de nutrientes. Atualmente, são identificadas diversas PANC's, com uma grande variedade de frutas, hortaliças, raízes, tubérculos, cereais, ervas e condimentos (Chaves, 2015).

Nesse contexto, é importante destacar que o conhecimento das PANC's disponíveis é essencial para o uso consciente dessas fontes alimentares. Existem diferentes espécies com os mesmos nomes populares ou com aparência semelhante, o que pode gerar confusão. Além disso, como muitas dessas plantas são pouco conhecidas, é fundamental seguir as orientações sobre quais partes da planta podem ser consumidas e o modo de preparo adequado. Algumas espécies podem ser consumidas *in natura*, enquanto outras precisam passar por cocção para inativar antinutrientes, como oxalatos, saponinas e fitatos. Portanto, ressalta-se a importância de pesquisas sobre essas plantas, bem como a divulgação do conhecimento científico a respeito delas (Cunha, 2021).

A ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*) (Figura 5) é o termo latim que significa “roga por nós”. É uma planta alimentícia não convencional pertencente à família das Cactáceas, do gênero *Pereskia*, e tal classificação baseia-se nas características que apresenta. Suas folhas são suculentas lanceoladas (na forma de lanças), apresenta acúleos em seus ramos sendo capaz de adaptar-se a diversas condições de clima e solo, e pode ser encontrada em qualquer estação do ano (Mattos, 2021).

Figura 5: Imagem ilustrativa ramos de OPN com folhas e flores



Fonte: (Mattos, 2021).

Esta planta tem origem nas Américas e seu cultivo se estende do sul dos Estados Unidos até regiões do sul do Brasil. Produz flores e frutos, sendo as flores bastante apreciadas em ornamentações e usadas como atrativos de insetos para auxiliar na polinização por serem ricas em pólen e néctar. Já as suas folhas são usadas na alimentação humana e em formulações de fármacos por apresentarem funções terapêuticas (Barbalho *et al.*, 2016).

Apesar do seu grande potencial de utilização, especialmente entre as hortaliças não convencionais, ainda é cultivada de maneira rudimentar e em pequena escala. No Brasil, essa hortaliza é natural de regiões de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo e tem uma capacidade de propagação fácil, além de ser resistente a pragas e não exigir muita água. Com aproximadamente 7 cm de comprimento e 3 cm de largura, as folhas são quase sem pecíolo e lisas. Agrupam-se de duas a seis folhas em ramos laterais. Por isso, tanto a planta quanto seus frutos têm despertado o interesse de pesquisadores devido ao seu alto potencial de uso na alimentação humana e animal (Duarte *et al.*, 2020).

A alimentação sempre esteve e ainda está bastante ligada à história de diferentes povos.

A Taioba e a Ora-pro-nobis eram os principais vegetais consumidos e apreciados pelos mineiros no século XVII. Em meados dos anos 1980, Minas Gerais enfrentou grande escassez de alimentos e o aumento da população era desenfreado; fez-se necessário consumir alimentos produzidos em suas próprias terras para evitar a desnutrição. Foi então que os governantes começaram a incentivar o plantio de vegetais que suprissem as necessidades da população, entre eles a ora-pro-nóbis. No município de Sabará, Minas Gerais, esta hortaliça faz parte tanto da culinária, sendo bastante consumida pela população local, como também da cultura da região. Nesta cidade, acontece todos os anos, o festival da ora-pro-nóbis (Mattos, 2021).

A ora-pro-nóbis tem sido estudada com o objetivo de acrescentar valor nutricional aos alimentos, dada a sua alta concentração proteica (aproximadamente 25% em matéria seca), e fatores econômicos favoráveis. Foi observado que a digestibilidade proteica no organismo alcança aproximadamente 76% do total, porém ainda assim está entre os vegetais de maior interesse em relação à ingestão de aminoácidos essenciais (Mattos, 2021).

A planta é popularmente chamada de bife verde ou carne de pobre, destacando-se pela facilidade de cultivo e pela capacidade de se adaptar a diferentes climas e solos. É uma espécie rica em nutrientes como zinco, vitamina A, cálcio, fibras, ácido ascórbico, magnésio, ácido fólico, triptofano e um elevado teor de proteínas. Também possui uma quantidade significativa de minerais, especialmente cálcio e ferro, além de compostos bioativos. Há pesquisas que sugerem que essa planta pode contribuir para o tratamento de câncer, anemias, inflamações e auxiliar na cicatrização da pele em casos de queimaduras. Embora contenha alguns antinutrientes, estes não são considerados prejudiciais à saúde humana (Freitas *et al.*, 2022).

Sua mucilagem é um complexo de carboidratos com alta capacidade de retenção de água, e o seu uso tecnológico em alimentos visa o melhoramento das características reológicas do produto assim como estabilidade (Garcia *et al.*, 2019).

A farinha de folhas secas de ora-pro-nobis foi incorporada em massas de macarrão. Segundo os autores, foi possível comprovar a viabilidade do uso dessas espécies no preparo de pães e massas. Além disso, os produtos desenvolvidos apresentaram boa aceitação, atingindo índices de aprovação entre 60% e 80% (Cunha, 2021).

3.5 BANANA (*Musa sp*)

A banana (*Musa sp*) é uma fruta tropical amplamente consumida no mundo, pertencente à família *Musaceae*. Apresenta cerca de 30 espécies conhecidas do gênero *Musa* e mais de 700 variedades (Carneiro *et al.*, 2020). São originárias do sul da Ásia, onde são cultivadas desde o

ano 650 d.C. No século XV, diferentes variedades foram trazidas para as Ilhas Canárias, e em 1516 foram apresentadas à América. No México, as bananas representam a principal fruta tropical cultivada, uma produção que ultrapassa 2 milhões de toneladas anualmente, disponível ao longo do ano. Em média, um cidadão mexicano consome cerca de 14,2 kg de banana anualmente. As bananas são estudadas há muito tempo e foram encontradas com grandes quantidades de compostos bioativos que têm efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios. Tem propriedades antibacterianas e antifúngicas que têm efeitos terapêuticos, dado o seu conteúdo de nutrientes (Segura-Badilla *et al.*, 2022).

A banana apresenta características como baixo teor de açúcares, alto teor de amido e elevada adstringência, devido aos compostos fenólicos presentes na polpa. Com o amadurecimento, ocorre a hidrólise do amido e o acúmulo de açúcares solúveis, o que resulta na redução da adstringência e no amadurecimento da polpa. A casca torna-se amarelada devido à degradação da clorofila, ao aparecimento e à síntese dos pigmentos carotenoides, que dão à cor amarela (Franco, 2016).

A principal alteração no processo de amadurecimento é a decomposição da clorofila, que resulta na produção de diferentes pigmentos, que modificam a tonalidade. Em seguida, há uma melhora no sabor devido à produção de açúcares, diminuição da acidez e da sensação de adstringência, além de alterações na textura em função do amolecimento dos tecidos (solubilização das pectinas) (Carneiro *et al.*, 2020)

O escurecimento da polpa da banana é um fator que deve ser controlado, e é de suma importância para a qualidade do produto processado. Em geral, são utilizados tratamentos isolados ou em conjunto para prevenir o escurecimento, tais como: inibição da enzima polifenol-oxidase por meio da redução do pH, eliminação do oxigênio, aditivos (Carneiro *et al.*, 2020).

A melhor aceitação da banana é no estágio maduro, devido aos aspectos sensoriais e nutricionais, consistindo em fonte energética em função da presença de carboidratos, e de minerais importantes, como o potássio, e vitaminas. O fruto verde (Figura 6) tem despertado interesse do mercado consumidor, pois além do seu valor nutricional, com quantidades importantes de vitamina B e C, bem como minerais (potássio e cálcio, principalmente), destaca-se a presença de amido resistente, fitoesteróis, compostos fenólicos e capacidade antioxidante (Carneiro *et al.*, 2020).

Figura 6: Imagem ilustrativa dos frutos de banana verde



Fonte: Google Imagens (2024)

A farinha de banana verde (FBV), extraída da biomassa do fruto, é rica em minerais importantes para o cuidado com a saúde, como cálcio, ferro e magnésio, além de conter vitamina C e quantidades moderadas de vitaminas A, B1 e B2 (Moura, 2020). Uma das principais vantagens da farinha de banana verde é a alta concentração de amido resistente, que atua como uma fibra resistente à digestão e serve como substrato em processos fermentativos para as bactérias anaeróbicas presentes no cólon, o que contribui para a redução do risco de diversas doenças. Os principais produtos dessas fermentações são ácidos graxos de cadeia longa, acéticos, propiônicos e butíricos, além de gases hidrogênio, dióxido de carbono e metano.

Esses compostos têm o potencial de manter a maciez do intestino e diminuir os fatores de risco para o desenvolvimento de inflamação intestinal (Santana; Vixamar; Ledix, 2023). As fibras solúveis e insolúveis da farinha de banana verde desempenham diversas funções no organismo, como a regulação da função intestinal, no qual atua retardando o esvaziamento gástrico, além de auxiliar na redução dos níveis de colesterol no sangue (SÁ *et al.*, 2021).

Segundo Vernaza, Gularte e Chang (2011), a produção de FBV encontra ampla aplicação na indústria de alimentos, principalmente na elaboração de produtos de panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis. Além dos benefícios nutricionais, a produção de FBV contribui para a redução das perdas pós-colheita, aumento de tempo de vida de prateleira e agregação de valor à fruta.

3.6 PRODUÇÃO DE PÃES SEM GLÚTEN

A produção dos pães sem glúten constitui um desafio tecnológico para a indústria de panificação (Herculano *et al.*, 2021). O pão sem glúten apresenta uma queda na sua qualidade tecnológica, uma vez que não tem a capacidade de reter os gases produzidos durante a fermentação e o forneamento, apresentando baixo volume específico, miolo firme e borrachento (Santos; Almeida, 2020). Isso porque, o glúten é composto por proteínas de armazenamento de

algumas espécies de plantas cerealíferas, como trigo, centeio e cevada. A aveia é considerada uma possível fonte de glúten, mas as suas proteínas de armazenamento são diferentes das encontradas no trigo, centeio e cevada. A contaminação cruzada dos grãos ocorre durante a colheita, transporte, armazenamento e processamento com alguns cereais que contêm glúten (Mendes, 2023).

Pães sem glúten em geral requerem uma tecnologia diferente, as propriedades da massa são mais fluidas do que a massa de trigo devido à falta de uma rede de glúten. O uso de gomas (hidrocolóides), estabilizantes e amido pré-gelatinizado tem sido sugerido como meio de fornecer oclusão de gás e mecanismos de estabilização (Schober; Bean; Boyle, 2007).

Segundo Gusmão, (2017), a farinha de trigo tem sido frequentemente substituída pela farinha de arroz, que pode ser combinada com farinhas e amidos à base de outros cereais e tubérculos. Em virtude do grande armazenamento de proteínas, a farinha de arroz não possui uma rede proteica semelhante à do glúten. Portanto, ingredientes como hidrocolóides, emulsificantes, produtos lácteos, proteínas, amido gelatinizado e enzimas têm sido empregados para aprimorar a reologia da massa, o volume final, as propriedades estruturais e de textura, além da durabilidade dos pães sem glúten.

A fabricação de pães sem glúten requer o uso de matéria-prima pré-selecionada, limitando o número de ingredientes e suas combinações, reduzindo a variedade e tornando menos atrativos em termos de aparência e sabor quando comparado aos produtos tradicionais de panificação (Morais; Cruz; Bolini, 2013).

A goma xantana é um aditivo essencial na elaboração de pães sem glúten, que pode modificar as propriedades de textura e a capacidade de panificação do amido das farinhas e dos pães à base de farinhas não convencionais. De fato, a goma tem a capacidade de modificar a reologia da massa, melhorar a qualidade dos produtos de panificação, e é frequentemente empregada em produtos sem glúten. Sua adição assegura uma maior consistência da massa, melhor capacidade de retenção de gás e proporciona ao produto uma vida útil mais longa. A goma xantana, em particular, apresenta compatibilidade com a maioria dos colóides utilizados nos alimentos, incluindo o amido, sendo, assim, ideal para a elaboração de pães e produtos de panificação. Ela reduz a taxa de desidratação, ou aumenta a retenção de umidade, promovendo a melhoria da textura e das características sensoriais dos alimentos (Ndjang *et al.*, 2024).

3.7 ECOINOVAÇÃO

As preocupações com riscos ambientais do crescimento econômico se acentuaram a

partir da segunda metade do século XX e, nos anos 2000, tem se tornado o centro de política e debates específicos, inclusive no âmbito de organismos internacionais. As discussões extrapolaram a questão do crescimento, e linhas de pesquisa que vêm ganhando espaço na literatura. Tem-se discutido em que medida é possível promover o desenvolvimento baseado nos padrões de produção e consumo atuais e quais seriam as alternativas existentes. Esse assunto é especialmente importante para os países em desenvolvimento, mas também é pauta para os países desenvolvidos, que têm observado o crescimento dos níveis de desigualdade, especialmente na última década (Koeller *et al.*, 2019).

Além dessas iniciativas, Almeida *et al.* (2014) identificaram que, em função da crise financeira global de 2008, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) apresentou naquele ano o Novo Acordo Verde Mundial (Global Green New Deal-GGND) para estimular a recuperação econômica e promover, simultaneamente, a sustentabilidade na economia mundial, sendo o precursor da estratégia de economia verde, proposta pela mesma organização em 2011. Neste mesmo ano, surgiram estratégias: o crescimento verde da Organização para Cooperação e o Desenvolvimento Industrial (OCDE) e a indústria verde da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI). Em 2012, o Crescimento Verde Inclusivo foi a proposta do Banco Mundial para tratar o tema para os países menos desenvolvidos há desafios adicionais: reduzir a pobreza e as desigualdades sociais e, ao mesmo tempo, conservar o meio ambiente.

O termo inovação foi usado por Joseph Alois Schumpeter em sua obra *The Theory of Economic Development*, de 1934, na qual considera as inovações como “novas combinações” dos meios produtivos que levam ao desenvolvimento econômico. Tais combinações podem ser:

Introdução de novo produto ou melhoria da qualidade de um já existente;

Introdução de nova fonte de oferta de método de produção;

A abertura de um novo mercado;

Conquista de uma nova fonte de oferta de matéria-prima ou de bens semimanufaturados; e

Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação de uma posição de monopólio (Koeller *et al.*, 2019).

A ideia da ecoinovação tem pouco mais de duas décadas na literatura, umas das primeiras aparições do conceito está no livro de Fussler e James (1996). No ano seguinte James (1997) definiu a ecoinovação como novos produtos e processos que oferecem valor ao cliente e ao negócio, reduzindo os impactos ambientais extrapolando a dimensão ambiental da sustentabilidade. A ecoinovação também pode ser entendida como a produção, aplicação ou

uso de um novo produto, processo, estrutura organizacional ou método de gestão para a empresa ou para o usuário, ciclo de vida resulta na redução de risco ambiental, como a poluição e os impactos negativos do uso de recursos, demonstrando também seu potencial como fonte de vantagem competitiva (Jesus *et al.*, 2015).

Desta forma, este estudo propõe o desenvolvimento de um produto de panificação com farinha mista à base de farinha de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e farinha de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), e adicionado de farinha de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) ou farinha de banana verde (*Musa sp.*).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido nos laboratórios do Centro de Tecnologia Agroalimentar (CTA) do Departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, em Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico.

4.1 OBTENÇÃO DAS FARINHAS

As farinhas de sorgo (FS) e de mandioca (FM) foram obtidas no comércio da cidade de São Paulo – SP. A farinha de banana verde (FBV) foi adquirida no comércio da cidade de Ponta Grossa – PR.

A farinha de ora-pro-nóbis (FOPN) foi obtida a partir das folhas de ora-pro-nóbis (OPN), que foram doadas por produtor da região dos Campos Gerais. Para obtenção da farinha, as folhas de OPN foram separadas dos caules, lavadas e sanitizadas por imersão em solução de hipoclorito de sódio em água (200 mg/kg) por 10 min. Em seguida foram secas em estufa com circulação de ar a 60 °C por aproximadamente 24 h (Almeida *et al.*, 2014).

Depois de secas, as folhas passaram por moinho de facas verticais até apresentar aspecto farináceo. A farinha obtida foi peneirada (peneira de 40 mesh) para padronização da granulometria, e por fim, foi armazenada em embalagem de vidro devidamente fechada e acondicionada à temperatura ambiente ao abrigo da luz.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS

As farinhas foram caracterizadas quanto à composição proximal, absorção e solubilidade em água, atividade de água, parâmetros de cor, amido total, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

4.2.1 Composição Proximal

Foram determinados os percentuais de umidade, cinzas, proteína bruta, gordura total e fibra alimentar de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O teor de umidade foi obtido por secagem em estufa a 105 °C até peso constante. As cinzas foram determinadas por incineração em mufla a 550 °C/6 h. O percentual de proteína bruta foi obtido a partir da quantificação do nitrogênio orgânico total (método de Kjeldahl), utilizando fator de

conversão de 6,25 (nitrogênio para proteína). A gordura total foi determinada por extração com solvente (hexano) a quente, utilizando o extrator de Soxhlet. O teor de fibras alimentares foi obtido pelo método enzimático-gravimétrico, e o teor de carboidratos totais foi estimado por diferença.

4.2.2 Absorção de Água e Solubilidade em Água

Os índices de absorção de água (IAA) e de solubilidade em água (ISA) foram determinados de acordo com a metodologia de Okezie e Bello (1988). Para obter o IAA, uma suspensão foi preparada pela mistura de 0,5 g de farinha e 25 mL de água destilada (25 °C), agitada e em seguida centrifugada a 3400 rpm por 20 min (Tecnal Celm Combate). O líquido sobrenadante foi escorrido e o material remanescente (farinha úmida) foi pesado. O líquido sobrenadante foi utilizado para a determinação do ISA por meio da evaporação da água em estufa a 105 °C por 24 h até o peso constante.

Os índices de absorção de água (IAA) e de solubilidade em água (ISA) foram calculados de acordo com as equações 01 e 02, respectivamente.

$$IAA = \frac{\text{peso da água absorvida pela amostra (g)}}{\text{peso da amostra (g)}} \quad (01)$$

$$ISA(\%) = \frac{\text{peso do resíduo da evaporação (g)}}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100 \quad (02)$$

4.2.3 Atividade de Água

O valor da atividade de água foi obtido por meio de leitura direta no analisador Aqualab (Aqualab Series 3TE). Uma porção das farinhas foi acondicionada em recipiente próprio do equipamento para a medição.

4.2.4 Parâmetros de Cor

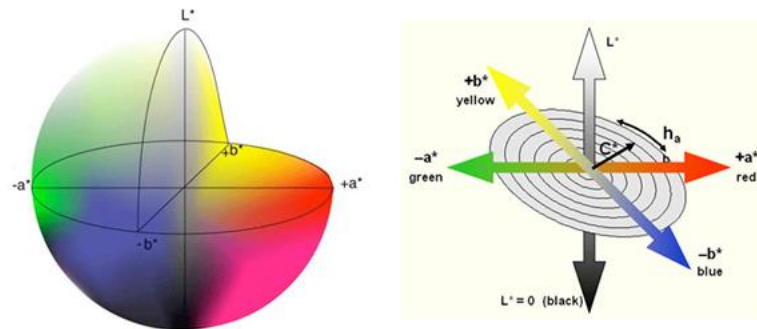
Os parâmetros de cor foram obtidos em colorímetro portátil modelo Mini Scan EZ (Hunter Lab, Reston VA, EUA) que foi colocado diretamente sobre a superfície das amostras de farinha. Foram medidos os parâmetros de luminosidade (L^*), as coordenadas a^* e b^* (amarelo-azul), e com eles foram calculados os valores de croma (C^*) e ângulo Hue (H°) através

das equações 03 e 04, respectivamente. Os valores de L^* indicam a luminosidade da amostra, a coordenada de cromaticidade $+a^*$ indica tendência para o vermelho e $-a^*$ indica tendência para o verde, e a coordenada de cromaticidade $+b^*$ indica tendência para o amarelo* e $-b^*$ indica tendência para o azul*. A saturação, C^* , é definida como a distância radial do centro do espaço até o ponto da cor, e o ângulo Hue indica a tonalidade cromática da amostra (Nielsen, 2017). O espaço de cor do sistema CIELab (L^* , a^* , b^*) pode ser observado na Figura 7.

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (03)$$

$$H^\circ = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (04)$$

Figura 7: Representação do espaço de cor CIELab.



Fonte: Moghaddam *et al.*, 2013

4.2.5 Amido Total

O conteúdo de amido das farinhas foi determinado pelo método enzimático, usando a metodologia própria do kit enzimático da Megazyme – *Total Starch Assay Procedure (amyloglucosidase/ α -amylase method)*, segundo método 76-13.01 da AACC (2000).

Foram pesados 100 mg de amostra, previamente desengorduradas, em seguida adicionados 5 mL de etanol 80%, agitado em vórtex e levado ao banho em ebulição (TECNAL, TE-053, Piracicaba, Brasil) por 5 min. A amostra foi centrifugada (CELM/Combate, Barueri, São Paulo) aproximadamente 2000 x-rpm e o sobrenadante foi despejado cuidadosamente. Em seguida, foi adicionado 2 mL de dimetilsulfóxido (DMSO), agitado em vórtex e levado por 5 min ao banho em ebulição. Após a remoção, imediatamente foi adicionado 3 mL de α - amilase termoestável 3U (diluída 30 vezes em tampão MOPS, 50 mM), e cloreto de cálcio (5 mM) e

agitado em vórtex por 20 segundos. Os tubos foram incubados novamente em banho em ebulição (TECNAL, TE-053, Piracicaba, Brasil) por 6 min, agitando com o vórtex após 2, 4, 6 min. Em seguida, após o resfriamento, foram adicionados 4 mL de tampão acetato de sódio, e cloreto de cálcio, seguido pela enzima amiloglucosidase (3,3 U/mL). Os tubos foram agitados em vórtex e incubados em banho (TECNAL, TE- 053, Piracicaba, Brasil) a 50°C, por 60 min. O conteúdo do tubo foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL, ajustado o volume com tampão acetato. Em seguida o líquido foi transferido para um tubo eppendorf de microcentrífuga, e centrifugado em centrífuga (EPPENDORF, Mini Spin plus, Alemanha) a 3000 rpm por 5 min. Foram transferidos 0,1 mL deste líquido para uma microplaca, adicionado 0,1 mL de reagente GOPOD, incubado a 50°C e em seguida foi feita a quantificação com a leitura em espectrofotômetro de microplacas de fundo chato com 96 poços e volume de 330 µL por poço (BRULAB, Curitiba, Brasil) do reagente colorimétrico no comprimento de onda de 510 nm.

4.2.6 Compostos Fenólicos Totais

Para a determinação dos compostos fenólicos totais e atividade antioxidante foi realizada a extração conforme descrito em Nehring *et al.* (2015) onde foram pesados 1g de amostra e adicionados 20 mL de etanol 80% (v/v), que foram mantidos em agitação em incubadora refrigerada (Incubadora Shaker de piso refrigerada NT 714, Nova Técnica) a 200 rpm por 3 h, em temperatura ambiente (20 - 25 °C). Em seguida, foi realizada centrifugação durante 10 min a 3400 rpm (Tecnal Celm Combate). O sobrenadante foi retirado e armazenado, e ao precipitado foram adicionados 5 mL de etanol 80% e realizada nova extração com os mesmos parâmetros da primeira. Essa etapa foi realizada duas vezes. Após centrifugação, os três extratos foram misturados e armazenados sob refrigeração (4 °C).

A determinação de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventós (1999). 1mL de extrato foi adicionado a 1 mL de etanol 95%, 5 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu 1N. Após 5 min, foi adicionado 1 mL de Na₂CO₃ 5%, e a mistura reagente permaneceu em repouso durante 60 min, à temperatura ambiente. A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada através de leitura de absorbância em espectrofotômetro UV-VIS Shimadzu 1240, a 725 nm, utilizando curva padrão de ácido gálico (GAE) (10 – 100 µg/mL) em etanol 95%.

4.2.7 Atividade Antioxidante - Inibição do Radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)

Os extratos obtidos em 4.2.6 foram avaliados quanto à capacidade de inibição do radical DPPH. Três mililitros de DPPH 60 M em etanol 95% foram adicionados a 1 mL de extrato e incubados à temperatura ambiente por 15 min. Foi realizada leitura de absorbância em espectrofotômetro UV-VIS Shimadzu 1240, a 517 nm e a atividade antioxidante foi calculada por meio de curva padrão de trolox (2,5 - 100 µmol/L) em etanol 95% (Shetty *et al.*, 2005).

4.3 DEFINIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA FARINHA MISTA E DA FORMULAÇÃO-BASE DOS PÃES

Foram testadas diferentes proporções de farinha de sorgo (FS) e farinha de mandioca (FM) para originar a farinha mista (FMI) a ser utilizada na produção dos pães sem glúten (Tabela 2). A melhor proporção entre as farinhas de sorgo e mandioca foi utilizada para a produção dos pães adicionados de farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

Os pães foram produzidos utilizando a farinha mista (FMI), água, sal, sacarose, fermento biológico seco, óleo de soja, ovo, amido de mandioca e goma xantana. Como referência, para fins comparativos, foi produzido pão com farinha de trigo integral em substituição à farinha mista. As etapas do processamento dos pães consistiram em pesagem e mistura dos ingredientes, fracionamento e moldagem da massa, fermentação e forneamento (Santos, 2020).

Inicialmente, foi realizada a ativação do fermento biológico seco, durante 30 min, por meio da adição de água e sacarose, nas proporções descritas na Tabela 2. Os ingredientes secos foram pesados e misturados, e em seguida adicionou-se ovo, óleo e água. A massa obtida foi moldada no formato de esférico, com aproximadamente 100 g, e deixada em temperatura ambiente durante 30 min. Os pães foram assados em forno elétrico (Galy) na temperatura de 160 °C durante 40 min, e após o forneamento, foram deixados para esfriar por 2 h e meia. Posteriormente, foram armazenados em sacos plásticos à temperatura ambiente.

As farinhas mistas são produtos obtidos pela combinação de duas farinhas ou mais farinhas diferentes origens, como cereais, leguminosas, tubérculos, sementes ou outras fontes vegetais. A mistura é feita com o objetivo de melhorar as propriedades nutricionais, funcionais e tecnológicas das farinhas individuais, criando um ingrediente mais versátil e enriquecido para uso na indústria alimentícia ou no consumo doméstico. As farinhas mistas podem melhorar propriedades como absorção de água, solubilidade, textura e capacidade de formação de géis, o que é útil para fabricação de pães, bolos, massas e outros produtos (Santana; Oliveira Filho;

Egea, 2017).

Tabela 2: Formulações utilizadas para definição da composição da farinha mista à base de sorgo e mandioca.

Ingredientes (%)	Controle	F1	F2	F3
Farinha de trigo integral	90	0	0	0
Farinha mista*	0	90	90	90
Amido mandioca	10	10	10	10
Goma xantana**	1	1	1	1
Sacarose**	8	8	8	8
Sal**	2	2	2	2
Óleo**	7	7	7	7
Água**	50	50	50	37,5
Ovo**	38	38	38	38
Fermento biológico**	3	3	3	3
Água para fermento**	30	30	30	30
Sacarose para fermento**	3	3	3	3

*Farinha mista: F1 (25% FS + 75% FM); F2 (50% FS + 50% FM); F3 (75% FS + 25% FM)

** Percentuais calculados em relação à farinha mista e amido de mandioca.

4.3.1 Caracterização dos Pães

4.3.1.1 Volume específico

O volume específico dos pães foi determinado conforme equação 05, através da medida da massa e do volume após o forneamento. A massa foi determinada em balança semi-analítica e o volume através da metodologia de deslocamento de sementes de painços (Brito; Cereda, 2015).

$$Volume\ específico\ \left(\frac{mL}{g}\right) = \frac{volume\ (mL)}{massa\ (g)} \quad (05)$$

4.3.1.2 Perfil de textura

O perfil de textura foi avaliado após o resfriamento dos pães, utilizando texturômetro modelo TA.XT Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems). Os pães foram cortados em fatias de 2 cm de largura, e a compressão das amostras foi realizada a partir da casca superior

em direção ao centro. Foi utilizado probe P36/R, e as configurações do teste foram: velocidade de pré-teste 2 mm/s, velocidade de teste e de pós-teste 5 mm/s, e compressão 75% da altura. Foram considerados os parâmetros de dureza, adesividade, elasticidade, coesividade e mastigabilidade (Bourne, 2002).

4.3.1.3 Perdas no assamento

As amostras dos pães foram pesadas antes e após o forneamento para a avaliação do percentual de perdas (Martínez-Cervera *et al.*, 2012). As perdas foram calculadas de acordo com a equação 06.

$$\text{Perdas no assamento}(\%) = \frac{\text{peso da massa crua} - \text{peso da massa cozida}}{\text{peso da massa crua}} \cdot 100 \quad (06)$$

4.4 PRODUÇÃO DOS PÃES À BASE DE FARINHA MISTA E ADICIONADOS DE FARINHA DE ORA-PRO-NOBIS OU FARINHA DE BANANA VERDE

Em função dos resultados obtidos no tópico 4.3 (definição da composição da farinha mista (FMI) e formulação-base dos pães), optou-se por trabalhar com a composição de 75% de farinha de sorgo e 25% de farinha de mandioca (F3). Foram produzidos pães com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis (FOPN) ou farinha de banana verde (FBV), nas proporções indicadas na Tabela 3. Como controle, para fins comparativos, utilizou-se o pão produzido somente com FMI (75% FS + 25% FM) (Oliveira, 2016).

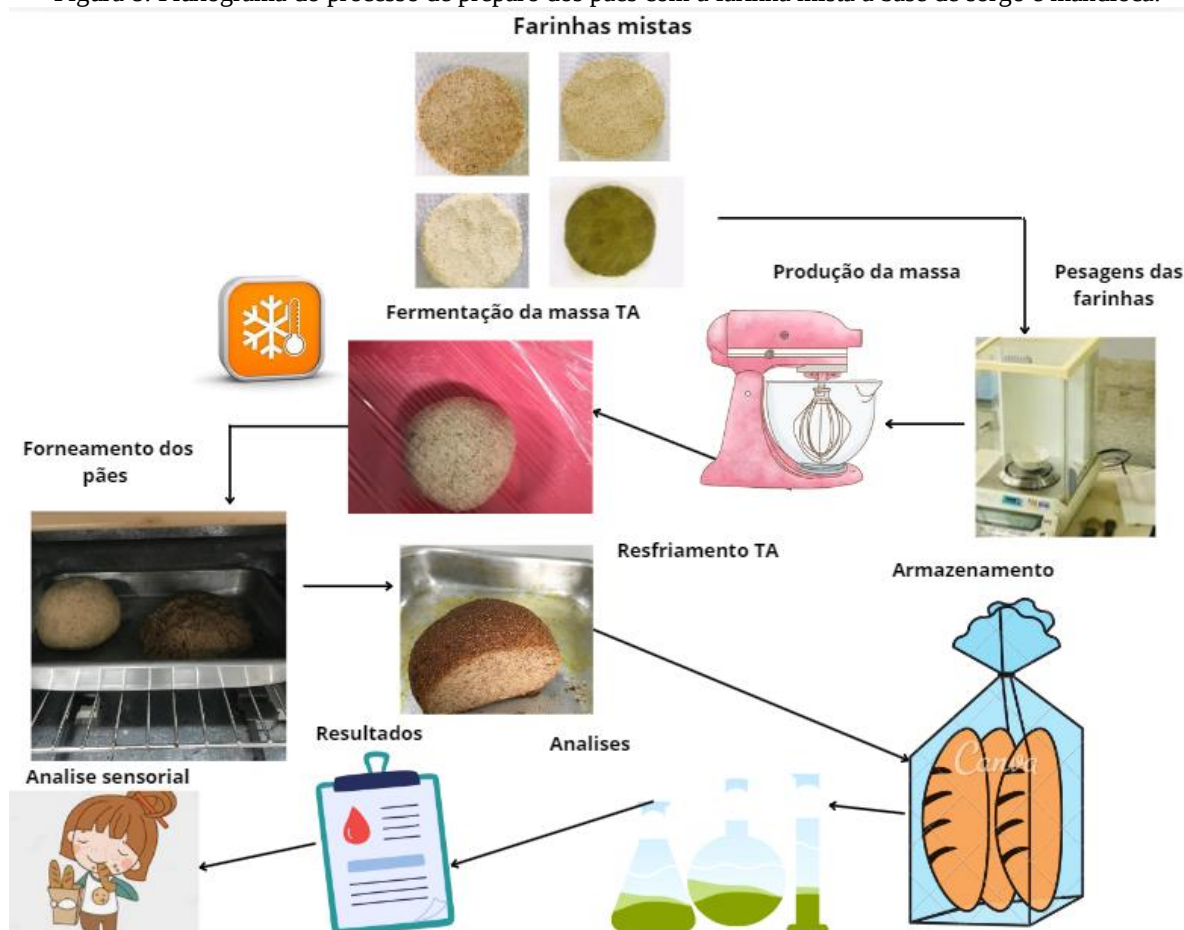
Os pães foram preparados conforme descrito no item 4.3. O fluxograma do processo da produção dos pães pode ser observado na Figura 8 (Segura-Badilla *et al.*, 2022).

Tabela 3: Formulações dos pães adicionados de farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

Ingredientes (%)	Controle	FOPN5 ou	FOPN10 ou	FOPN15 ou
		FBV5	FBV10	FBV15
Farinha mista	90	85	80	75
FOPN ou FBV	0	5	10	15
Amido mandioca	10	10	10	10
Goma xantana*	1	1	1	1
Sacarose*	8	8	8	8
Sal*	2	2	2	2
Óleo*	7	7	7	7
Água*	37,5	37,5	37,5	37,5
Ovo*	38	38	38	38
Fermento biológico*	3	3	3	3
Água para fermento*	30	30	30	30
Sacarose para fermento*	3	3	3	3

* Percentuais calculados em relação às farinhas e amido de mandioca.

Figura 8: Fluxograma do processo de preparo dos pães com a farinha mista à base de sorgo e mandioca.



Fonte: autora

4.4.1 Caracterização dos Pães

A composição proximal, o volume específico, a atividade de água, os parâmetros de cor, as perdas no assamento, os compostos fenólicos totais, a atividade antioxidante e o perfil de textura foram determinados conforme descrito nos itens 4.2.1, 4.3.1.1, 4.2.3, 4.2.4, 4.3.1.3, 4.2.6, 4.2.7 e 4.3.1.2, respectivamente.

4.4.2 Análise Sensorial

Para a avaliação sensorial, as formulações foram selecionadas com base nos parâmetros de textura. Foram avaliadas sensorialmente as formulações controle (FC), e as formulações com substituição de 5% de farinha mista por FOPN ou FBV (FOPN5 e FBV5).

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia de Alimentos da UEPG, após aprovação do Comitê de Ética de Pesquisas com

Seres Humanos (6.114.924). O painel de avaliadores para o teste foi composto por 67 indivíduos não treinados, da UEPG, formados por estudantes e servidores, selecionados em razão da disponibilidade e do interesse na participação. Após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) receberam três amostras de pães codificadas com números aleatórios de 3 dígitos: controle, 5% de farinha de ora-pro-nobis e 5% de farinha de banana verde. Os avaliadores provaram as amostras de pão (10 g), que foram servidas em temperatura ambiente na presença de luz branca. As amostras foram avaliadas quanto à aceitação dos atributos aparência, cor do miolo, odor, sabor, textura, maciez e impressão global utilizando a escala hedônica de 9 pontos (1-desgostei muitíssimo, 2-desgostei muito, 3-desgostei moderadamente, 4-desgostei ligeiramente, 5-não gostei, nem desgostei, 6-gostei ligeiramente, 7-gostei moderadamente, 8-gostei muito e 9-gostei muitíssimo). Além disso, os avaliadores foram questionados sobre a intenção de consumo dos pães (consumiria sempre, consumiria frequentemente, consumiria ocasionalmente, consumiria raramente ou nunca consumiria). Adicionalmente, os avaliadores caracterizaram as amostras assinalando, dentro de uma lista de termos pré-definidos, todos os atributos que considerassem aplicáveis às amostras (Ares; Jaeger, 2013; Ares; Jaeger, 2015; Dutcoski, 2013).

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as determinações foram realizadas em triplicata e os dados foram apresentados com média $\pm$ desvio padrão, sendo realizado teste de Levene para avaliar sua homogeneidade, considerando paramétrico o valor de $p > 0,05$. Em seguida, os dados paramétricos foram analisados pela Análise de Variância (ANOVA) ($p < 0,05$), complementada com o teste de comparação de médias de Fischer LSD ($p < 0,05$).

Em relação à análise sensorial, os valores hedônicos das amostras foram apresentados como média $\pm$ desvio padrão e os dados paramétricos analisados pela Análise de Variância (ANOVA) complementada com o teste de comparação de médias de Fischer LSD ($p < 0,05$). O índice de aceitabilidade e a intenção de consumo foram apresentados em porcentagem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS

5.1.1 Composição Proximal

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da composição proximal das farinhas de sorgo, mandioca, ora-pro-nobis e banana verde, utilizadas como matéria-prima na produção dos pães. A análise das características físico-químicas dessas farinhas revelou diferenças estaticamente significativas ($p < 0,05$).

Tabela 4: Composição proximal, em g/100g, das farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM), ora-pro-nobis (FOPN) e banana verde (FBV).

Farinha	Umidade	Cinzas	Proteínas	Lipídeos	Fibra alimentar	Carboidratos totais
FS	11,05 ^a ± 0,55	1,18 ^c ± 0,04	5,94 ^b ± 0,08	2,89 ^b ± 0,06	10,30 ^b ± 0,70	68,64
FM	8,08 ^b ± 0,28	0,68 ^d ± 0,01	1,23 ^c ± 0,44	0,11 ^d ± 0,04	6,47 ^c ± 0,43	83,43
FOPN	6,47 ^c ± 0,45	16,55 ^a ± 0,05	17,33 ^a ± 1,47	3,25 ^a ± 0,02	48,49 ^a ± 1,19	7,91
FBV	8,33 ^b ± 0,05	3,27 ^b ± 0,06	5,75 ^b ± 0,29	1,66 ^c ± 0,13	9,17 ^b ± 0,76	71,82

Dados expressos como média ± DP. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

Não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) no teor de umidade entre a farinha de mandioca e a de banana verde, que apresentaram teores de 8,08% e 8,33%, respectivamente. O teor de umidade da farinha de banana verde obtido neste trabalho (8,33%) foi inferior ao registrado por Franco (2016), que foi de 11,04%. Bezerra (2010) relatou teores de umidade de 10,2% para a farinha de mandioca, valor superior ao encontrado neste estudo. A farinha de sorgo apresentou o maior teor de umidade, com 11,05%, enquanto a farinha de ora-pro-nobis apresentou o menor teor, com 6,47%, valor próximo ao registrado por Cazagrande *et al.* (2022), que foi de 6,04%.

De acordo com a legislação brasileira, RDC 711/2022, as farinhas são produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos. Os amidos e farinhas devem respeitar os limites máximos de umidade estabelecidos, que são 15% para amidos de cereais, farelos e farinhas, 21% para amido de batata, e 18% para amido de mandioca (Brasil, 2022).

A umidade das farinhas está de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira. É um parâmetro importante a ser avaliado, pois pode influenciar na vida de prateleira do produto a ser elaborado, enfatizando que a presença de água no alimento facilita sua deterioração pelas reações químicas ou enzimáticas, e pelo desenvolvimento microbiano (Cazagrande *et al.*, 2022).

As cinzas resultam da queima de materiais orgânicos, e é nessa fração que se encontram uma variedade de minerais essenciais, como ferro, magnésio e cálcio, conforme mencionado por Arruda e Silva Neto (2021). A maior porcentagem de cinzas foi observada na farinha de ora-pro-nobis, com um total de 16,55%. Em comparação, Vieira (2017) relataram uma porcentagem de 17,47%. A ora-pro-nobis pertence à família das cactáceas, que apresenta uma composição mineral significativa. A farinha de banana verde apresentou o segundo maior teor de cinzas, com 3,27%. Já a farinha de sorgo apresentou 1,18% e a farinha de mandioca teve a porcentagem mais baixa, com 0,68%, em comparação com a farinha de trigo integral, que pode chegar a no máximo 2,50%. É importante salientar que as farinhas brancas de trigo, frequentemente utilizadas na panificação e confeitaria, possuem baixo teor de cinzas (tipo 1: 0,80%, tipo 2: 1,40%) em sua composição, conforme Santos (2022). Uma vez que os minerais presentes influenciam na cor do produto final, quanto mais cinzas a farinha apresentar, mais pigmentada será (Gomes *et al.*, 2022).

A farinha de ora-pro-nobis apresentou 17,33% de proteína e, segundo a legislação vigente (Brasil, 2020), pode ser considerada “fonte de proteína”, pois atende o requisito para tal alegação, que é conter no mínimo 10% do valor diário de referência (50 g/dia) por porção (50 g). Portanto, a farinha de ora-pro-nobis tem potencial para enriquecer alimentos com baixo conteúdo de proteínas. Vargas (2017) encontrou 11,55% de proteínas para FOPN, valor inferior ao encontrado neste estudo. Alguns autores encontraram valores superiores ao encontrado neste estudo: Mattos (2022) encontrou 24,22%, enquanto Takeiti *et al.* (2009) encontraram 28,49% de proteínas na farinha de ora-pro-nobis. O processamento pode tanto aumentar como reduzir a qualidade das proteínas pelos fatores temperatura utilizada, o tempo de aquecimento e idade fisiológica, tratos culturais botânica da planta podem também estar relacionados com diferenças nos teores de proteínas.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os percentuais de proteínas da farinha de sorgo e da farinha de banana verde. O percentual de proteínas da FBV (5,75%) foi superior ao encontrado por Carvalho, Ascheri e Miguez (2005) (3,72%). Dentre as farinhas avaliadas, a farinha de mandioca apresentou o menor teor de proteínas (1,23%).

Dessa forma, as proteínas extraídas de vegetais têm papel relevante na nutrição humana, especialmente em países em desenvolvimento, em que a ingestão diária de proteínas é inferior à recomendada. E têm despertado cada vez mais o interesse dos pesquisadores (Souza, 2014).

Analisando os teores de lipídios encontrados na FBV, FS, FM e FOPN, conforme apresentado na Tabela 4, é possível observar que a FOPN apresentou o maior valor (3,25%) dentre as farinhas avaliadas, porém inferior aos valores obtidos por Almeida *et al.* (2014) e Cazagrande *et al.* (2022), 5,07% e 3,30%, respectivamente. A farinha de sorgo apresentou um teor de lipídios de 2,89%, inferior aos encontrados nos estudos de Conceição *et al.* (2009) que indicou 3,07%, e de Moraes, Queiroz e Maróstica Júnior (2014) que registrou 3,07%. Por outro lado, as farinhas de banana verde e mandioca apresentaram teores mais baixos, com 1,66% e 0,11%, respectivamente.

A farinha de ora-pro-nobis apresentou 48,49% de fibras alimentares, um valor significativamente superior ao das demais farinhas. Comparando com os dados de Sommer, Ribeiro e Kaminski (2022), que analisaram duas farinhas, uma fornecida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Hortaliças e outra produzida em Brasília/DF, os teores de fibras encontrados foram de 57,65% para a farinha local e 55,65% para a farinha da Embrapa. Esses valores elevados estão relacionados à composição natural da ora-pro-nobis, rica em fibras solúveis e insolúveis. A ora-pro-nobis é indicada para formulações de alimentos funcionais para promover a saúde digestiva, como pães integrais, barras de cereais ou produtos dietéticos voltados para a regulação do trânsito intestinal. Assim, é uma excelente opção para enriquecer dietas com baixo teor de fibras.

No caso da farinha de sorgo (FS), o teor de fibras alimentares foi de 10,30%, comparável aos valores encontrados por Moura *et al.* (2024), que registraram 9,42%. Por sua vez, a farinha de banana verde apresentou um teor de fibras de 9,17%, superior ao da farinha de mandioca, que apresentou 6,47%. A farinha de banana verde é conhecida pelo alto teor de amido resistente, que, associado às fibras, contribui para o controle glicêmico, a sensação de saciedade e a modulação da microbiota intestinal. Isso a torna ideal para produtos funcionais direcionados a pessoas com diabetes ou que buscam maior saciedade em suas dietas, como em massas ou shakes.

5.1.2 Absorção e Solubilidade em Água e Atividade de Água

Os resultados obtidos para os índices de solubilidade e absorção de água para as farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM), ora-pro-nobis (FOPN) e banana verde (FBV) estão apresentados

na Tabela 5.

Tabela 5: Índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA) e atividade de água (A_w) das farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM), ora-pro-nobis (FOPN) e banana verde (FBV).

Farinha	ISA (%)	IAA (g/g)	A_w
FS	3,34 ^c ± 0,47	1,68 ^d ± 0,02	0,64 ^a ± 0,00
FM	2,55 ^c ± 0,54	6,01 ^b ± 0,05	0,60 ^b ± 0,01
FOPN	17,80 ^a ± 0,57	6,80 ^a ± 0,05	0,58 ^c ± 0,01
FBV	8,37 ^b ± 0,17	2,97 ^c ± 0,04	0,52 ^d ± 0,02

Dados expressos como média ± DP. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

O índice de absorção de água é um parâmetro importante na produção de alimentos amiláceos, pois indica a capacidade do amido de absorver água e é um indicador da quantidade de grânulos de amido intactos (Bueno *et al.*, 2024). A farinha de ora-pro-nobis apresentou maior IAA, com 6,80 g/g, seguido pela farinha de mandioca com 6,01 g/g. Este índice em farinhas de origem vegetal é atribuído ao elevado teor de fibras encontrado, o que pode ser o fator responsável pelos altos valores de IAA observados. Os valores mais baixos foram obtidos com as farinhas de sorgo, com 2,97 g/g, e de banana verde, com 1,68 g/g.

De acordo com Lustosa, Leonel e Mischán, (2009), em condições de alta umidade e baixo teor de proteínas nas farinhas, obtêm-se os maiores valores de IAA, que está ligado à habilidade dos componentes da matéria-prima de absorver e reter água.

O ISA é um parâmetro que mede o grau de degradação total do grânulo de amido, e esse indicador mostrou o maior valor na FOPN, com 17,80%, significativamente superior às demais farinhas, indicando uma alta capacidade de solubilidade. Isso pode estar associado à presença de fibras solúveis, proteínas e compostos bioativos; esses são os principais responsáveis pelo ISA nas farinhas de ora-pro-nobis. Para a FBV, o ISA foi de 8,37%, possivelmente devido a presença de amido resistente e compostos parcialmente solúveis que também absorvem água na farinha. Já para FS e FM, foram observados os menores valores, de 3,34% e 2,55%, respectivamente refletindo uma menor quantidade de compostos solúveis; esses resultados podem estar relacionados a maior proporção de amido insolúvel e fibras não solúveis nessas farinhas.

Na análise da atividade de água (A_w) das farinhas, é possível observar que a farinha de sorgo apresentou o maior valor (0,64), seguida das farinhas de mandioca (0,60), ora-pro-nobis (0,58) e banana verde (0,52). Os limites críticos de atividade de água para o desenvolvimento

de microrganismos são de 0,91 para bactérias, 0,88 para leveduras e 0,80 para fungos (com exceções até 0,60). Portanto, as farinhas avaliadas neste trabalho podem ser consideradas seguras em relação ao crescimento e desenvolvimento de microrganismos (Carvalho *et al.*, 2023).

5.1.3 Parâmetros de Cor

A cor de farinha é um atributo valorizado pelos consumidores, que geralmente preferem as mais claras, embora nem sempre esteja associada a qualidade superior. Essa característica é influenciada por diversos fatores, incluindo aspectos inerentes à matéria-prima, como o teor de pigmentos, que afetam a coloração da farinha. Além disso, a tonalidade da farinha impacta a aparência do produto ser elaborado, tornando a cor um dos critérios fundamentais exigidos pelos consumidores. Por esse motivo, a análise de cor é um requisito essencial para a liberação de lotes pelas empresas (Santos, 2022).

A análise colorimétrica (Tabela 6) revelou que entre as farinhas de banana verde, sorgo, mandioca e ora-pro-nobis, houve diferença significativa ($p < 0,05$) nos parâmetros avaliados.

Tabela 6: Parâmetros de cor para as farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM), ora-pro-nobis (FOPN) e banana verde (FBV).

Farinhas	Parâmetros					
	Cor	L*	a*	b*	Croma	Ângulo Hue
FS		69,82 ^b ± 0,34	7,62 ^a ± 0,08	15,81 ^b ± 0,29	17,56 ^b ± 0,28	64,26 ^c ± 0,32
FM		87,77 ^a ± 0,69	1,69 ^c ± 0,07	17,75 ^a ± 0,26	17,83 ^{ab} ± 0,27	84,55 ^a ± 0,15
FOPN		29,60 ^d ± 0,86	1,10 ^d ± 0,22	13,42 ^c ± 0,45	13,52 ^c ± 0,43	85,32 ^a ± 1,07
FBV		66,77 ^c ± 1,86	3,89 ^b ± 0,17	18,02 ^a ± 0,29	18,44 ^a ± 0,31	77,81 ^b ± 0,40

Dados expressos como média ± DP. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

A farinha de mandioca apresentou a maior luminosidade (87,77), indicando uma cor mais clara, e a farinha de ora-pro-nobis caracterizou-se como a mais escura, pois apresentou a menor luminosidade (29,60). A farinha de sorgo demonstrou maior tendência à coloração vermelha (maior valor do parâmetro a* e menor ângulo Hue), enquanto as farinhas de ora-pro-nobis e mandioca exibiram tendência à coloração amarela (ângulo Hue próximo à 90°). A tonalidade cromática da farinha de banana verde ficou entre a farinha de sorgo e as farinhas de ora-pro-nobis e mandioca, sugerindo uma tonalidade laranja. A farinha de ora-pro-nobis caracterizou-se como a menos saturada (menor croma) dentre todas as avaliadas.

Os resultados mostram que cada amostra possui características de cor distintas, já que a presença de pigmentos naturais, como antocianinas no sorgo, clorofila na ora-pro-nobis e na banana verde, carotenoides na mandioca, impactam diretamente na cor das farinhas obtidas a partir dessas matérias-primas. Essas variações são importantes para aplicações específicas onde a cor e a luminosidade das amostras são críticas.

5.1.4 Amido Total

O amido desempenha um papel fundamental em produtos de panificação, influenciando diretamente a textura, estrutura e qualidade dos produtos elaborados. Durante o aquecimento, o amido gelatiniza, absorvendo água e formando uma matriz que contribui para a estrutura e estabilidade do produto. Além disso, o amido age como um agente de retenção de água, prolongando a vida útil dos produtos ao evitar o ressecamento precoce, afetando a qualidade sensorial e a aparência (Aplevicz; Demiate, 2007; Denardin; Silva, 2009).

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) no teor de amido das farinhas. A farinha de banana verde apresentou o maior teor de amido total dentre todas as avaliadas (94,48%), e é reconhecida pelo seu alto teor de amido resistente, que é facilmente absorvido pelo sistema digestivo. Isso é benéfico para produtos destinados à regulação metabólica, como controle de açúcar no sangue e aumento da saciedade. Isso sugere a utilização para a elaboração de alimentos funcionais, como pães e biscoitos de baixo índice glicêmico.

O teor de amido total na farinha de sorgo atingiu 89,35%. O sorgo, rico em amido e de digestibilidade moderada (Moares; Queiroz; Maróstica Júnior, 2014), é apropriado para substituir cereais convencionais, como o trigo, especialmente em produtos sem glúten. Também é utilizado para criar alimentos com maior disponibilidade de energia, como barras de cereais. O teor de amido da farinha de mandioca atingiu 81,03%, valor um pouco inferior ao da FS e BV, demonstrando que a mandioca continua sendo uma importante fonte de amido. O teor de amido da ora-pro-nobis é baixo, de 3,35%, refletindo a composição única desta farinha, que é rica em fibras e proteínas. Sugerindo que é ideal para formulações que dão prioridade ao alto teor de fibras e baixo teor de carboidratos, como alimentos funcionais destinados à dieta e saúde intestinal, um excelente ingrediente para aumentar a densidade nutricional de alimentos. A presença do amido nas farinhas de sorgo, banana verde e mandioca tem um potencial na produção de produtos de panificação como substituto da farinha de trigo. Segundo Ahmed *et al.* (2024) o teor de amido no trigo é de 60 – 76%. As farinhas de banana verde, sorgo e mandioca tendem a apresentar valores de amido total mais altos que a farinha de trigo

convencional por razões estruturais e de composição.

5.1.5 Compostos Fenólicos Totais e Atividade Antioxidante

Em termos gerais, as características descritas das farinhas de sorgo, mandioca, ora-pro-nobis e banana verde as tornam ingredientes valiosos do ponto de vista nutricional para serem incorporadas em produtos de panificação, especialmente quando se busca a elaboração de alimentos que sejam mais saudáveis e nutritivos (Carvalho *et al.*, 2023).

A farinha de ora-pro-nobis apresentou o maior teor de compostos fenólicos totais e a maior atividade antioxidante, seguida da farinha de banana verde, da farinha de sorgo e da farinha de mandioca (Tabela 7). Pode-se observar que quanto maior a concentração de compostos fenólicos presentes, maior é a atividade antioxidante.

Tabela 7: Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM), ora-pro-nobis (FOPN) e banana verde (FBV).

Farinhas	Compostos fenólicos totais	Atividade antioxidante
	(mg EAG/g)	(μ mol ET/g)
FS	1,543 ^c $\pm$ 0,029	3,439 ^c $\pm$ 0,143
FM	0,362 ^d $\pm$ 0,008	0,530 ^d $\pm$ 0,162
FOPN	5,261 ^a $\pm$ 0,016	23,642 ^a $\pm$ 0,143
FBV	2,525 ^b $\pm$ 0,035	7,493 ^b $\pm$ 0,048

Dados expressos como média $\pm$ DP. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

Os compostos fenólicos são compostos bioativos com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias que auxiliam na diminuição do estresse oxidativo, protegendo as células contra danos causados por radicais livres. Eles possuem ação antioxidante que pode atrasar ou aprimorar a saúde vascular, diminuindo a inflamação, impedindo a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e aprimorando a função endotelial. Alguns compostos fenólicos contribuem para a regulação do açúcar no sangue, aumentando a sensibilidade à insulina e diminuindo a absorção de carboidratos. Incluir alimentos com essas substâncias na dieta é uma tática eficiente para aprimorar a saúde geral e diminuir o risco de diversas condições crônicas (Poeira, 2020).

A atividade antioxidante é essencial para a saúde humana, pois protege o organismo contra os danos causados pelo estresse oxidativo, que está relacionado ao envelhecimento e a diversas doenças crônicas. Os antioxidantes podem ser obtidos de fontes alimentares, como

frutas, vegetais, grãos integrais e chás. Muitos antioxidantes têm propriedades anti-inflamatórias que ajudam a combater inflamações crônicas, associadas a doenças como artrite, obesidade e doenças autoimunes (Oliveira, 2020).

5.2 DEFINIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA FARINHA MISTA E DA FORMULAÇÃO-BASE DOS PÃES

Os pães produzidos para definição da composição da farinha mista e da formulação-base foram avaliados com relação ao volume específico, perdas no assamento e perfil de textura. Para fins comparativos foi produzida uma formulação com farinha de trigo integral (controle).

Uma das características mais importantes para a aceitabilidade dos pães por parte dos consumidores é o volume específico, por essa razão essa análise está presente em estudos que avaliam produtos de panificação (Moura, 2020). A substituição total da farinha de trigo integral nos pães reduziu significativamente ($p < 0,05$) o volume específico em comparação com o controle (Tabela 8). A formulação que mais se aproximou do volume específico do pão controle (produzido com farinha de trigo integral) foi a FMI 3, composta por 75% de farinha de sorgo e 25% de farinha de mandioca. O glúten presente na farinha de trigo desempenha um papel fundamental na estrutura do pão; cria uma rede proteica elástica e resistente que retém o dióxido de carbono (CO_2) gerado pela fermentação promovendo o crescimento da massa e garantindo um volume satisfatório ao pão (Guarabira, 2023).

Por outro lado, formulações com farinhas de sorgo e mandioca, que carecem de glúten, têm a retenção gás comprometida durante o processo de assamento. Isso resulta em pães com menor volume e textura diferenciada exigindo ajustes na formulação, principalmente relacionados ao tempo e temperatura de fermentação e cocção. Muitas vezes é necessária a adição de outros ingredientes estruturantes, como goma xantana ou hidrocoloides, para dar mais coesão e viscosidade à massa. O glúten tem um papel muito importante na panificação principalmente na formação do volume e textura da massa por conta da sua propriedade viscoelástica (Higuchi, 2022).

Tabela 8: Perdas no assamento, volume específico e perfil de textura dos pães produzidos para definição da composição da farinha mista (FMI) e da formulação-base.

Parâmetros analíticos	Formulações*			
	C	FMI 1	FMI 2	FMI 3
Perdas no assamento (%)	6,85 ^c ±0,53	13,96 ^a ±0,23	10,8 ^b ±1,12	9,28 ^b ±0,75
Volume específico (mL/g)	1,895 ^a ±0,017	0,908 ^c ±0,005	0,905 ^c ±0,003	1,542 ^b ±0,018
Dureza (N)	13,11 ^d ±0,51	76,25 ^b ±8,70	94,48 ^a ±12,20	52,39 ^c ±5,71
Adesividade (N.s)	-0,01 ^a ±0,01	-0,01 ^a ±0,01	-0,01 ^a ±0,01	-0,01 ^a ±0,01
Elasticidade**	0,82 ^b ±0,11	0,77 ^b ±0,11	0,79 ^b ±0,03	0,91 ^a ±0,02
Coesividade**	0,63 ^a ±0,04	0,42 ^c ±0,06	0,52 ^b ±0,06	0,56 ^{ab} ±0,03
Mastigabilidade (N)	6,76 ^d ±0,86	25,97 ^b ±1,14	38,06 ^a ±0,64	22,07 ^c ±0,63

* Formulações: C (controle): farinha de trigo integral; FMI 1: 25% FS + 75% FM; FMI 2: 50% FS + 50% FM; FMI 3: 75% FS + 25% FM. ** Adimensional
 Dados expressos como média ± DP. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

A formulação controle apresentou a menor perda no assamento (6,85%), o que pode indicar uma menor evaporação de água durante o cozimento. A FMI 1 teve maior perda no assamento (13,96%), indicando que houve uma maior evaporação de água durante o cozimento do pão. As formulações FMI 2 e FMI 3 tiveram perdas no assamento de 10,80% e 9,28% respectivamente, sem apresentar diferença significativa ($p > 0,05$).

Com a elevação da temperatura no forno, a água contida na massa se evapora, contribuindo de maneira significativa para a diminuição do peso do produto final. A capacidade de reter umidade pode variar de acordo com a composição da farinha e as condições de cozimento (Canella-Rawls, 2020).

Durante a fermentação, são produzidos compostos voláteis, como o etanol, que evaporam durante o cozimento. O gás produzido durante a fermentação auxilia na organização da massa, formando as bolhas que conferem volume ao pão. Contudo, durante o aquecimento, uma parte do CO₂ é liberada, particularmente em massas com menor capacidade de armazenamento do gás. Esta característica está diretamente ligada à natureza da farinha empregada. Em caso de farinha com alto teor de glúten, como a de trigo, a estrutura proteica auxilia na manutenção do volume. Enquanto farinhas sem glúten, como sorgo e mandioca, apresentam maior dificuldade em manter o volume do pão devido à falta de rede estrutural (Zhuang *et al.*, 2022).

A textura é um dos principais indicadores da qualidade dos pães, pois está diretamente ligada à experiência sensorial do consumidor. Uma textura agradável reflete o equilíbrio entre

maciez, elasticidade e leveza da massa, características que garantem uma boa mastigação. Pães com uma textura inadequada, como excesso de dureza, compromete a aceitação do produto, mesmo que o sabor seja bom.

Os resultados obtidos (Tabela 8) mostraram que os pães produzidos com farinha de trigo integral e diferentes combinações de farinha de sorgo e mandioca apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) na dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade. Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) na adesividade, indicando que a mistura das duas farinhas (sorgo e mandioca) não impactou esse parâmetro em comparação com a farinha de trigo integral.

O pão produzido com farinha de trigo integral apresentou os menores valores para dureza e mastigabilidade, seguido da formulação FMI 3. Os maiores valores de dureza e mastigabilidade foram registrados para a formulação FMI 2, composta de 50% de farinha de sorgo e 50% de farinha de mandioca. Os pães elaborados com 75% de farinha de sorgo (FMI 3) foram os mais elásticos em relação aos demais. Em relação à coesividade, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre o pão controle e a formulação FMI 3.

A presença de glúten desempenha papel crucial na estrutura e na textura dos pães feitos com a farinha de trigo integral, influenciando diretamente sua dureza. O glúten, formado pela hidratação e ativação das proteínas gliadina e glutenina presentes no trigo, cria uma rede elástica que retém gases durante a fermentação, conferindo aos pães uma textura macia e aerada. Essa rede elástica também contribui para a coesividade do pão, permitindo que ele mantenha sua forma, sem ser excessivamente rígido (Sun *et al.*, 2024).

Por outro lado, pães elaborados sem glúten enfrentam desafios na formação dessa estrutura, o que frequentemente resulta em produtos mais densos e, muitas vezes, mais duros. Para compensar a ausência do glúten, geralmente são adicionados ingredientes como gomas (xantana ou guar) ou amidos modificados, que ajudam a imitar, ainda que parcialmente, a elasticidade e maciez conferidas pelo glúten. No entanto, a textura dos pães sem glúten tende a ser menos uniforme e mais propensa a esfarelar, afetando a percepção de maciez e a experiência sensorial do consumidor (Salvati, 2023).

A formulação FMI 3, composta por 75% de farinha de sorgo e 25% de farinha de mandioca, foi escolhida para a continuidade do trabalho, por apresentar volume específico, perdas no assamento e perfil de textura mais próximos à formulação controle (elaborada com farinha de trigo integral).

5.3 PRODUÇÃO DOS PÃES À BASE DE FARINHA MISTA E ADICIONADOS DE FARINHA DE ORA-PRO-NOBIS OU FARINHA DE BANANA VERDE

Para fins de apresentação dos resultados e para a discussão, será considerado como controle a formulação elaborada com a farinha mista (75% FS + 25% FM), sem adição de farinha de ora-pro-nobis e de farinha de banana verde.

5.3.1 Composição Proximal

A análise percentual de um alimento mostra de maneira simples a quantidade de cada componente presente em 100 g da amostra analisada. Os resultados obtidos para a composição proximal dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou de banana verde estão mostrados na Tabela 9.

Tabela 9: Composição proximal, em g/100 g, dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

Formulação*	Umidade	Cinzas	Proteínas	Lipídios	Fibra	Carboidratos
					alimentar	totais
C	42,46 ^b ± 0,46	1,60 ^g ± 0,03	6,71 ^b ± 0,27	4,81 ^d ± 0,03	4,14 ^d ± 0,06	40,28
ONP5%	44,15 ^a ± 0,66	1,98 ^c ± 0,04	7,50 ^a ± 0,17	6,19 ^a ± 0,07	5,10 ^c ± 0,07	35,08
ONP10%	44,73 ^a ± 0,40	2,34 ^b ± 0,01	7,63 ^a ± 0,03	6,03 ^b ± 0,05	6,05 ^b ± 0,07	33,22
ONP15%	44,67 ^a ± 1,17	2,68 ^a ± 0,03	7,76 ^a ± 0,05	6,23 ^a ± 0,17	7,04 ^a ± 0,12	31,62
BV5%	44,32 ^a ± 0,92	1,66 ^f ± 0,03	7,07 ^b ± 0,39	5,04 ^c ± 0,01	4,14 ^d ± 0,06	37,77
BV10%	44,35 ^a ± 0,37	1,71 ^e ± 0,03	7,06 ^b ± 0,01	5,08 ^c ± 0,01	4,12 ^d ± 0,05	37,68
BV15%	44,62 ^a ± 0,68	1,76 ^d ± 0,01	6,85 ^b ± 0,36	5,03 ^c ± 0,02	4,15 ^d ± 0,08	37,59

* Formulações: C (controle): farinha mista (75% FS + 25% FM); OPN (farinha de ora-pro-nobis – 5, 10 e 15%); BV (farinha de banana verde – 5, 10 e 15%)

Dados expressos como média ± DP. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

A determinação da umidade é uma das medidas mais importantes utilizadas na análise de alimentos, pois está relacionada à sua estabilidade, qualidade e composição. Além disso, pode afetar a embalagem, armazenamento e processamento do produto no presente estudo.

De maneira geral, observa-se que o teor de umidade do pão controle foi significativamente menor ($p < 0,05$) do que os pães adicionados de farinha de ora-pro-nobis e banana verde. Entre os pães adicionados de farinha de ora-pro-nobis e de banana verde, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações, em relação à umidade. Isso indica que farinhas de ora-pro-nobis e banana verde tendem a aumentar a umidade dos pães em

comparação com o controle, possivelmente por apresentaram alta capacidade de absorção de água. O pão controle apresentou um teor médio de umidade de 42,46%, e conforme Danesi *et al.* (2024), que desenvolveram pães sem glúten produzidos com farinha de sorgo (50%), farinha de soja (35%) e polvilho doce (15%), obtiveram teor de umidade médio de 37,89%, inferior às formulações testadas neste estudo. Esse aumento na umidade pode ser atribuído à presença de fibras solúveis na farinha de ora-pro-nobis e de amido resistente na banana verde, ambos com alta capacidade de retenção de água durante o processamento dos pães. Os níveis de 5, 10 e 15% de FOPN apresentaram umidade variando de 44,15% a 44,73%, crescimento discreto e consistente com a elevação da concentração, sem diferenças significativas entre os níveis avaliados. Nas formulações adicionadas de FBV, nas concentrações de 5, 10 e 15%, observou-se umidade variando de 44,32 a 44,62%. Isso pode ter ocorrido porque a banana verde, rica em amido resistente, pode ter exercido um papel parecido com o ora-pro-nobis, aumentando a capacidade de reter água sem gerar diferenças significativas entre as concentrações. Entre as formulações adicionadas de FONP e FBV, as medidas de umidade são muito próximas, sugerindo que ambos os ingredientes possuem propriedade similares no que diz respeito à retenção de umidade.

As cinzas apresentaram o menor teor na formulação controle (1,63%), enquanto a adição de farinha de ora-pro-nobis aumentou significativamente a concentração de minerais das formulações. A adição de 15% de farinha de ora-pro-nobis aumentou o teor de cinzas em 1,7 vezes em relação à formulação controle, já que essa farinha possui uma concentração expressiva de minerais em sua composição. Alves, Nascimento e Martins (2021) produziram pães com farinha de trigo (66,27%) e ora-pro-nobis com (59,63%) que resultou no teor de cinzas de 2,18%. Para Sato *et al.* (2019), que produziram massas enriquecidas com 10% de ora-pro-nobis, obtiveram um teor de cinzas de 2,16%. Isso justifica o elevado teor de cinzas encontrado nos pães adicionados de FOPN, quando comparado com o controle. Nos pães adicionados de farinha de banana verde, observou-se um teor de cinzas superior ao controle, variando de 1,66% a 1,76% nas formulações com 5, 10 e 15% de FBV. A adição de farinha de ora-pro-nobis e banana verde resultou em um aumento na concentração total de minerais nos pães.

Em relação às proteínas, a menor concentração ($p < 0,05$) foi encontrada na formulação controle (6,71%). Os maiores teores de proteína foram obtidos nas formulações adicionadas de farinha de ora-pro-nobis, seguidos das formulações adicionadas de farinha de banana verde. Santos e Menegassi (2021) produziram pães com níveis de adição de ora-pro-nobis que variaram de 10, 12, 15 e 20%. O pão que substituiu 20% da farinha de trigo branca convencional pela de ora-pro-nobis apresentou um aumento proteico de 19,4% (4,3 g de proteínas). Alves,

Nascimento e Martins (2021) adicionaram farinha de ora-pro-nobis (59,63%) na preparação de pão e obtiveram 6,12% de proteínas. Para as formulações adicionadas de FBV nas concentrações de 5, 10 e 15%, os níveis de proteínas oscilaram entre 6,85% e 7,70%, sem diferenças relevantes. A pesquisa mostrou uma elevação no conteúdo proteico dos pães, particularmente nas concentrações mais altas de FOPN (10 e 15%), destacando sua utilização como um ingrediente rico em proteínas.

No que diz respeito aos lipídios, a formulação controle apresentou menor teor (4,81%), enquanto o teor de lipídios aumentou com a adição de farinha de ora-pro-nobis e de banana verde, atingindo o máximo de 6,23% na formulação com 15% de FOPN. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no percentual de lipídios entre as formulações adicionadas de farinha de banana verde. Silva *et al.* (2014) elaboraram pães com farinha de trigo com adição de OPN em concentrações de 5 e 10% e obtiveram teores de lipídios de 4,52% e 4,56%, respectivamente, valores inferiores aos obtidos neste estudo, evidenciando que maiores concentrações de OPN proporcionam maior enriquecimento lipídico. Já os pães adicionados de farinha de banana verde apresentaram teores de lipídios ligeiramente superiores ao controle, variando entre 5,03% e 5,08%, sem diferenças significativas entre as concentrações (5, 10 e 15%). Comparativamente, Viana *et al.* (2018) elaboraram pães com adição de farinha de banana verde nas concentrações de 15, 20 e 25%, e observaram valores de lipídios entre 2,04% e 2,20%. Da mesma forma Khoozani *et al.* (2020) registaram teores de lipídios de 4,0% em pães com 30% de substituição de farinha de trigo por farinha de banana verde, inferiores aos valores obtidos neste estudo. A formulação controle e as adicionadas de farinha de banana verde podem ser consideradas “baixas em gordura total”, de acordo com a Instrução Normativa nº. 75/2020 (Brasil, 2020). Para essa alegação nutricional, o produto precisa apresentar no máximo 3 g de gordura total por porção, considerando uma porção de pão de 50 g (Anexo XV da IN 75/2020).

A adição de farinha de ora-pro-nobis aumentou significativamente o teor de fibras alimentares nas formulações. Todas as formulações adicionadas de farinha de ora-pro-nobis podem ser consideradas “fonte de fibra alimentar”, pois apresentaram o valor mínimo de fibras alimentares, de 10% da Ingestão Diária Recomendada, na porção (mínimo de 2,5 g/50 g de pão) (Brasil, 2020). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na concentração de fibras alimentares entre as formulações controle e as adicionadas de farinha de banana verde.

A adição das farinhas de ora-pro-nobis e de banana verde favoreceu a redução no percentual de carboidratos totais em todas as formulações, com efeito mais significativo para a FOPN.

Os resultados obtidos para a composição proximal sugerem que a adição das farinhas

de ora-pro-nobis e de banana verde, nas concentrações testadas neste trabalho, pode melhorar as características nutricionais dos pães, já que foram observados aumentos significativos nos teores de cinzas, proteínas, fibra alimentar, e redução no teor de carboidratos totais.

5.3.2 Volume Específico, Perdas no Assamento e Atividade de Água

Os pães elaborados com 5% de adição de farinha de banana verde apresentaram as maiores perdas no assamento ($p < 0,05$), seguidos dos pães elaborados com 10 e 15% de farinha de banana verde e com 5 e 10% de farinha de ora-pro-nobis (Tabela 10). As menores perdas no assamento foram observadas para a formulação controle e a elaborada com 15% de farinha de ora-pro-nobis, sem diferença significativa ($p > 0,05$) entre estas. Os maiores valores para o volume específico foram obtidos para as formulações controle, BV5% e BV10% ($p > 0,05$). As formulações adicionadas de 10 e 15% de farinha de ora-pro-nobis apresentaram os menores valores de volume específico. Isso ocorre porque a banana verde é rica em amido e sem glúten, o que interfere na retenção de gás, aumentando as perdas. Já a farinha de ora-pro-nobis, com mais fibras e proteínas, ajuda a manter a estrutura do pão. Para melhorar os pães com FBV, sugere-se testar níveis menores de substituição ou combinar com FOPN, além de ajustar o processo de fermentação e assamento. A rede de glúten é essencial para a viscosidade da massa e a retenção de gás (CO_2) durante a fermentação e os estágios iniciais do assamento. A adição de farinhas alternativas (BV e OPN) pode interferir nessa rede, afetando o volume final dos pães. Durante a mistura da massa, os grânulos de amido interagem com glúten, formando ligações amido-amido e amido-gluten, que são críticas para a elasticidade da massa. Durante o cozimento, a gelatinização do amido aumenta a viscosidade da massa, reduzindo a extensibilidade e aumentando a pressão nas bolhas de gás. Isso pode levar à ruptura das membranas das bolhas, resultando em menor volume e maior perda de umidade (Bach, 2021).

Portanto, a perda de água no pão durante a cocção promove a liberação de fluidos da matriz alimentar que carregam além da água, nutrientes solúveis em água e compostos responsáveis pelo sabor e aroma, assim como pigmentos formadores de cor, sendo importante que as perdas sejam pequenas de forma a não interferir nas características sensoriais e nutricionais do produto, bem como o rendimento após o cozimento (Bellucci *et al.*, 2022).

Tabela 10: Perdas no assamento, volume específico e atividade de água dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

Formulações*	Perdas no assamento (%)	Volume específico (mL/g)	Aw
C	9,28 ^c ± 0,75	1,542 ^a ± 0,018	0,968 ^a ± 0,001
ONP5%	11,78 ^b ± 0,10	1,463 ^b ± 0,011	0,965 ^{ab} ± 0,001
ONP10%	11,24 ^b ± 0,17	1,443 ^{bc} ± 0,006	0,968 ^a ± 0,001
ONP15%	9,63 ^c ± 0,32	1,417 ^c ± 0,010	0,966 ^a ± 0,002
BV5%	12,81 ^a ± 0,10	1,514 ^a ± 0,028	0,951 ^c ± 0,008
BV10%	11,75 ^b ± 0,08	1,517 ^a ± 0,013	0,957 ^{bc} ± 0,002
BV15%	11,41 ^b ± 0,02	1,477 ^b ± 0,012	0,950 ^c ± 0,001

* Formulações: C (controle): farinha mista (75% FS + 25% FM); OPN (farinha de ora-pro-nobis – 5, 10 e 15%); BV (farinha de banana verde – 5, 10 e 15%)

Dados expressos como média ± DP. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

A expressão atividade de água (AW) refere-se à quantidade de água presente nos alimentos, sinalizando a intensidade com que a água está ligada aos componentes não aquosos. A previsão da estabilidade de um alimento é mais precisa através da avaliação da atividade de água do que pelo valor da umidade. A avaliação da Aw proporciona uma informação concreta, diretamente ligada às taxas de crescimento microbiano e outras reações de deterioração. Portanto, é um dado crucial para a estabilidade de um produto e sua proteção contra crescimento de microrganismos (Bach, 2021; Gusmão, 2017).

Os valores obtidos para a atividade de água dos pães variaram de 0,968 (controle) a 0,950 (BV15%), com diferenças significativas entre as formulações ($p < 0,05$). Esse resultado era esperado, uma vez que a amostra controle não contém os ingredientes adicionais, como farinha de ora-pro-nobis e banana verde, que influenciam na retenção de água.

As formulações com farinha de ora-pro-nóbis apresentaram valores de Aw próximos aos do controle, variando entre 0,965 e 0,968. Esses dados estão em concordância com os resultados relatados por Sato *et al.* (2019), que observaram Aw média de 0,95 em pães enriquecidos com farinha de ora-pro-nóbis, valores semelhantes aos de pães convencionais. Por outro lado, as formulações com farinha de banana verde apresentaram os menores valores de Aw, variando de 0,950 a 0,957. Esses resultados estão alinhados com os estudos de Khoozani *et al.* (2020), que relataram valores entre 0,92 e 0,96. Pães enriquecidos com farinha de banana verde apresentaram menor atividade de água em comparação às formulações com ora-pro-nobis e ao controle. Essas reduções estão relacionadas a composição rica em amido resistente da banana verde, que possui alta capacidade de absorção e retenção de água, limitando a

quantidade de água livre disponível. A ora-pro-nobis é rica em fibras e proteínas que interferem na retenção de água, resultando em valores maiores, mais próximos ao controle.

5.3.3 Parâmetros de Cor

Os parâmetros de cor avaliados (Tabela 11) mostram que houve diferença significativa ($p < 0,05$) na cor dos pães adicionados de farinha de ora-pro-nobis e de banana verde.

Tabela 11: Parâmetros de cor dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

Formulações*	L*	a*	b*	Croma	Ângulo Hue
C 	55,12 ^a ± 0,45	7,54 ^a ± 0,14	17,84 ^{ab} ± 0,45	19,37 ^a ± 0,46	67,09 ^d ± 0,26
ONP 5% 	41,57 ^e ± 0,51	3,64 ^c ± 0,34	18,88 ^a ± 0,87	19,23 ^a ± 0,91	79,11 ^b ± 0,52
ONP 10% 	36,45 ^f ± 0,55	2,80 ^d ± 0,27	17,80 ^b ± 0,22	18,02 ^b ± 0,26	81,06 ^a ± 0,73
ONP 15% 	32,79 ^g ± 0,65	2,65 ^d ± 0,12	15,63 ^{cd} ± 0,50	15,85 ^{cd} ± 0,51	80,39 ^a ± 0,30
BV 5% 	49,85 ^b ± 1,04	7,40 ^a ± 0,62	17,67 ^b ± 1,08	19,16 ^{ab} ± 1,23	67,28 ^d ± 0,48
BV 10% 	48,40 ^c ± 0,26	6,42 ^b ± 0,06	16,55 ^c ± 0,18	17,75 ^{bd} ± 0,19	68,78 ^c ± 0,04
BV 15% 	46,54 ^d ± 0,37	5,98 ^b ± 0,11	15,23 ^d ± 0,24	16,36 ^c ± 0,25	68,58 ^c ± 0,34

* Formulações: C (controle): farinha mista (75% FS + 25% FM); OPN (farinha de ora-pro-nobis – 5, 10 e 15%); BV (farinha de banana verde – 5, 10 e 15%)

Dados expressos como média ± DP. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

O controle apresentou a maior luminosidade (55,12), sendo a amostra mais clara. A luminosidade diminuiu com o aumento da porcentagem de FONP, atingindo o menor valor na formulação OPN 15% (32,79). Isso indica que os pães ficam mais escuros com aumento do percentual de FONP. A luminosidade também diminuiu com o aumento da porcentagem de FBV, mas não tanto quanto com FONP. O parâmetro a* foi maior para a amostra controle (7,54), indicando uma tonalidade mais vermelha. Lima *et al.* (2022) desenvolveram muffins de grande valor tecnológico e nutricional com farinha integral de arroz, sorgo vermelho e feijão carioca, obtendo valores de L* = 69,27, a* = 6,33 e b* = 11,90. Isso explica a cor avermelhada vista nos pães, que foi influenciada pela presença da farinha integral de sorgo vermelho.

A influência da farinha de sorgo na tonalidade vermelha dos pães é atribuída aos taninos presentes no sorgo, que podem estar livres ou ligados. Ademais, os taninos possuem a habilidade inerente de formar complexos que apresentam alta estabilidade térmica (Jiang *et al.*, 2020; Paucar-Menacho *et al.*, 2022). No entanto, a Tabela 11 também apresenta resultados distintos sobre as características de cor dos pães enriquecidos com farinha de ora-pro-nobis e

banana verde. Nos pães com FONP, os valores de a^* são menores, chegando ao mínimo em 15% (2,65), o que aponta para uma diminuição na tonalidade vermelha. Já nas formulações adicionadas de FBV, os valores de a^* são mais próximos do controle, porém diminuem com o aumento da quantidade de FBV, passando de 7,40 em 5% para 5,98 em 15% de FBV. Quanto ao parâmetro b^* , o maior valor foi observado para a formulação OPN 5%, mas que diminuiu com o aumento da porcentagem de FONP, chegando ao mínimo em 15% (15,63). Em relação à banana verde, os valores são semelhantes ao controle, porém diminuem com o aumento da quantidade de FBV, de 17,67 para a formulação BV 5%, para 15,23 na formulação BV 15%.

Para o croma, o controle apresentou o valor de 19,37, sugerindo uma saturação de cor moderada. Nos pães com FONP, a saturação de cor diminuiu com o aumento da porcentagem, passando de 19,23 em OPN 5% para 15,85 em OPN 15%. Conforme Alves, Nascimento e Martins (2021), há poucos estudos sobre a incorporação de ora-pro-nobis em produtos de panificação. A inclusão dessa PANC pouco usada na alimentação pode ser uma opção para aproveitar essa matéria-prima, trazendo vantagens para a saúde do consumidor.

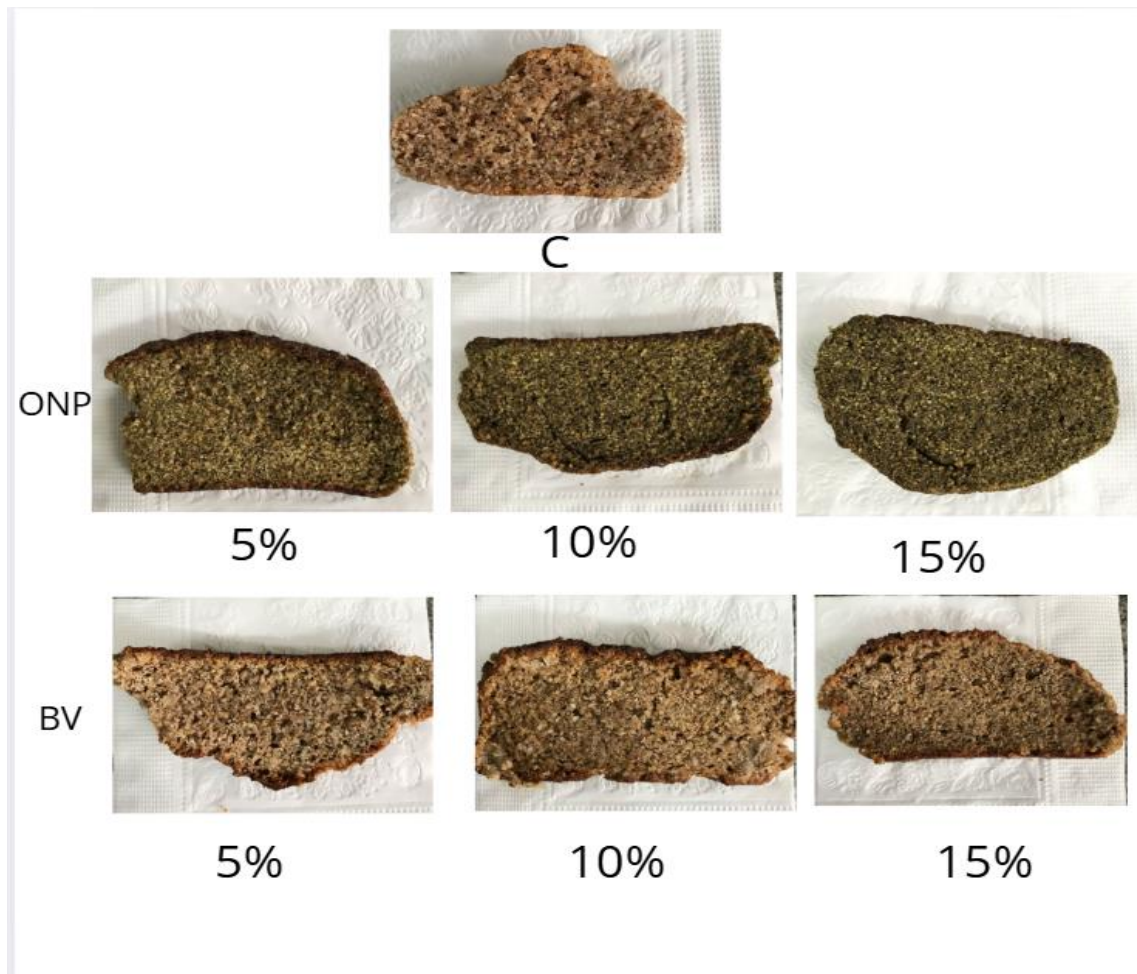
Para as formulações com FBV, a saturação de cor também diminuiu. Esses resultados mostram que a adição de FONP e FBV afeta as características de cor do pão, sendo que a FONP tem efeito mais pronunciado na redução da luminosidade, da cor vermelha e da saturação da cor, enquanto os tons verdes aumentam. A FBV tem um efeito menos pronunciado nas características da cor, porém reduz a luminosidade e os tons vermelhos, enquanto aumenta ligeiramente os tons verdes (em relação ao controle) (Oliveira *et al.*, 2015).

O ângulo Hue, que representa a tonalidade da cor, apresentou diferenças significativas entre as formulações analisadas. A formulação controle exibiu o menor valor de Hue (67,09), indicando uma tonalidade mais próxima do vermelho em relação às demais formulações. Por outro lado, as formulações com adição de 10% (81,06) e 15% (80,39) de farinha de ora-pro-nobis mostraram os maiores valores de Hue, sugerindo uma tonalidade mais próxima do verde. Essa alteração no ângulo Hue pode ser atribuída à presença de clorofila e outros pigmentos verdes presentes na farinha de ora-pro-nobis, que influenciaram diretamente a tonalidade final dos pães. Já as demais amostras, com menores valores de Hue, demonstraram uma tendência para tonalidades mais avermelhadas, possivelmente associadas à composição das farinhas utilizadas e às interações químicas durante o processamento. Esses resultados destacam o impacto da adição de farinha de ora-pro-nobis na cor dos pães, reforçando sua influência nas características sensoriais do produto. Na Figura 9 podem ser observadas as imagens dos pães controle e os produzidos com adição de farinha de ora-pro-nobis ou banana verde.

As variações na luminosidade, croma e ângulo Hue dos pães elaborados com adição de

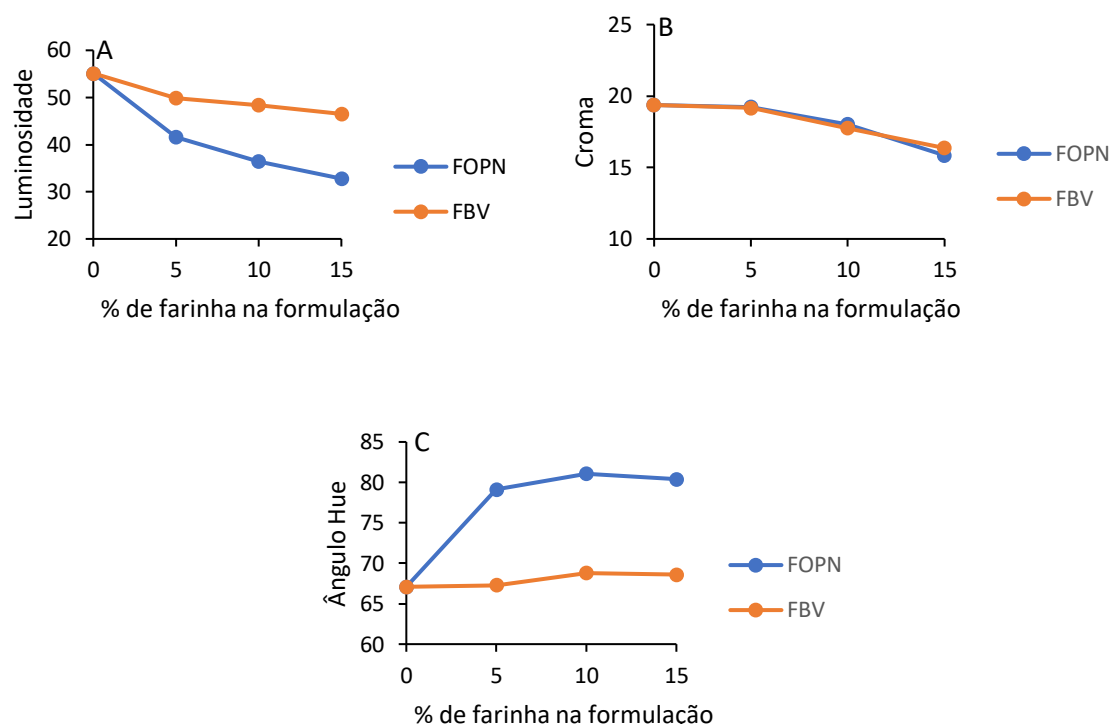
farinha de ora-pro-nobis e banana verde podem ser visualizadas na Figura 10. Conclui-se que a luminosidade e o croma das amostras reduziram com o aumento da adição das farinhas de ora-pro-nobis e banana verde. Já o ângulo Hue aumentou com o aumento da adição das farinhas, sendo o aumento mais pronunciado nas formulações adicionadas de farinha de ora-pro-nobis.

Figura 9: Imagens dos pães controle (C) e adicionados de farinha de ora-pro-nobis (OPN) ou banana verde (BV).



Fonte: autora

Figura 10: Variação na luminosidade (A), croma (B) e ângulo Hue (C) dos pães em função da adição de farinha de ora-pro-nobis e de banana verde.



5.3.4 Perfil de Textura

A avaliação do perfil de textura mostrou que adição de farinha de ora-pro-nobis e de banana verde promoveram mudanças significativas ($p < 0,05$) na dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade dos pães (Tabela 12). Os maiores valores de dureza foram observados nas formulações adicionadas de 10 e 15% de FOPN ($p > 0,05$), e nas formulações adicionadas de 10 e 15% de FBV ($p > 0,05$), assim como os maiores valores de mastigabilidade. A mastigabilidade é uma propriedade de textura resultante do produto entre dureza, elasticidade e coesividade; portanto, a dureza interfere diretamente na mastigabilidade da amostra. Estudos realizados por Aleman *et al.* (2021) analisaram a textura de cupcakes sem glúten e observaram que adição de amido reduziu a dureza (10,62 N para 1,9 N) e aumentou o volume específico (2,32 mL/g).

A elasticidade de todas as formulações adicionadas de FOPN e FBV reduziu significativamente em relação ao controle, particularmente em OPN 15% (0,79) e BV 5% (0,77), indicando uma menor habilidade da massa em recuperar sua forma original após compressão. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre a coesividade das formulações adicionadas de FOPN quando comparadas com o controle. Por outro lado, as formulações adicionadas de 5

e 10% de FBV apresentaram redução na coesividade em relação à amostra controle. Não foram observadas variações significativas ($p > 0,05$) na adesividade das amostras.

Destaca-se, portanto, que a adição de FOPN e FBV nas formulações dos pães aumentou a dureza e a mastigabilidade, reduziu a elasticidade e a coesividade, porém não teve um impacto significativo na adesividade.

Tabela 12: Perfil de textura dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

Formulações*	Dureza (N)	Adesividade (N.s)	Elasticidade**	Coesividade**	Mastigabilidade (N)
C	52,39 ^e ± 5,71	-0,01 ^a ± 0,01	0,91 ^a ± 0,02	0,56 ^a ± 0,03	22,07 ^c ± 0,63
ONP 5%	82,00 ^b ± 6,35	-0,01 ^a ± 0,01	0,80 ^b ± 0,04	0,50 ^{ab} ± 0,01	32,86 ^b ± 3,51
ONP 10%	96,08 ^{ac} ± 4,05	-0,01 ^a ± 0,01	0,81 ^b ± 0,03	0,51 ^{ab} ± 0,04	39,09 ^a ± 2,78
ONP 15%	100,95 ^a ± 7,27	-0,01 ^a ± 0,01	0,79 ^b ± 0,03	0,52 ^a ± 0,04	41,78 ^a ± 6,52
BV 5%	69,63 ^d ± 3,92	-0,01 ^a ± 0,01	0,77 ^b ± 0,02	0,44 ^b ± 0,06	23,23 ^c ± 1,33
BV 10%	85,42 ^b ± 4,07	-0,01 ^a ± 0,01	0,81 ^b ± 0,03	0,44 ^b ± 0,05	30,61 ^b ± 4,40
BV 15%	89,19 ^{bc} ± 3,47	-0,01 ^a ± 0,01	0,82 ^b ± 0,01	0,49 ^{ab} ± 0,04	35,92 ^{ab} ± 3,25

* Formulações: C (controle): farinha mista (75% FS + 25% FM); ONP (farinha de ora-pro-nobis – 5, 10 e 15%); BV (farinha de banana verde – 5, 10 e 15%). **Adimensional.

Dados expressos como média ± DP. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

5.3.5 Compostos Fenólicos Totais e Atividade Antioxidante

Os compostos fenólicos são poderosos antioxidantes naturais essenciais para a defesa das plantas e para a saúde humana, combatendo os radicais livres e diminuindo o risco de enfermidades (Vieira *et al.*, 2020).

A adição de farinha de ora-pro-nobis e de farinha de banana verde nos pães promoveu um aumento significativo na concentração de compostos fenólicos totais ($p < 0,05$) (Tabela 13). A formulação com 15% de FOPN apresentou um aumento de 2,11 vezes na concentração de compostos fenólicos totais, seguida da formulação com 10% de FOPN. Com relação à atividade antioxidante, destacam-se as formulações adicionadas de FOPN, que apresentaram os maiores valores em relação às demais amostras. A farinha de ora-pro-nobis apresentou elevada concentração de compostos fenólicos totais e de atividade antioxidante (Tabela 7), e sua adição nos pães promoveu aumento significativo tanto nos compostos fenólicos totais quanto na atividade antioxidante. Os autores Simão, Ribeiro e Kaminski (2023), desenvolveram pães de forma com adição de farinha de ora-pro-nobis em três concentrações: 2,5, 5 e 10%. A quantidade de compostos fenólicos por 100 g aumentou mais de quatro vezes, enquanto a atividade antioxidante do pão com adição de 10% de farinha de ora-pro-nobis superou em mais

de dez vezes a do pão com adição de 5%.

A adição de FBV nas concentrações de 5 e 10% não mostrou efeito significativo na atividade antioxidante em relação à formulação controle ($p > 0,05$).

Tabela 13: Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

Formulações*	Compostos fenólicos totais	Atividade antioxidante
	(mg EAG/g)	(μ mol ET/g)
C	0,923 ^f $\pm$ 0,003	1,486 ^d $\pm$ 0,081
ONP 5%	1,169 ^{de} $\pm$ 0,003	2,009 ^c $\pm$ 0,115
ONP 10%	1,236 ^b $\pm$ 0,011	2,452 ^b $\pm$ 0,082
ONP 15%	1,951 ^a $\pm$ 0,027	2,702 ^a $\pm$ 0,005
BV 5%	1,163 ^e $\pm$ 0,008	1,533 ^d $\pm$ 0,062
BV 10%	1,193 ^d $\pm$ 0,005	1,638 ^d $\pm$ 0,048
BV 15%	1,448 ^c $\pm$ 0,006	2,033 ^c $\pm$ 0,032

* Formulações: C (controle): farinha mista (75% FS + 25% FM); OPN (farinha de ora-pro-nobis – 5, 10 e 15%); BV (farinha de banana verde – 5, 10 e 15%).

Dados expressos como média $\pm$ DP. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

5.3.6 Avaliação Sensorial

Para a avaliação sensorial, foram selecionados os pães com adição de 5% de farinha de ora-pro-nobis e 5% de farinha de banana verde, pois foram as formulações que apresentaram o perfil de textura mais próximo à formulação controle.

Dos 67 avaliadores, 61,2% foram do gênero feminino, 37,3% do gênero masculino, 1,5% outro, e 50,7% com escolaridade de pós-graduação. A idade dos participantes variou de 18 a mais de 45 anos.

Os avaliadores foram questionados sobre a frequência com que consomem produtos sem glúten e produtos integrais (Figura 11), e também se gostam de produtos sem glúten e produtos integrais (Figura 12). Do total dos participantes, 49,3% não consomem produtos sem glúten e 9% não consomem produtos integrais. Ao serem questionados sobre gostar de produtos sem glúten e produtos integrais, 43,3 e 37,3%, respectivamente, gostam moderadamente.

Figura 11: Frequência de consumo de produtos sem glúten (A) e produtos integrais (B)

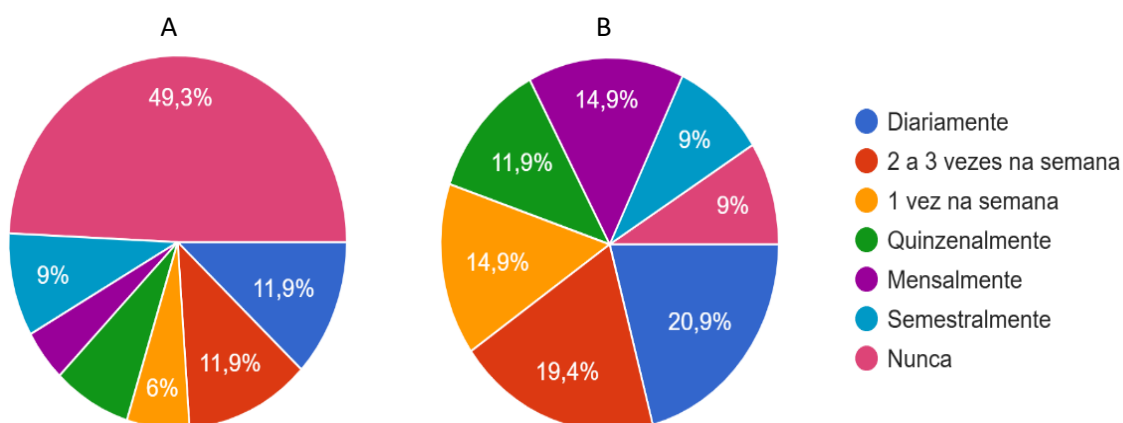
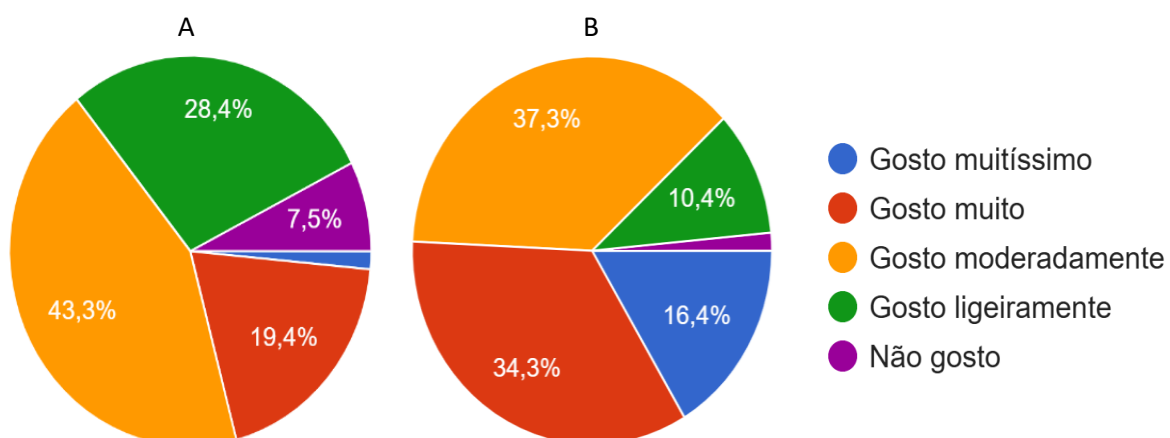
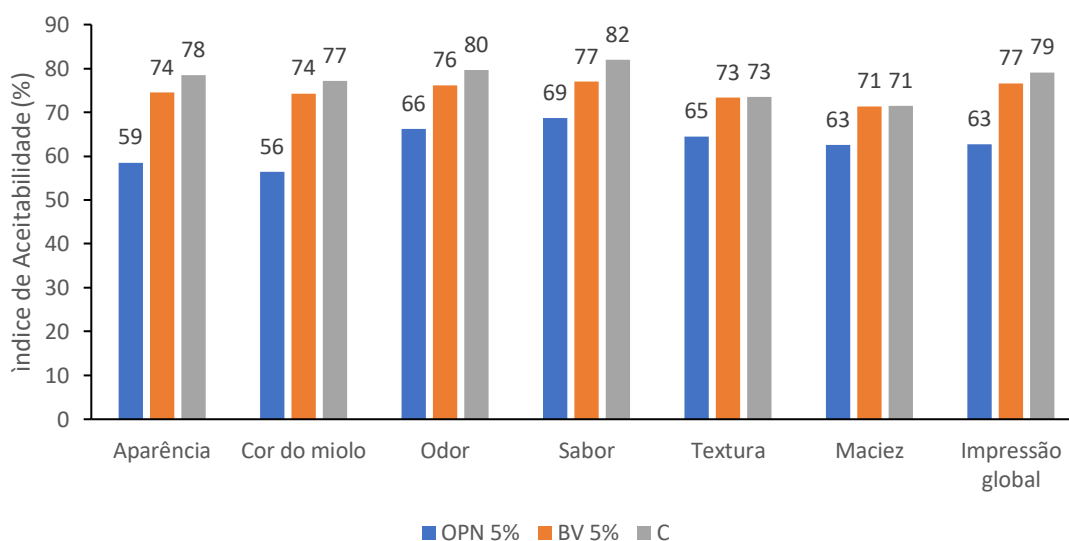


Figura 12: Preferência dos avaliadores por produtos sem glúten (A) e produtos integrais (B)



A Figura 13 apresenta o índice de aceitabilidade referente aos atributos sensoriais avaliados nos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

Figura 13: Índice de aceitabilidade referente aos atributos sensoriais avaliados nos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.



Todos os atributos avaliados em todas as formulações apresentaram índice de aceitabilidade acima de 50%. A amostra com os maiores índices de aceitabilidade foi a controle, seguida das formulações adicionadas de 5% de FBV e 5% de FOPN.

O pão produzido com farinha de banana verde apresentou índices de aceitabilidade próximos aos do controle, em todos os atributos, sugerindo que a substituição parcial da farinha mista por FBV foi bem-sucedida em manter as características sensoriais desejadas do pão tradicional. Todos os atributos avaliados nestas formulações (BV 5% e controle) apresentaram índice de aceitabilidade maior de 70%, e podem ser classificados como produtos com boa aceitação sensorial (Duarte *et al.*, 2020). Isso pode ser atribuído ao fato da farinha de banana verde ter propriedades funcionais que não alteram a aparência, textura, odor e sabor do produto final, nas concentrações testadas neste trabalho.

Por outro lado, a formulação OPN 5% apresentou índice de aceitabilidade mais baixo em todos os atributos, indicando que pode ter provocado mudanças sensoriais menos apreciadas pelos consumidores. Isso pode estar relacionado a alterações na cor, textura e odor, que podem não ser familiares ou atraentes para o público-alvo. Duarte *et al.* (2020) realizaram análise sensorial de pães doces enriquecidos com farinha de ora-pro-nobis, soro de leite e farinha de quinoa em formulações de 5% e 10%, obtendo os seguintes resultados para aceitabilidade: cor (86,22%), sabor (83,55%), aroma (83,33%) e índice global (89,76%).

Os resultados obtidos neste estudo indicam que, apesar de ambas as farinhas (BV e OPN) poderem proporcionar vantagens nutricionais, a FBV se apresenta como uma opção mais viável para a substituição parcial da farinha mista em relação à aceitação sensorial.

A neofobia alimentar, ou aversão a experimentar novos alimentos, é uma das principais barreiras à aceitação de produtos inovadores. Consumidores com um alto grau de neofobia tendem a rejeitar alimentos com os quais não estão familiarizados. A falta de conhecimento sobre as propriedades e benefícios do produto, aliada a características sensoriais percebidas como desagradáveis como sabor, textura, cor e aroma, pode intensificar essa rejeição. Por outro lado, a percepção de que um alimento é saudável e oferece benefícios nutricionais é um dos principais fatores que influenciam sua aceitação. Os consumidores estão mais dispostos a experimentar novos alimentos quando acreditam que eles podem contribuir positivamente para a saúde (Laureati *et al.*, 2024).

Na Tabela 14 podem ser observadas as médias hedônicas para os atributos sensoriais avaliados nos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde. Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) nas médias hedônicas entre as formulações controle e BV 5%, para todos os atributos avaliados. A formulação OPN 5% apresentou médias hedônicas significativamente ($p < 0,05$) inferiores em relação às amostras controle e BV 5%, em todos os atributos.

A cor da FOPN interferiu de forma significativa na aceitação da aparência e da cor do miolo da formulação OPN 5%. Por outro lado, a aceitação visual (aparência e cor do miolo) da formulação BV 5% não diferiu da formulação controle.

Os atributos odor, sabor, textura, maciez e impressão global da formulação OPN 5% apresentaram menor aceitação ($p < 0,05$) em relação à formulação controle e à formulação BV 5%. A FOPN apresenta odor e sabor que podem não ser familiares ou agradáveis à maioria dos consumidores. Frequentemente, essa PANC é sensorialmente caracterizada por um sabor e odor que remetem a notas herbáceas, descritas como “gosto e odor de mato”.

Os parâmetros de textura avaliados instrumentalmente (Tabela 15) evidenciaram uma maior dureza e mastigabilidade para as formulações adicionadas de FOPN. Certamente, esses resultados afetaram de forma significativa a aceitação sensorial da textura e maciez da formulação OPN 5%.

De forma geral, observa-se que a substituição parcial da farinha mista por farinha de banana verde, na concentração de 5%, não altera de forma significativa a aceitação sensorial, em comparação com a formulação controle. A FBV pode ser uma alternativa viável para enriquecer nutricionalmente o pão, sem comprometer a aceitação sensorial.

Tabela 14: Médias hedônicas para os atributos sensoriais avaliados nos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

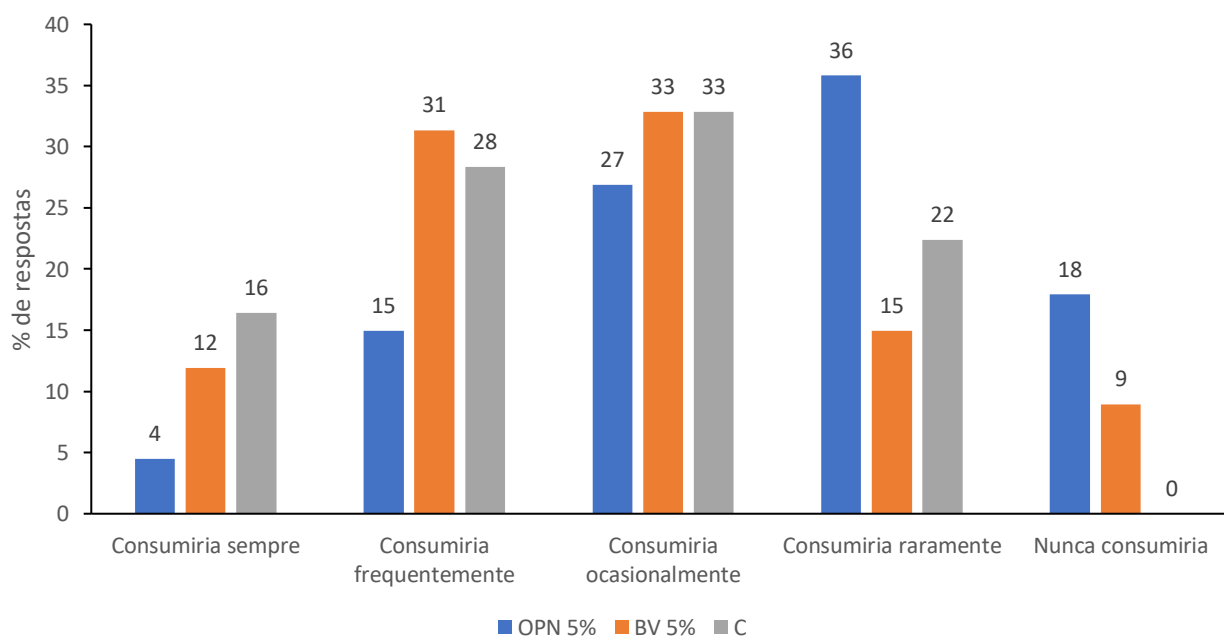
Atributos Sensoriais	Formulações*		
	C	OPN 5%	BV 5%
Aparência	7,06 ^a ± 1,18	5,27 ^b ± 2,08	6,70 ^a ± 1,21
Cor do miolo	6,94 ^a ± 1,51	5,07 ^b ± 2,15	6,69 ^a ± 1,40
Odor	7,16 ^a ± 1,51	5,95 ^b ± 2,03	6,85 ^a ± 1,38
Sabor	7,37 ^a ± 1,19	6,18 ^b ± 1,92	6,93 ^a ± 1,49
Textura	6,61 ^a ± 1,64	5,81 ^b ± 2,04	6,60 ^a ± 1,65
Maciez	6,43 ^a ± 1,83	5,63 ^b ± 2,12	6,42 ^a ± 1,78
Impressão global	7,12 ^a ± 1,46	5,64 ^b ± 1,85	6,89 ^a ± 1,37

* Formulações: C (controle): farinha mista (75% FS + 25% FM); OPN (farinha de ora-pro-nobis – 5, 10 e 15%); BV (farinha de banana verde – 5, 10 e 15%).

Dados expressos como média ± DP. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

Em relação à intenção de consumo (Figura 14), considerando as respostas assinaladas o maior número de vezes, 36% dos avaliadores consumiriam raramente a formulação adicionada de 5% de FOPN, e 33% consumiriam as formulações controle e adicionada de 5% de FBV ocasionalmente. Cabe ressaltar que um percentual significativo de avaliadores não consome produtos sem glúten ou produtos integrais, ou ainda, consomem em uma frequência reduzida (semestralmente ou mensalmente) (Figura 11).

Figura 14: Intenção de consumo dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

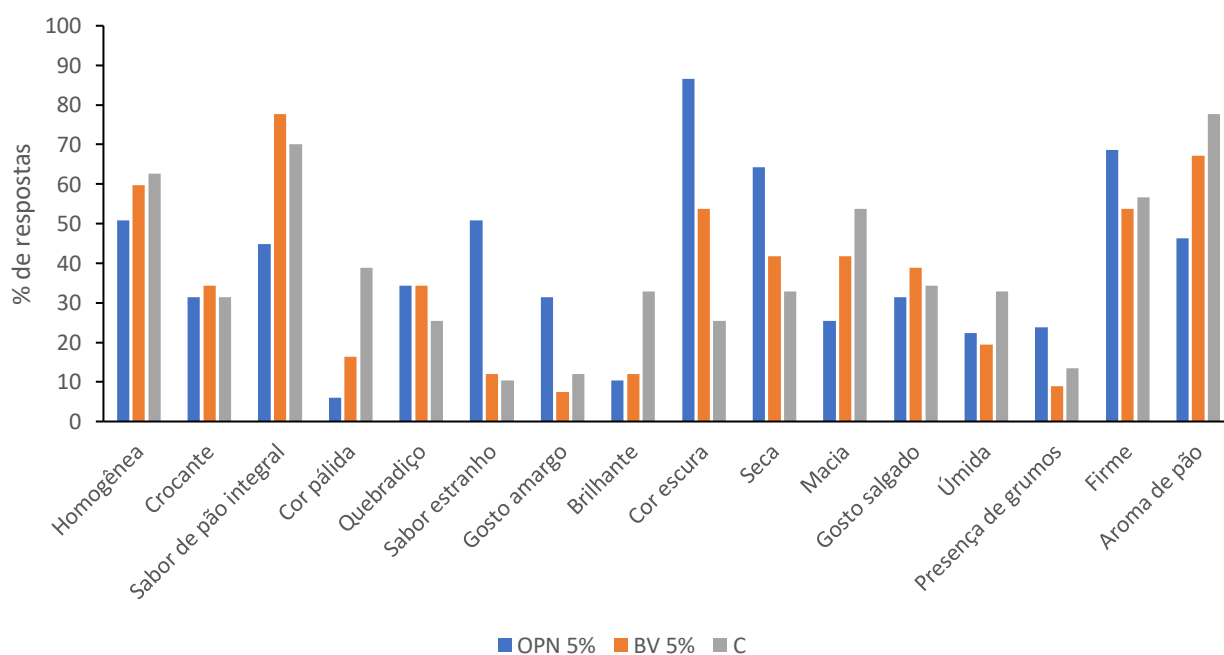


Com relação aos atributos descritivos (Figura 15), para fins de discussão dos resultados, foram considerados aqueles que tiveram mais de 50% de frequência de resposta. Os avaliadores

caracterizaram a formulação controle como homogênea (62,69%), sabor de pão integral (70,15%), macia (53,73%), firme (56,72%) e com aroma de pão (77,61%). A maciez foi um atributo significativo apenas nessa amostra, provavelmente devido à ausência de fibras adicionais que podem interferir na estrutura da massa. A formulação BV 5% foi descrita como homogênea (59,70%), sabor de pão integral (77,61%), cor escura (53,73%), firme (53,73%) e com aroma de pão (67,16). As formulações controle e BV 5% apenas se diferenciaram em relação à maciez e cor escura. Os demais atributos com mais de 50% de frequência de resposta foram os mesmos para as duas formulações. Esses resultados sugerem que a FBV pouco alterou as características sensoriais do pão, e pode ser utilizada para melhoria nutricional de pães sem glúten.

Já a formulação OPN 5% foi caracterizada como homogênea (50,75%), sabor estranho (50,75%), cor escura (86,57%), seca (64,18%) e firme (68,66%). O atributo “sabor estranho”, assinalado por 50,75% dos avaliadores, se deve provavelmente à presença dos compostos característicos da OPN, que muitas vezes são associados aos termos “odor e gosto de mato”. Da mesma forma, a cor escura do pão, assinalada por 86,57% dos avaliadores, pode comprometer a aceitabilidade, já que a grande maioria dos consumidores está habituada à cor clara, característica dos pães convencionais.

Figura 15: Principais atributos descritivos dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.



6 CONCLUSÃO

A pesquisa evidenciou a possibilidade de fazer pães sem glúten com base em farinhas de sorgo e mandioca, acrescentando ainda farinha de ora-pro-nobis e de banana verde. Essas farinhas substitutas não apenas satisfazem as demandas de indivíduos com intolerância ao glúten, como também adicionam valor nutricional ao produto elaborado.

As farinhas de ora-pro-nobis e banana verde se sobressaíram devido ao seu alto teor de fibras, proteínas e compostos fenólicos, que proporcionam propriedades antioxidantes aos pães. A farinha de ora-pro-nobis revelou uma excelente fonte de proteínas e minerais, enquanto a banana verde apresentou elevado teor de fibras alimentares, que são benéficos para a saúde digestiva e o controle da glicose.

Os resultados mostraram que a combinação de farinhas de sorgo e mandioca, especialmente na proporção de 75% de sorgo e 25% de mandioca, proporcionou pães com características próximas às do pão de trigo integral, em termos de volume específico, perdas no assamento e perfil de textura. A adição de ora-pro-nobis e banana verde aumentou significativamente o teor de proteínas, fibras e compostos fenólicos, além de melhorar a atividade antioxidante dos pães.

A adição de farinha de banana verde mostrou-se mais promissora em termos de aceitação sensorial, mantendo características próximas ao pão tradicional, como textura, sabor e aparência. Por outro lado, a farinha de ora-pro-nobis, apesar de enriquecer nutricionalmente o pão, apresentou desafios sensoriais, como alterações na cor e no sabor, que podem limitar sua aceitação pelos consumidores. A farinha de ora-pro-nobis, apesar de seu alto valor nutricional, requer ajustes na formulação e no processamento para melhorar sua aceitação sensorial. O estudo abre caminho para futuras pesquisas que explorem outras combinações de farinhas e técnicas de processamento para otimizar a qualidade dos pães sem glúten, atendendo as demandas de um mercado cada vez mais consciente e exigente em relação à alimentação saudável.

REFERÊNCIAS

AACC International, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 9. Ed, American Associations of Cereal Chemests, St. Paul, 2000.

AFIFY, A. E.-M. M. R.; EL-BELTAGI, H. S.; ABD EL-SALAM, S. M.; OMRAN, A. A. Bioavailability of Iron, Zinc, Phytate and Phytase Activity during Soaking and Germination of White Sorghum Varieties. **PLoS ONE**, v. 6, n. 10, p. e25512, 2011.

AHMED, Z; UDDIN, N; LATIF, A; TUFAIL, T; QAYUM, A; MANZOOR, M. F; KHAN, K,A; ASHARF, J; KHALID, N; XU, B. Improving the quality and digestibility of wheat flour starch and protein for noodles through ultrasound, high hydrostatic pressure, and plasma technologies: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 282, p. 137383, 2024.

ALEMAN, R. S.; PAZ, G.; MORRIS, A.; PRINYAWIWATKUL, W.; MONCADA, M.; KING, J. M. High protein brown rice flour, tapioca starch & potato starch in the development of gluten-free cupcakes. **LWT**, v. 152, p. 112326, 2021.

ALMEIDA, M. E. F.; JUNQUEIRA, A. M. B.; SIMÃO, A. A.; CORRÊA, A. D. Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como ora-pro-nobis. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 431–439, 2014.

ALVES, D. T.; CAMPOS, A. N. D. R.; MARTINS, M. L.; TALMA, S. V.; DE QUEIROZ, I. C.; JÚNIOR, B. R. D. C. L.; MARTINS, E. M. F. Perfil de consumidores e sua percepção sobre pães contendo farinha de Ora-Pro-Nobis e bactéria probiótica. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, v. 9, n. 3, p. 138–154, 2024.

ALVES, D. T.; NASCIMENTO, M. H. D. S.; MARTINS, E. M. F. Bread enriched with Ora-Pro-Nobis: elaboration and physicochemical, microbiological and sensorial evaluation. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 12633–12646, 2021.

ALVES, M. J.; CALHELHA, R. C.; BRACHT, A.; PERALTA, R. M.; FERREIRA, I. C. F. R. Phytochemical profile and biological activities of “Ora-pro-nobis” leaves (*Pereskia aculeata* Miller), an underexploited superfood from the Brazilian Atlantic Forest. **Food Chemistry**, v. 294, p. 302–308, 2019.

APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 478-484, 2007.

ARAÚJO, L. R. da S.; SILVA, T. K. D.; CUNHA, I. G. B. da; FILIZOLA, L. R. de S.; SANTOS, E. M. da S. **Análise microbiológica da goma de mandioca vendida nas feiras livres do município de Jaboatão dos Guararapes-PE**. [S. l.]: Faculdade Pernambucana de Saúde, 2020. Disponível em: <http://tcc.fps.edu.br:80/jspui/handle/fpsrepo/898>. Acesso em: 29 maio 2024.

ARES, G.; JAEGER, S. R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference**, v. 28, p. 141-153, 2013.

ARES, G; JAEGER, S. R. Examination of sensory product characterization bias when check-all-that-apply (CATA) questions are used concurrently with hedonic assessments. **Food Quality and Preference**, v. 40, p. 199-208, 2015.

ARRUDA, R. S. D.; SILVA NETO, A. D. D. Produção e análise de farinha da *Pereskia aculeata* Mill (ora-pro-nobis). **Revista Asces Unita**, 2021.

BACH, D. **Desenvolvimento e caracterização do pão preparado com farinha de trigo branca adicionada de farinha e purê de batata doce utilizando dois métodos fermentativos**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2021. Disponível em: <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/3578>. Acesso em: 20 mar. 2024.

BARBALHO, S. M.; GUIGUER, É. L.; MARINELLI, P. S.; DO SANTOS BUENO, P. C.; PESCHINI-SALZEDAS, L. M.; DOS SANTOS, M. C. B.; OSHIWA, M.; MENDES, C. G.; DE MENEZES, M. L.; NICOLAU, C. C. T.; OTOBONI, A. M.; DE ALVARES GOULART, R. *Pereskia aculeata* Miller Flour: Metabolic Effects and Composition. **Journal of Medicinal Food**, v. 19, n. 9, p. 890–894, 2016.

BARBOSA, M. A. M.; BARROS, A. F. de; PEREIRA, E. dos S.; PARRELLA, R. A. da C.; PIMENTEL, L. D. **Sorgo para Bioenergia**. v. 21, p. 391, 2021.

BELLUCCI, E. R. B.; DOS SANTOS, J. M.; CARVALHO, L. T.; BORGONOV, T. F.; LORENZO, J. M.; SILVA-BARRETTO, A. C. D. Açai extract powder as natural antioxidant on pork patties during the refrigerated storage. **Meat Science**, v. 184, p. 108667, 2022.

BEZANA, L. C. **Por dentro da química – ataque do glúten**. 2012. Disponível em: Por dentro da Química: Ataque do glúten. Acesso: 03 set. 2024.

BEZERRA, C. V. **Caracterização e avaliação das propriedades funcionais tecnológicas da farinha de banana verde obtidas por secagem em leito de jorro**. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

BORBA, B. C. R. D.; OLIVEIRA, R. C. D.; CORREA, D. Doença Celíaca e Sensibilidade ao Glúten: Revisão Narrativa e Desenvolvimento de Material Educativo. In: ARMAS, R. D. D.; SAVI, D. C. **Atuação do biomédico e nutricionista na atenção integral à saúde**. Epitaya, 2023. p. 96–111. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/629>. Acesso em: 1 mar. 2025.

BOURNE, M. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2 ed. Academic Press, 2002. 416 p.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº. 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 out. 2020. Edição 195, Seção 1, p. 113.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº. 711, de 1º. De junho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais

integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 1 jun. 2022. Seção 1, p. 183.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003. Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca, p. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2003.

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**, v. 18, n. 1, p. 14-22, 2015.

BUENO, V. B.; VARGAS-SOLÓRZANO, J. W.; ASCHERI, J. L. R.; SILVA, E. M. M. D. Caracterização física das farinhas extrusadas à base de misturas de subprodutos da moagem do milho: pericarpo de milho e fubá. **Engenharia de Alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos**. Espírito Santo: Editora Científica, 2024. v. 3, p. 32–45. Disponível em: <http://www.editoracientifica.com.br/articles/code/240717043>. Acesso em: 13 set. 2024.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão, arte e ciência**. 6. ed. Brasil: Editora Senac São Paulo, v. 432. 2020

CARNEIRO, T. S.; OLIVEIRA, G. L. D. S.; SANTOS, J.; 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.

CARVALHO, A. V.; OLIVEIRA, M. D. S. P. D.; CARVALHO, M. N.; GOMES, I. C. L. Obtenção de produtos de panificação a partir da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de pupunha. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 6, p. e16112642167, 2023.

CAZAGRANDA, C.; AMANCIO, R.; FEITEN, M. C.; GILIOLI, A.; GONZALEZ, S. L.; FAGUNDES, C. Obtenção de farinha de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) e sua aplicação no desenvolvimento de biscoitos tipo *cookie*. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 3, p. 27148, 2022.

CHAVES, C. D. C. **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**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/75810>. Acesso em: 2 set. 2024.

CHAVES, D. F. S. **Compostos bioativos dos alimentos**. São Paulo: Valéria Paschoal, 2015. 338 p.

CHISENGA, S. M.; WORKNEH, T. S.; BULTOSA, G.; ALIM, B. A.; SIWELA, M. Dough rheology and loaf quality of wheat-cassava bread using different cassava varieties and wheat substitution levels. **Food Bioscience**, v. 34, p. 100529, 2020.

COSTA, F.; BRAGA, R. C.; BASTOS, M. D. S. R.; SANTOS, D. N. D.; FROTA, M. M. Revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca (*manihot esculenta*) em produtos

vegetais: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e54511427428, 2022.

COSTA, L. da F. X. **Caracterização e funcionalidade da microbiota de sourdough e avaliação sensorial de pães de fermentação natural**. 67 f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/249120>. Acesso em: 1 set. 2024.

CUNHA, A. O. **Cadeia produtiva do pão: fontes informacionais utilizadas no planejamento de novos produtos**. 2012. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Biblioteconomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

CUNHA, M. A. D. **Agricultura urbana e plantas alimentícias não convencionais em Salvador/Ba: disponibilidade e potencial para a promoção da segurança alimentar e nutricional**. 2021. 133 f. Tese (Doutorado em Alimentos, Nutrição e Saúde) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/35348>. Acesso em: 10 set. 2024.

DANESI, E. D. G.; OLIVEIRA, A. N.; GODINHO, D. K.; MOURA, E. L. A.; MARÇAL, E. N.; SANTOS, M. A.; TAKEUCHI, K. P. Investigação de matérias-primas para desenvolvimento de alimentos isentos de glúten plant-based. **Ciências Agrárias: tecnologia, sustentabilidade e inovação - Volume 1**. 1. ed. Ponta Grossa: Editora Científica Digital, 2024. v. 1, p. 176–195. Disponível em: <http://www.editoracientifica.com.br/articles/code/240215720>. Acesso em: 16 out. 2024.

DE OLIVEIRA, I. M.; DE MELO, F. D. S. N.; DE SOUSA, M. M.; MENEZES, M. D. S.; PAZ, E. D. O.; CAVALCANTI, M. D. S. Utilização de farinhas alternativas em produtos de panificação: uma revisão literária. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 9, n. 9, p. e441996228, 2020.

DE SOUZA, M. R.; MARTINS, A. L. D. S.; SOUZA, H. L. S. D.; OLIVEIRA, C. F. D.; MALLET, A. C. T.; NASCIMENTO, K. D. O. D. Desenvolvimento de pão tipo bisnaguinha sem glúten e sem ovo, elaborado com inhame e um mix de farinhas: uma proposta para alimentação escolar de crianças com alergia alimentar. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e440101321364, 2021.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009.

DIAS, T. G. G. **Abordagem dos aspectos tecnológicos, nutricionais e de consumo em produtos de panificação adicionados de farinhas de frutos da região amazônica e de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC)**. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ariquemes, RO, 2021. Disponível em: <https://ri.unir.br/jspui/handle/123456789/3203>.

DUARTE, A. C. O.; DUARTE, F. O.; OLIVEIRA, E. M. D.; GONÇALVES, R. A.; BEMFEITO, R. M. Análise sensorial de pão doce enriquecido com farinha de ora-pro-nóbis, soro de leite e farinha de quinoa. **Conexão Ciência (Online)**, v. 15, n. 2, p. 38–50, 2020.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Ed 4ª. Editora Curitiba: Champagnat, 426 p., 2013.

ELLI, L.; BRANCHI, F.; TOMBA, C.; VILLALTA, D.; NORSA, L.; FERRETTI, F.; RONCORONI, L.; BARDELLA, M. T. Diagnosis of gluten related disorders: Celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity. **World Journal of Gastroenterology**, v. 21, n. 23, p. 7110-7119, 2015.

FARIAS, A. V. **Caracterização das propriedades do amido da crueira de mandioca (Manihot esculenta Crantz) isolado por diferentes métodos de extração**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2022. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8762>.

FIGUEIRA, I. C. B.; CABRAL, C. C.; ALVES, G. R.; DE LIMA, J. R. Alta ocorrência de inadequações na rotulagem de produtos fatiados e fracionados comercializados nas principais redes de mercados da Cidade de Queimados - RJ. **Open Science Research XVI**, v. 16, n. 1, p. 84–100, 2024.

FRANCO, S. H. **Aspectos tecnológicos e concentração de amido resistente de banana verde (Musa sp.) em pão congelado**. 71 f. Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Curso de Engenharia de alimentos – Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, PR, 2016. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/196>. Acesso em: 20 ago. 2024.

FREITAS, D. A.; SOUZA, M. S.; GOMES, M. J. L.; REIS, P. R.; FERRO, E. L. B. S.; RABEQUE, S. G. Panc: introdução em preparações cotidianas, valor nutricional e aceitabilidade. **Saber Científico**, v. 11, n. 1, p. 1-17, 2022.

FREITAS, G. G. de. **Fermentação natural de pães – Análise sensorial e laboratorial de pães e massas mãe produzidos a partir de farinhas com grau diferente de industrialização**. 55 f. Dissertação (Mestrado em Gastronomia) – Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar e o Politécnico de Leiria, Peniche, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.8/8123>. Acesso em: 30 set. 2024.

GALLO, L. R. dos R. **Análise química: atividade antioxidante de pães sem glúten de sorgo de diferentes genótipos e seus efeitos glicêmicos em humanos**. 93 f. Tese (Doutorado em Nutrição Humana) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/43133>. Acesso em: 23 set. 2023.

GÄNZLE, M. The periodic table of fermented foods: limitations and opportunities. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 106, n. 8, p. 2815–2826, 2022.

GHENO, A. M.; GEADICKE, J. P.; MÜLLER, L.; STOFFEL, F.; BARBOSA, R. G. Avaliação de atributos tecnológicos de pão francês com adição de farinhas de vegetais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, p. e2021113, 2022.

GOBBETTI, M.; DE ANGELIS, M.; DI CAGNO, R.; CALASSO, M.; ARCHETTI, G.; RIZZELLO, C. G. Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 302, p. 103–113, 2019.

GOMES, D. K. P.; GOES, E. S. B. da R.; SILVA, G. M. P.; JÚNIOR, M. D. N. G.; SOUZA, J. F.; JÚNIOR, J. B. O.; VIANA, A. B. S.; DA SILVA, A. do S. S.; SOUZA, A. C. F. Obtenção e caracterização de farinha do mesocarpo da fruta-pão (*Artocarpus altilis*). **Revista Arquivos Científicos (IMMES)**, v. 5, n. 2, p. 1–8, 2022.

GUARABIRA, M. E. D. F. **Avaliação da qualidade de pães integrais: impacto do uso de farinhas integrais reconstituídas**. 52 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, 2023.

GUIMARÃES, D. L. F.; SILVA, R. N. D.; ANDRADE, H. M. L. D. S.; ANDRADE, L. P. D. Cadeia produtiva da mandioca no território brasileiro inovações e tecnologias: uma revisão sistemática da literatura. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 1, p. 17–25, 2022.

GUSMÃO, T. A. S. **Desenvolvimento de pão de forma sem glúten com farinha de arroz vermelho, enzima transglutaminase microbiana e prebiótico: avaliação tecnológica, sensorial e armazenabilidade**. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Centro de Ciência e Tecnologia – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/909>. Acesso em: 1 set. 2024.

HERCULANO, L. D. F. L.; PONTES, A. C. B.; RODRIGUES, C. L. J.; BARROSO, L. P.; DE OLIVEIRA, M. N.; MEDEIROS, S. R. A.; RAYMUNDO, A. C. D. S. N. M. Development of gluten-free breads from under-exploited flours. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 62905–62924, 2021.

HIGUCHI, V. **Aspectos relevantes sobre a produção de pães por fermentação natural e sua aplicação na produção de alimentos sem glúten**. 2022. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de São Paulo da Escola de Engenharia de Lorena/EEL, Lorena, 2022.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Primeira Edição Eletrônica. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p.1020, 2008.

JESUS, M. A. S. de. **Avaliação do impacto de ecoinovações: o caso da tecnologia de biodigestores aplicada na agroindústria processadora de mandioca do estado do Paraná**. 135 f. Tese (Administração) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/1388>. Acesso em: 4 nov. 2024.

JIANG, Y.; ZHANG, H.; QI, X.; WU, G. Structural characterization and antioxidant activity of condensed tannins fractionated from sorghum grain. **Journal of Cereal Science**, v. 92, p. 102918, 2020.

KHOOZANI, A. A.; KEBEDE, B.; BIRCH, J.; BEKHIT, A. E.-D. A. The Effect of Bread Fortification with Whole Green Banana Flour on Its Physicochemical, Nutritional and In Vitro Digestibility. **Foods**, v. 9, n. 2, p. 152, 2020.

KOBLITZ, M. G. B. **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. 301p.

KOELLER, P.; MIRANDA, P.; LUSTOSA, M. C.; PODCAMENI, G. Ecoinovação:

revisitando o conceito. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO, 6., 2019. **Blucher Engineering Proceedings**. Campinas: Editora Blucher, v. 6, p. 695–712. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/33173>. Acesso em: 14 out. 2024.

LANDIS, E. A.; OLIVERIO, A. M.; MCKENNEY, E. A.; NICHOLS, L. M.; KFOURY, N.; BIANGO-DANIELS, M.; SHELL, L. K.; MADDEN, A. A.; SHAPIRO, L.; SAKUNALA, S.; DRAKE, K.; ROBBAT, A.; BOOKER, M.; DUNN, R. R.; FIERER, N.; WOLFE, B. E. The diversity and function of sourdough starter microbiomes. **eLife**, v. 10, p. e61644, 2021.

LAUREATI, M.; DE BONI, A.; SABA, A.; LAMY, E.; MINERVINI, F.; DELGADO, A. M.; SINESIO, F. Determinants of consumers' acceptance and adoption of novel food in view of more resilient and sustainable food systems in the EU: a systematic literature review. **Foods**, v. 13, n. 10, p. 1534, 15 maio 2024.

LEONEL, M.; DIAS, L. T. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n.4, p. 692-700, 2006.

LIMA, C. T.; LIMA, N. G.; RODRIGUES, S. M.; NEVES, N. D. A.; MEZA, S. L. R.; SCHMIELE, M. Otimização experimental para o desenvolvimento de muffin com alto valor tecnológico e nutricional utilizando farinhas integrais de arroz, sorgo vermelho e feijão carioca. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. e34111133337, 2022.

LIMA, F. C. **Potencial produtivo de diferentes genótipos de sorgo**. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, 2020.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Influência de parâmetros de extrusão na absorção e solubilidade em água de farinhas pré-cozidas de mandioca e caseína. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 2, p. 223–229, 2009.

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; DE LA HERA, E.; SANZ, T.; GÓMEZ, M.; SALVADOR, A. Effect of using erythritol as a sucrose replacer in making spanish muffins incorporating xanthan gum. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 8, p. 3203–3216, 2012.

MATTOS, L. A. D. **Caracterização química e potencial de aceitabilidade do chá de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*) e erva mate (*Ilex paraguariensis*)**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2021. Disponível em: <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/3757>.

MENDES, B. de A. B. **Aplicação da farinha integral de banana verde nativa e modificada por tratamento hidrotérmico em formulações de bolos isentos de glúten**. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-BA, 2023. Disponível em: http://www2.uesb.br/ppg/ppgecal/wp-content/uploads/2023/08/Tese-Final_Bruna-de-Andrade-Braga-mendes.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.

MORAES, É. A.; QUEIROZ, V. A. V.; JÚNIOR, M. R. M. Farinha de sorgo integral e frações decorticadas e seus efeitos na obesidade e comorbidades. **1º Simpósio Sorgo na Alimentação Humana no Brasil: Perspectivas**. 170. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo,

2014. p. 75–81. Disponível em:
<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1038403>. Acesso em: 20 abr. 2024.

MORAES, E. D. M.; SILVA, L. H. D. 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, 2023.

MORAIS, E. C., CRUZ, A. G., BOLINI, H. M. A. Gluten-free bread: time-intensity analysis, physical characteristics, and acceptance. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 10, p. 2176-2184, 2013.

MOREIRA, I. C. **Riscos de contaminação cruzada por glúten em serviço de nutrição hospitalar que fornece preparações para portadores de doença celíaca: um estudo de caso**. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024. Disponível em:
<http://hdl.handle.net/10183/274140>. Acesso em: 10 out. 2024.

MOURA, E. L. A.; ISTSCHUK, M. A.; MARÇAL, E. N.; MARINHO, M. T.; BET, C. D.; TAKEUCHI, K. P.; DANESI, E. D. G. Desenvolvimento de biscoitos isentos de glúten com sorgo branco e subprodutos de palmito pupunha e laranja. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 42, n. 1, 2024. Disponível em:
<https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/94603>. Acesso em: 17 jan. 2025.

MOURA, K. A.; CABRAL NETO, O.; GONÇALVES, A. C. S.; ROCHA, A. S. D.; ROSANOVA, C.; VIROLI, S. L. M.; RODRIGUES, F. M.; CAMARGO, A. M. Farinha e biomassa de banana verde: um panorama de sua aplicabilidade na elaboração de produtos carneos. **Pesquisa e Tecnologia em Ciências Agrárias**, v. 1, p. 63–75, 2023.

MOURA, K. A. P. A. D.; ALMEIDA, A. P. F. D.; OLIVEIRA, A. T. C. D.; QUEIROZ, V. F.; MONTE, A. L. D. S. Farinha da banana verde para o enriquecimento de hambúrgueres: uma revisão narrativa. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 2021. **Inovação, Gestão e Sustentabilidade na Agroindústria**. Instituto internacional Despertando Vocações, 2021. Disponível em:
<https://ciagro.institutoidv.org/ciagro2021/uploads/565.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2025.

MOURA, L. L. de F. **Efeito da substituição parcial de farinha de trigo por farinha de trigo espelta na reologia da massa e qualidade tecnológica do pão**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/22703>. Acesso em: 20 abr. 2024.

NASCIMENTO, N. P. D. **Desenvolvimento, estabilidade físico-química e perfil sensorial de produto cárneo com adição de farinha de folhas de vinagreira (Hibiscus sabdariffa L.) com potencial antioxidante**. 165 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em:
<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/76218>. Acesso em: 28 ago. 2024.

NASCIMENTO, R. D. **Tecnologia da panificação: aplicação do conhecimento em sistemas de software**. 2020. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Curso de Ciências Econômicas – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020. Disponível em:

<http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/11617>. Acesso em: 4 ago. 2024.

NDJANG, M. M. N.; KLANG, J. M.; NJAPNDOUNKE, B.; FOKO, M. E. K.; DONGMO, J. R.; KAMDEM, M. H. K.; TONGA, J. L.; MMUTLANE, E. M.; NDINTEH, D. T.; KAYITESI, E.; ZAMBOU, F. N. Effect of gum extracts on the bread-making and textural properties of dough and bread made from sour cassava starch (*Manihot esculenta*), Peanut (*Arachis hypogaea*) and cowpea flour (*Vigna unguiculata*). **Food Hydrocolloids for Health**, v. 5, p. 100179, 2024.

NEHRING, P.; GONZAGA, L. V.; SERAGLIO, S. K. T.; SCHULZ, M.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Avaliação da capacidade antioxidante in vitro e determinação de compostos fenólicos totais em diferentes sistemas de extração em amostras de hibisco (*Hibiscus sabdariffa*). In: **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**, v. 1, n. 1, 2015.

NEUMANN, K. R. da S.; BARBOSA, G. N. Impacto do glúten da dieta no transtorno do espectro autista: uma revisão integrativa. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 12, n. 1, p. 1–10, 2023.

NIELSEN, S. S. **Food analysis**. 5 ed. Springer, 2017, 649 p.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.

OLIVEIRA, D. A. S. B. D.; MÜLLER, P. S.; FRANCO, T. S.; KOTOVICZ, V.; WASZCZYNSKYJ, N. Avaliação da qualidade de pão com adição de farinha e purê de banana verde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 699–707, 2015.

OLIVEIRA, G. T. **Caracterização de farinhas de diferentes genótipos de sorgo e efeito da panificação nos teores de amido resistente e antioxidantes**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/22378>. Acesso em: 12 abr. 2023.

OLIVEIRA, I. M.; DE MELO, F. D. S. N.; DE SOUSA, M. M.; MENEZES, M. D. S.; PAZ, E. D. O.; CAVALCANTI, M. D. S. Utilização de farinhas alternativas em produtos de panificação: uma revisão literária. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e441996228, 2020.

OLIVEIRA, J. M. **Obtenção de microcápsulas do extrato de erva cidreira (*Melissa officinalis* L.), pelo processo de gelificação iônica: caracterização dos compostos bioativos e capacidade antioxidante**. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, 2020.

PASQUALONE, A.; CAPONIO, F.; PAGANI, M. A.; SUMMO, C.; PARADISO, V. M. Effect of salt reduction on quality and acceptability of durum wheat bread. **Food Chemistry**, v. 289, p. 575–581, 2019.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; CASTILLO-MARTÍNEZ, W. E.; SIMPALO-LOPEZ, W. D.; VERONA-RUIZ, A.; LAVADO-CRUZ, A.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; PEÑAS, E.;

FRIAS, J.; SCHMIELE, M. Performance of Thermoplastic Extrusion, Germination, Fermentation, and Hydrolysis Techniques on Phenolic Compounds in Cereals and Pseudocereals. **Foods**, v. 11, n. 13, p. 1957, 2022.

POEIRA, R. L. **Atividade biológica das framboesas**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar) – Universidade de Coimbra, 2020.

QUEIROZ, V. A. V. **Sorgo: cereal ancestral bem atual: Coletânea de receitas sem glúten com sorgo integral**. 1ª. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126619/sorgo-cereal-ancestral-bem-atual-coletanea-de-receitas-sem-gluten-com-sorgo-integral>. Acesso em: 10 maio 2024.

RIZZON, M. Z.; CUNHA, G. F.; VILLAS-BOAS, V. Bread and wine fermentation: a proposal for interdisciplinary action. **Scientia cum Industria**, v. 5, n. 3, p. 129-136, 2017.

RODRIGUES, T. A.; SANTOS, L. G. B. dos; ALMEIDA, V. H. de; FRANCISCO, J. V. da S. **A diferença do beijinho de aipim com e sem lactose**. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Química) – Etec Profª Carmelina Barbosa, Dracena, SP, 2023. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/21304>.

SÁ, A. A. D.; GONÇALVES, M. I. A.; VASCONCELOS, T. R.; MENDES, M. L. M.; MESSIAS, C. M. B. D. O. Avaliação físico-química e nutricional de farinhas de banana verde com casca elaboradas a partir de variedades distintas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, p. 9, 2021.

SALVATI, D. **Caracterização nutricional, química e bioativa de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) germinado e in natura e aplicação das farinhas em produtos de panificação**. 1–124 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) – Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/28690>. Acesso em: 13 set. 2024.

SÁNCHEZ-ADRIÁ, I. E.; SANMARTÍN, G.; PRIETO, J. A.; ESTRUCH, F.; FORTIS, E.; RANDEZ-GIL, F. Technological and acid stress performance of yeast isolates from industrial sourdough. **LWT**, v. 184, p. 10, 2023.

SANTANA, E. M.; VIXAMAR, F. W.; LEDIX, L. **Avaliação preliminar de planta de produção de farinha de banana verde**. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Engenharia Química – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/31061>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SANTANA, G. S.; OLIVEIRA FILHO, J. G. D.; EGEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 88–95, 28 jun. 2017.

SANTIAGO, A. L. de J. **Vantagens do uso da farinha de mandioca em preparações gastronômicas**. 43 f. Monografia (Graduação em Gastronomia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/36713>. Acesso em: 17 set. 2024.

SANTOS, A. C. D. **Efeito da adição de lipases comerciais nas propriedades tecnológicas**

do pão de forma. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/4061>. Acesso em: 19 ago. 2024.

SANTOS, M. R. L. L.; ALMEIDA, T. M. Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial de pães enriquecidos com farinha de banana verde com e sem casca. **Científic@ - Multidisciplinary Journal**, v. 7, n. 2, p. 1–11, 2020.

SANTOS, V. L. C. D.; MENEGASSI, B. Adição de farinha de Ora-Pro-Nóbis em pães: possibilidades de incremento proteico e de fibras na rotina alimentar brasileira / Addition of Ora-Pro-Nóbis flour in breads: possibilities of protein and fiber increment in the brazilian food routine. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 6, p. 26031–26048, 23 nov. 2021.

SATO, R.; CILLI, L. P. D. L.; OLIVEIRA, B. E. D.; MACIEL, V. B. V.; VENTURINI, A. C.; YOSHIDA, C. M. P. Nutritional improvement of pasta with *Pereskia aculeata* Miller: a non-conventional edible vegetable. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 1, p. 28–34, 2019.

SCHÖBER, T. J.; BEAN, S. R.; BOYLE, D. L. Gluten-Free Sorghum Bread Improved by Sourdough Fermentation: Biochemical, Rheological, and Microstructural Background. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 13, p. 5137–5146, 2007.

SEGURA-BADILLA, O.; KAMMAR-GARCÍA, A.; MOSSO-VÁZQUEZ, J.; SÁNCHEZ, R. Á.-S.; OCHOA-VELASCO, C.; HERNÁNDEZ-CARRANZA, P.; NAVARRO-CRUZ, A. R. Potential use of banana peel (*Musa cavendish*) as ingredient for pasta and bakery products. **Heliyon**, v. 8, n. 10, p. e11044, 2022.

SHETTY, K; CHUN, S; VATTEM, D. A; LIN, Y. Phenolic antioxidants from clonal oregano (*Origanum vulgare*) with antimicrobial activity against *Helicobacter pylori*. **Process Biochemistry**, v. 40, p.809-816, 2005.

SILVA, A. M. P.; ARAÚJO, G. V.; MOTA, L. T. R.; VALENTE, N. D. S.; SILVA, R. A. D. D.; MARTINS, M. V. Plantas alimentícias não convencionais: benefícios agroecológicos, nutricionais e formas de utilização na alimentação. In: MELO, J. O. F. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**. 1. ed. Juiz de Fora, Brasil: Editora Científica Digital, 2021. v. 2, p. 175–192. Disponível em: <http://www.editoracientifica.com.br/articles/code/210805847>. Acesso em: 15 set. 2024.

SILVA, A. N.; FRÍSCIO, F. C. A química do pão de fermentação natural e as transformações na nossa relação com o preparo desse alimento. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 3, p. 232–243, 2021.

SILVA, D. O. D.; DI PRIMIO, E. M.; BOTELHO, F. T.; GULARTE, M. A. VALOR NUTRITIVO E ANÁLISE SENSORIAL DE PÃO DE SAL ADICIONADO DE *Pereskia aculeata*. **DEMETERA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 9, n. 4, 5 dez. 2014. DOI 10.12957/demetera.2014.11119. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/demetera/article/view/11119>. Acesso em: 23 jan. 2025.

SIMÃO, Y. O. A. D.; RIBEIRO, P. F. D. A.; KAMINSKI, T. A. Elaboração de pães de fôrma

com adição de farinha de ora-pro-nóbis. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 11, p. e09121143643, 2023.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p.152-178, 1999.

SOMMER, M. C.; RIBEIRO, P. F. D. A.; KAMINSKI, T. A. Obtenção e caracterização físico-química da farinha de ora-pro-nóbis / Obtention and physicochemical characterization of ora-pro-nóbis flour. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 2, p. 6878–6892, 2022.

SOUZA, T. C. L. de. **Perfil de compostos fenólicos extraídos de folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller)**. 69 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/929291>. Acesso em: 20 set. 2024.

SUGIURA, F.; ITO, S.; ARAI, E. Effect of pregelatinized starch paste on the ease of swallowing high-moisture content bread. **Journal of Food Engineering**, v. 214, p. 209–217, 2017.

SUN, R.; ZHENG, J.; NIU, M.; WANG, J. Study on the effects of different ammonium salts on baked bread. **Heliyon**, v. 10, n. 17, p. e37397. 2024.

TAKEITI, C. Y.; ANTONIO, G. C.; MOTTA, E. M. P.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; PARK, K. J. Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, p. 148-190, 2009.

VARGAS, A. G. **Influência da sazonalidade na composição química e nas atividades antioxidante e antimicrobiana das folhas de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller)**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

VENTURI, M.; GUERRINI, S.; VINCENZINI, M. Stable and non-competitive association of *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida milleri* and *Lactobacillus sanfranciscensis* during manufacture of two traditional sourdough baked goods. **Food Microbiology**, v. 31, n. 1, p. 107–115, 2012.

VERNAZA, M. G.; GULARTE, M. A.; CHANG, Y. K. Addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1157–1165, 2011.

VIANA, E. D. S.; SOUZA, A. D. S.; REIS, R. C.; OLIVEIRA, V. J. D. S. D. Application of green banana flour for partial substitution of wheat flour in sliced bread. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 6, p. 2399, 30 nov. 2018.

VIANNA, F. S. V.; REDOSCHI, G.; IKEMOTO, M.; COELHO, S. T.; LAGE, M. **Manual prático de panificação**. São Paulo: SENAC, 2018. 352 p.

VIEIRA, C. R.; GRANCIERI, M.; MARTINO, H. S. D.; CÉSAR, D. E.; BARRA, R. R. S. A beverage containing ora-pro-nobis flour improves intestinal health, weight, and body

composition: A double-blind randomized prospective study. **Nutrition**, v. 78, p. 110869, 2020.

VIEIRA, J. S. **Propagação vegetativa, crescimento e teor da proteína em ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata miller*) cultivado sob telas fotosseletivas**. 64 f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal Goiano, Morrinhos, GO, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/93>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ZANNINI, E.; GOBBETTI, M. The 7th International Symposium on Sourdough – “Sourdough for health”. **International Journal of Food Microbiology**, v. 302, p. 1–2, 2019.

ZHUANG, K.; SUN, Z.; HUANG, Y.; LYU, Q.; ZHANG, W.; CHEN, X.; WANG, G.; DING, W.; WANG, Y. Influence of different pretreatments on the quality of wheat bran-germ powder, reconstituted whole wheat flour and Chinese steamed bread. **LWT**, v. 161, p. 113357, 2022.