

ARTIGO ORIGINAL

Aptidão de farinha mista de sorgo e mandioca para produção de pão sem glúten *Suitability of sorghum and cassava composite flour for gluten-free bread production*

Nácia Inácio¹, Deise Rosana Silva Simões¹, Eliane Dalva Godoy Danesi¹,
Renata Dinnies Santos Salem¹

¹Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa, PR, Brasil

Recebido em: 18 de março de 2025; Aceito em: 11 de abril de 2025.

Correspondência: Renata Dinnies Santos Salem, rdsantos@uepg.br

Como citar

Inácio N, Simões DRS, Danesi EDG, Salem RDS. Aptidão de farinha mista de sorgo e mandioca para produção de pão sem glúten. Nutr Bras. 2025;24(1):1301-1320. doi:[10.62827/nb.v24i1.3054](https://doi.org/10.62827/nb.v24i1.3054)

Resumo

Introdução: O pão é um alimento consumido mundialmente, e tradicionalmente é produzido com farinha de trigo. Porém, uma parcela da população apresenta algum tipo de sensibilidade ao glúten, impossibilitando o consumo de pães produzidos com essa farinha. **Objetivo:** Desenvolveu-se pães utilizando farinha mista à base de farinha de sorgo (FS) e mandioca (FM), enriquecidos com farinha de ora-pro-nobis (FOPN) ou de banana verde (FBV). **Métodos:** As farinhas foram caracterizadas quanto à composição proximal, absorção e solubilidade em água, atividade de água, cor, amido total, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. Foram testadas diferentes proporções de FS, FM, FOPN e FBV, e os pães foram avaliados quanto ao volume específico, perfil de textura, perdas no assamento, composição proximal, atividade de água, cor, compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e aceitação sensorial. **Resultados:** FOPN apresentou elevados teores de proteínas (17,33%), fibras alimentares (48,49%) e solubilidade em água (17,80%). FBV, FS e FM se destacaram pelo alto conteúdo de amido (94,48; 89,35 e 81,03%, respectivamente). A combinação de 75% de FS e 25% de FM proporcionou pães com características físico-químicas e sensoriais próximas às do pão de trigo integral. A adição de FOPN e FBV aumentou o teor de proteínas, fibras e compostos fenólicos, além de melhorar a atividade antioxidante dos pães. As formulações controle (sem FOPN ou BV) e com 5% de FBV apresentaram a melhor aceitação sensorial. **Conclusão:** 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-chave: Doença Celíaca; Dieta Livre de Glúten; Compostos Fitoquímicos; Valor Nutritivo.

Abstract

Introduction: Bread is a globally consumed food and is traditionally made with wheat flour. However, a portion of the population has some degree of gluten sensitivity, preventing them from consuming bread made with this flour. *Objective:* To develop breads using a composite flour based on sorghum flour (SF) and cassava flour (CF), enriched with ora-pro-nobis flour (OPNF) or green banana flour (GBF). *Methods:* The flours were characterized in terms of proximate composition, water absorption and solubility, water activity, color, total starch, total phenolic compounds, and antioxidant activity. Different proportions of SF, CF, OPNF, and GBF were tested, and the breads were evaluated for specific volume, texture profile, baking losses, proximate composition, water activity, color, total phenolic compounds, antioxidant activity, and sensory acceptance. *Results:* OPNF had high protein (17.33%), dietary fiber (48.49%), and water solubility (17.80%) contents. GBF, SF, and CF stood out for their high starch content (94.48%, 89.35%, and 81.03%, respectively). The combination of 75% SF and 25% CF resulted in breads with physicochemical and sensory characteristics similar to those of whole wheat bread. The addition of OPNF and GBF increased protein, fiber, and phenolic compound contents, as well as improved the antioxidant activity of the breads. The control formulations (without OPNF or GBF) and those with 5% GBF had the highest sensory acceptance. *Conclusion:* The breads produced with these alternative flours proved to be an excellent option for individuals with gluten intolerance, offering a nutritious and sensory-pleasing product.

Keywords: Celiac Disease; Gluten-free; Phytochemicals; Nutritive Value.

Introdução

O pão é um dos alimentos mais consumidos mundialmente, caracterizado por crosta crocante e miolo macio, contendo amido disperso em uma matriz proteica. O pão branco é o mais popular, e sua produção remonta a cerca de 6000 a.C. [1]. Por definição, o pão resulta da cocção de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo (*Triticum aestivum*) ou outras farinhas, além de água [2].

A farinha de trigo forma uma rede viscoelástica que retém gás carbônico durante a fermentação. Essa rede decorre da presença de glúten, um grupo

de proteínas (gliadinas e gluteninas) que, ao serem misturadas com água e submetidas à ação mecânica, geram uma massa elástica essencial para a textura dos produtos de panificação [3].

No entanto, algumas pessoas apresentam sensibilidade ao glúten, incluindo doença celíaca, sensibilidade ao glúten não celíaca e alergia ao trigo. O consumo pode causar inflamação intestinal, levando a danos na mucosa e comprometendo a absorção de nutrientes. Os sintomas incluem diarreia crônica, vômito, dor abdominal e deficiência nutricional [4].

A remoção total do glúten afeta as características sensoriais do pão, resultando em textura esfarelada, miolo denso e casca pálida [5]. Para melhorar a qualidade dos pães sem glúten, são utilizados ingredientes como gomas (hidrocolóides), estabilizantes e amido pré-gelatinizado, que auxiliam na retenção de gás e estabilização da massa [6].

Produtos de panificação sem glúten podem ser produzidos com farinhas consideradas não convencionais (puras ou em misturas). A utilização de farinhas alternativas proporciona a criação de produtos de panificação com características sensoriais, nutricionais e físico-químicas únicas. 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*).

O sorgo, um cereal ancestral, foi domesticado para o consumo humano na África há milhares de anos, e posteriormente, difundiu para Índia e a China. Desde então, tem sido utilizado como base alimentar de milhões de pessoas. Não possui glúten em sua composição e apresenta características nutricionais importantes, como a presença de fibras alimentares 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 reduzindo o risco de obesidade, câncer e diabetes tipo 2 [7].

A mandioca, planta rústica e altamente adaptável, é cultivada em diversos países e se destaca pela raiz rica em amido e isenta de glúten. Sua farinha apresenta propriedades tecnológicas interessantes, 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 [8,9].

Para aprimorar a qualidade nutricional dos pães, podem ser adicionados à massa ingredientes específicos para essa finalidade. A ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*) é uma planta alimentícia não convencional (PANC) que apresenta alto teor de proteínas (em torno de 25% em matéria seca), minerais (especialmente cálcio e ferro) e compostos bioativos. Estudos indicam que pode auxiliar no tratamento de anemias, inflamações e na cicatrização de queimaduras [2,10].

A banana (*Musa sp*) é uma fruta tropical amplamente consumida e que apresenta grandes quantidades de compostos bioativos com efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios. A melhor aceitação da banana é no estágio maduro; no entanto, o fruto verde tem despertado interesse, pois além do seu valor nutricional, destaca-se a presença de amido resistente (que atua como fibra prebiótica, beneficiando a saúde intestinal e reduzindo o risco de doenças metabólicas), fitoesteróis, compostos fenólicos e capacidade antioxidante. A farinha de banana verde é rica em minerais como cálcio, ferro e magnésio, além de conter vitamina C e quantidades moderadas de vitaminas A, B1 e B2 [11,12].

Avaliou-se a aptidão tecnológica e sensorial de farinha mista à base de sorgo e mandioca, enriquecida com farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde, para a produção de pão sem glúten. A utilização dessas farinhas busca desenvolver um produto nutritivo e saboroso, adequado para pessoas com intolerância ao glúten e para aquelas que desejam explorar novas alternativas alimentares.

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 (UEPG). Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico.

Obtenção e caracterização das farinhas

As farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM) e banana-verde (FBV) foram adquiridas no comércio local. A farinha de ora-pro-nóbis (FOPN) foi obtida a partir das folhas de ora-pro-nobis (OPN), após lavagem, sanitização (NaClO 200 mg/kg, 10 min), secagem em estufa com circulação de ar a 60 °C/24 h, moagem e peneiramento (40 mesh).

As farinhas foram caracterizadas quanto aos teores de umidade (secagem em estufa a 105 °C até peso constante), cinzas (incineração em mufla a 550 °C/6 h), proteína bruta (método de Kjeldahl, fator de conversão de 6,25), gordura total (extração com hexano a quente) e fibras alimentares (método enzimático-gravimétrico) [13]. O teor de carboidratos totais foi estimado por diferença.

O índice de absorção de água (IAA) foi obtido por meio do preparo de uma suspensão formada por 0,5 g de farinha e 25 mL de água destilada (25 °C), agitada e centrifugada a 3400 rpm por 20 minutos (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 índice de solubilidade em água (ISA) por meio da evaporação da água em estufa a 105 °C por 24 até o peso constante [14].

O valor da atividade de água (a_w) foi obtido por meio de leitura direta no analisador Aqualab (Aqualab Series 3TE).

Os parâmetros de cor (luminosidade e coordenadas a^* e b^*) foram medidos em colorímetro portátil modelo Mini Scan EZ (Hunter Lab, Reston VA, EUA), e os valores de a^* e b^* (dados não mostrados) foram utilizados para o cálculo do croma (saturação) e do ângulo Hue (tonalidade cromática) [15].

Para a determinação dos compostos fenólicos totais e atividade antioxidante foi preparado um extrato formado por 1 g de amostra e 20 mL de etanol 80% (v/v). A mistura foi mantida sob 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) [16].

Para a quantificação dos compostos fenólicos totais (CFT), um mililitro 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 minutos, foi adicionado 1 mL de Na_2CO_3 5%, e a mistura reagente permaneceu em repouso durante 60 minutos, à temperatura ambiente. Realizou-se leitura de absorbância em espectrofotômetro UV-VIS Shimadzu 1240, a 725 nm, utilizando curva padrão de ácido gálico (GAE) (10 – 100 $\mu\text{g/mL}$) em etanol 95% [17].

A atividade antioxidante foi determinada através da inibição do radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH). Três mililitros de DPPH 60 μM em etanol 95% foram adicionados a 1 mL de extrato e

incubados à temperatura ambiente por 15 minutos. Foi realizada leitura de absorvância 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% [18].

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 compor a farinha mista (FMI) para a produção dos pães (Tabela 1).

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, foi produzido pão com farinha de trigo integral em substituição à FMI. As etapas do processamento consistiram em pesagem e mistura dos ingredientes, fracionamento e moldagem da massa, fermentação e forneamento [5].

Tabela 1 - Formulações utilizadas para definição da composição da farinha mista à base de farinha de sorgo e de mandioca

Ingredientes	Controle	FMI1	FMI2	FMI3
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: FMI1 (25% FS + 75% FM); FMI2 (50% FS + 50% FM); FMI3 (75% FS + 25% FM).

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

Os pães foram caracterizados quanto ao volume específico [19], perdas no assamento [20] e perfil de textura (texturômetro TA.XT Plus Texture Analyser Stable Micro Systems). Para a avaliação da textura, os pães foram cortados em fatias de 2 cm de largura, e a compressão foi realizada a partir da casca

superior em direção ao centro. As configurações do teste foram: probe P36/R, 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 [21].

Desenvolvimento 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 nos testes anteriores, optou-se por trabalhar com a FMI composta por 75% de FS e 25% de FM. Foram produzidos pães com substituição parcial da FMI por farinha de ora-pro-nobis (FOPN) ou farinha de banana verde (FBV), nas proporções de 5, 10 e 15%. Como controle (FC), utilizou-se o pão produzido somente com FMI (75% FS + 25% FM) [22].

A composição proximal, volume específico, atividade de água, parâmetros de cor, perdas no assamento, compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e perfil de textura foram determinados conforme descrito anteriormente.

Análise sensorial

Para a avaliação sensorial foram selecionadas as formulações com base nos resultados do perfil de textura. Foram avaliadas as formulações controle (FC), e as formulações com substituição de 5% de FMI por FOPN ou FBV (OPN5% e BV5%).

A análise sensorial foi realizada após aprovação do Comitê de Ética de Pesquisas com Seres Humanos (6.114.924). O painel de avaliadores foi composto por 67 indivíduos não treinados. Após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), os avaliadores receberam três amostras de pães (FC, OPN5% e BV5%), de 10 g cada, codificadas com números aleatórios

de 3 dígitos, 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 [23,24].

Análise estatística

Todas as determinações foram realizadas em triplicata, e os dados foram expressos como média \pm desvio padrão. A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Levene, considerando-se os dados como paramétricos quando $p > 0,05$. Aplicou-se a Análise de Variância (ANOVA) ($p < 0,05$), seguida do teste de comparação de médias Fischer LSD ($p < 0,05$). O índice de aceitabilidade e a intenção de consumo foram expressos em porcentagem.

Resultados

Caracterização das farinhas

Na tabela 2 são apresentados os resultados da composição proximal, ISA, IAA, aw, parâmetros de cor, CFT e atividade antioxidante das farinhas

de sorgo, mandioca, ora-pro-nobis e banana verde. Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) em todos os parâmetros avaliados.

Tabela 2 - Caracterização das farinhas de sorgo (FS), mandioca (FM), ora-pro-nobis (FOPN) e banana verde (BV)

Parâmetros analíticos	Farinhas*			
	FS	FM	FOPN	FBV
Umidade (g/100 g)	11,05 ^a ±0,55	8,08 ^b ±0,28	6,47 ^c ±0,45	8,33 ^b ±0,05
Cinzas (g/100g)	1,18 ^c ±0,04	0,68 ^d ±0,01	16,55 ^a ±0,05	3,27 ^b ±0,06
Proteína bruta (g/100g)	5,94 ^b ±0,08	1,23 ^c ±0,44	17,33 ^a ±1,47	5,75 ^b ±0,29
Gordura total (g/100g)	2,89 ^b ±0,06	0,11 ^d ±0,04	3,25 ^a ±0,02	1,66 ^c ±0,13
Fibra alimentar (g/100g)	10,30 ^b ±0,70	6,47 ^c ±0,43	48,49 ^a ±1,19	9,17 ^b ±0,76
Carboidratos totais (g/100g)	68,64	83,43	7,91	71,82
ISA (%)	3,34 ^c ±0,47	2,55 ^c ±0,54	17,80 ^a ±0,57	8,37 ^b ±0,17
IAA (g/g)	1,68 ^d ±0,02	6,01 ^b ±0,05	6,80 ^a ±0,05	2,97 ^c ±0,04
Atividade de água**	0,64 ^a ±0,00	0,60 ^b ±0,01	0,58 ^c ±0,01	0,52 ^d ±0,02
Luminosidade**	69,82 ^b ±0,34	87,77 ^a ±0,69	29,60 ^d ±0,86	66,77 ^c ±1,86
Croma**	17,56 ^b ±0,28	17,83 ^{ab} ±0,27	13,52 ^c ±0,43	18,44 ^a ±0,31
Ângulo Hue**	64,26 ^c ±0,32	84,55 ^a ±0,15	85,32 ^a ±1,07	77,81 ^b ±0,40
Compostos fenólicos totais (mg GAE/g)	1,543 ^c ±0,029	0,362 ^d ±0,008	5,261 ^a ±0,016	2,525 ^b ±0,035
Atividade antioxidante (µmol TE/g)	3,439 ^c ±0,143	0,530 ^d ±0,162	23,642 ^a ±0,143	7,493 ^b ±0,048

* Farinhas: FS – farinha de sorgo, FM – farinha de mandioca, FOPN – farinha de ora-pro-nobis, FBV – farinha de banana verde. ** Adimensional. Dados expressos como média ± DP. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (Fischer LSD, $p < 0,05$).

Definição da composição da farinha mista e da formulação-base dos pães

Os resultados referentes às perdas no assamento, volume específico e perfil de textura dos pães estão mostrados na tabela 3. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na adesividade das

amostras. No entanto, os demais parâmetros avaliados foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre as formulações.

Tabela 3 - Perdas no assamento, volume específico e perfil de textura dos pães elaborados para definição da composição da farinha mista 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 linha indicam diferença significativa (Fischer LSD, p < 0,05).

Desenvolvimento dos pães à base de farinha mista e adicionados de farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde

Na tabela 4 constam os resultados da caracterização dos pães produzidos com FMI e adicionados de FOPN ou FBV. Todos os parâmetros avaliados apresentaram diferença entre as formulações (p < 0,05), com exceção da adesividade.

Tabela 4 - Composição proximal, perdas no assamento, volume específico, perfil de textura, CFT e atividade antioxidante dos pães produzidos com FMI e adicionados de FOPN ou FBV

Parâmetros analíticos	Formulações*						
	FC	OPN5%	OPN10%	OPN15%	BV5%	BV10%	BV15%
Umidade (g/100 g)	42,46 ^b ± 0,46	44,15 ^a ± 0,66	44,73 ^a ± 0,40	44,67 ^a ± 1,17	44,32 ^a ± 0,92	44,35 ^a ± 0,37	44,62 ^a ± 0,68
Cinzas (g/100g)	1,60 ^g ± 0,03	1,98 ^c ± 0,04	2,34 ^b ± 0,01	2,68 ^a ± 0,03	1,66 ^f ± 0,03	1,71 ^e ± 0,03	1,76 ^d ± 0,01
Proteína bruta (g/100g)	6,71 ^b ± 0,27	7,50 ^a ± 0,17	7,63 ^a ± 0,03	7,76 ^a ± 0,05	7,07 ^b ± 0,39	7,06 ^b ± 0,01	6,85 ^b ± 0,36
Gordura total (g/100g)	4,81 ^d ± 0,03	6,19 ^a ± 0,07	6,03 ^b ± 0,05	6,23 ^a ± 0,17	5,04 ^c ± 0,01	5,08 ^c ± 0,01	5,03 ^c ± 0,02
Fibra alimentar (g/100g)	4,14 ^d ± 0,06	5,10 ^c ± 0,07	6,05 ^b ± 0,07	7,04 ^a ± 0,12	4,14 ^d ± 0,06	4,12 ^d ± 0,05	4,15 ^d ± 0,08
Carboidratos totais (g/100g)	40,28	35,08	33,22	31,62	37,77	37,68	37,59
Perdas no assamento (%)	9,28 ^c ± 0,75	11,78 ^b ± 0,10	11,24 ^b ± 0,17	9,63 ^c ± 0,32	12,81 ^a ± 0,10	11,75 ^b ± 0,08	11,41 ^b ± 0,02
Volume específico (mL/g)	1,542 ^a ± 0,018	1,463 ^b ± 0,011	1,443 ^{bc} ± 0,006	1,417 ^c ± 0,010	1,514 ^a ± 0,028	1,517 ^a ± 0,013	1,477 ^b ± 0,012
Dureza (N)	52,39 ^e ± 5,71	82,00 ^b ± 6,35	96,08 ^{ac} ± 4,05	100,95 ^a ± 7,27	69,63 ^d ± 3,92	85,42 ^b ± 4,07	89,19 ^{bc} ± 3,47
Adesividade (N.s)	-0,01 ^a ± 0,01	-0,01 ^a ± 0,01	-0,01 ^a ± 0,01	-0,01 ^a ± 0,01	-0,01 ^a ± 0,01	-0,01 ^a ± 0,01	-0,01 ^a ± 0,01
Elasticidade**	0,91 ^a ± 0,02	0,80 ^b ± 0,04	0,81 ^b ±0,03	0,79 ^b ± 0,03	0,77 ^b ± 0,02	0,81 ^b ± 0,03	0,82 ^b ± 0,01
Coesividade**	0,56 ^a ± 0,03	0,50 ^{ab} ± 0,01	0,51 ^{ab} ±0,04	0,52 ^a ± 0,04	0,44 ^b ± 0,06	0,44 ^b ± 0,05	0,49 ^{ab} ± 0,04
Mastigabilidade (N)	22,07 ^c ± 0,63	32,86 ^b ± 3,51	39,09 ^a ± 2,78	41,78 ^a ± 6,52	23,23 ^c ± 1,33	30,61 ^b ± 4,40	35,92 ^{ab} ± 3,25
Compostos fenólicos totais (mg GAE/g)	0,923 ^f ± 0,003	1,169 ^{de} ± 0,003	1,236 ^b ± 0,011	1,951 ^a ± 0,027	1,163 ^e ± 0,008	1,193 ^d ± 0,005	1,448 ^c ± 0,006
Atividade antioxidante (µmol TE/g)	1,486 ^d ± 0,081	2,009 ^c ± 0,115	2,452 ^b ± 0,082	2,702 ^a ± 0,005	1,533 ^d ± 0,062	1,638 ^d ± 0,048	2,033 ^c ± 0,032

* Formulações: FC (controle): FMI (75%FS + 25%FM); OPN (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 linha indicam diferença significativa (Fischer LSD, p < 0,05).

A atividade de água variou de 0,950 (BV15%) a 0,968 (FC e OPN10%) ($p < 0,05$). Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) nos valores de aw entre as formulações FC, OPN5%, OPN10% e OPN15% (0,965 a 0,968), e entre as formulações BV5%, BV10% e BV15% (0,950 a 0,957).

A luminosidade e o croma reduziram significativamente ($p < 0,05$) com o aumento da adição de FOPN e FBV (Figura 1A e 1B, respectivamente). O ângulo Hue aumentou para todas as formulações ($p < 0,05$) (Figura 1C), porém de forma mais acentuada para as formulações adicionadas de FOPN.

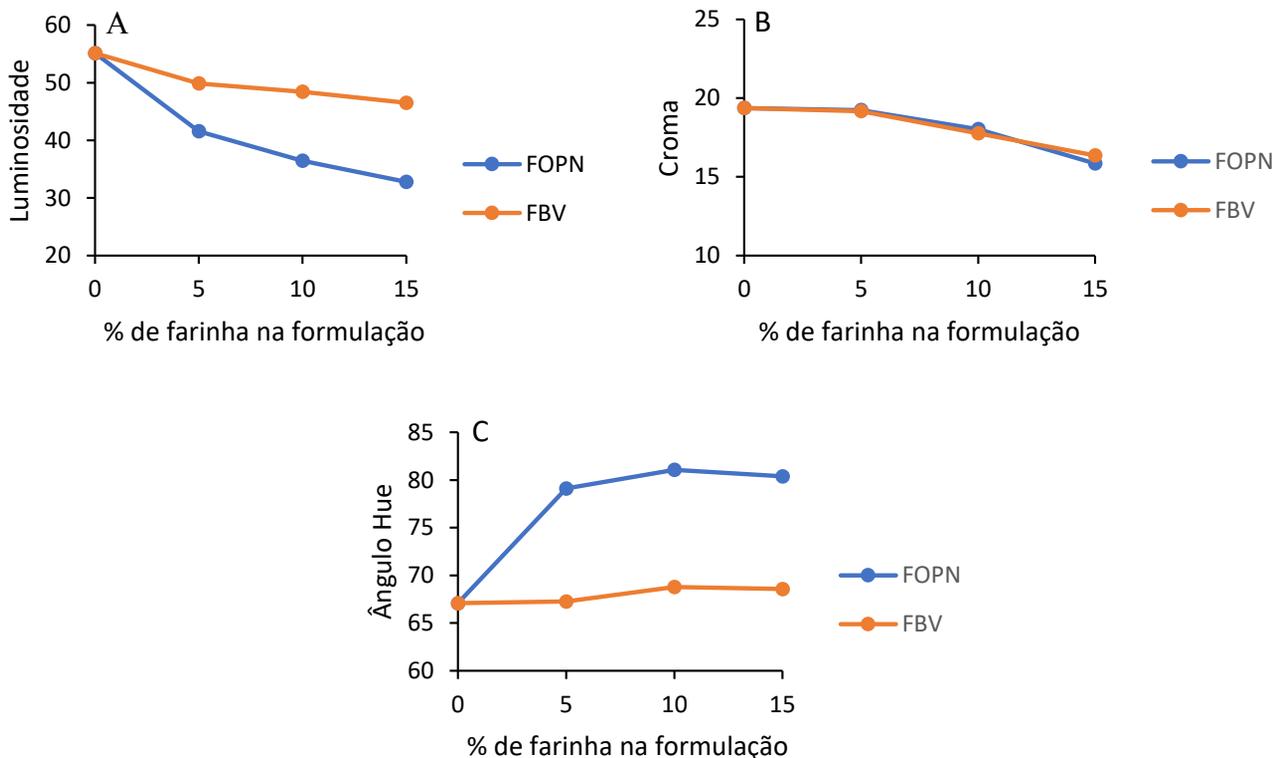


Figura 1 - Variação na luminosidade (A), croma (B) e ângulo Hue (C) dos pães em função da adição de farinha de ora-pro-nobis e de banana verde.

Avaliação Sensorial

As formulações OPN5% e BV5% foram selecionadas, pois representaram os pães com o perfil de textura mais próximo à FC. Dos 67 avaliadores, 61,2% foram do gênero feminino, 37,3% do gênero masculino, 1,5% outro, e 50,7% com escolaridade pós-graduação.

Os avaliadores foram questionados sobre a frequência com que consomem produtos sem

glúten e produtos integrais; 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.

A figura 2 apresenta o índice de aceitabilidade referente aos atributos sensoriais avaliados.

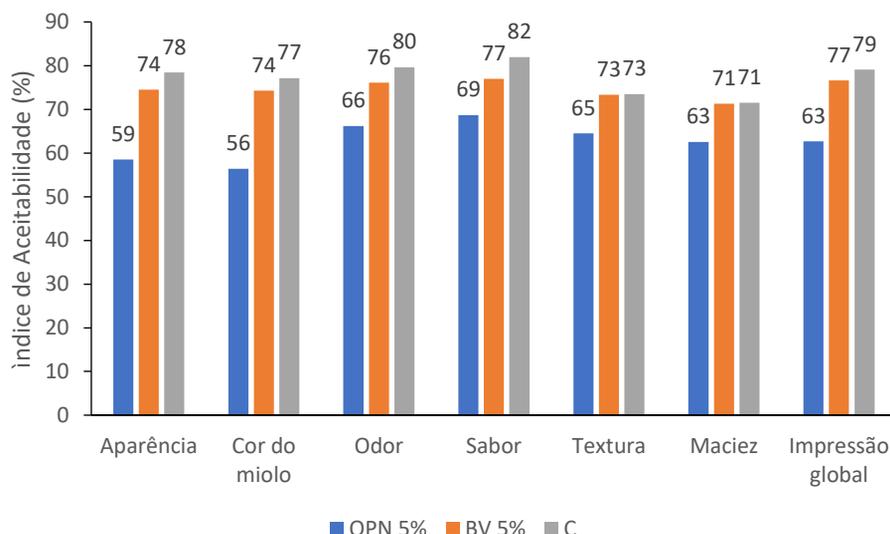


Figura 2 - Índice de aceitabilidade referente aos atributos sensoriais avaliados nos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

Todos os atributos avaliados em todas as formulações apresentaram índice de aceitabilidade acima de 50%, com os maiores valores para FC, seguida das formulações BV5% e OPN5%. Não houve diferença significativa na aceitabilidade dos atributos textura e maciez entre FC e BV5%, com

médias hedônicas estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$) (Tabela 5). A formulação OPN5% apresentou médias hedônicas significativamente ($p < 0,05$) inferiores em relação à FC e BV5%, em todos os atributos.

Tabela 5 - 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*		
	FC	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: FC (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 3), 36% dos avaliadores consumiriam raramente

a formulação OPN5%, e 33% consumiriam FC e BV5% ocasionalmente.

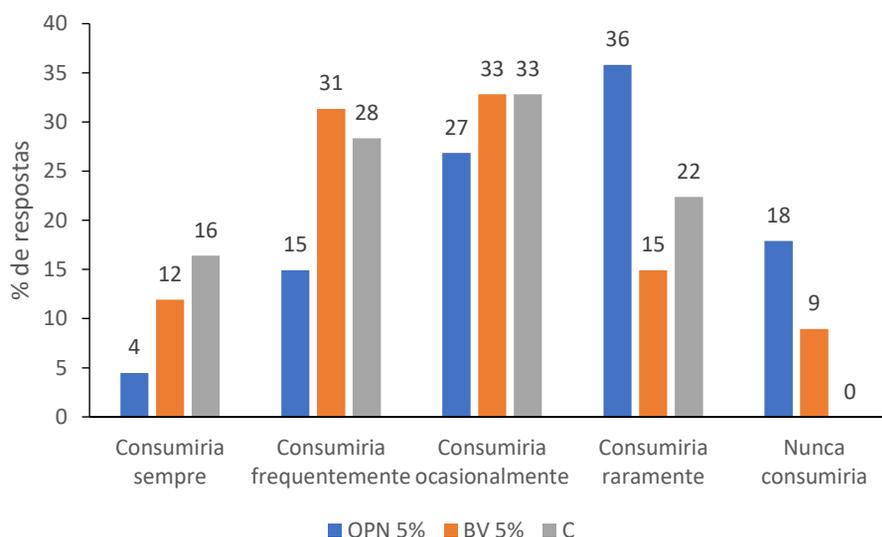


Figura 3 - Intenção de consumo dos pães elaborados com substituição parcial da farinha mista por farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde.

Referente aos atributos descritivos, foram considerados aqueles que tiveram mais de 50% de frequência de resposta. Os avaliadores caracterizaram a FC como homogênea (62,69%), sabor de pão integral (70,15%), macia (53,73%), firme (56,72%) e com aroma de pão (77,61%). A formulação BV5%

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). Já a formulação OPN5% foi caracterizada como homogênea (50,75%), sabor estranho (50,75%), cor escura (86,57%), seca (64,18%) e firme (68,66%).

Discussão

Caracterização das farinhas

A FS apresentou o maior teor de umidade (11,05%), diferindo significativamente ($p < 0,05$) das demais. Não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) no teor de umidade entre FM e FBV. A umidade da FOPN (6,47%) ficou próxima ao registrado em outro estudo (6,04%) [25]. De acordo com a legislação brasileira, as farinhas devem possuir no máximo 15% de umidade [26]. Portanto, todas as farinhas avaliadas atendem a legislação.

A FOPN destacou-se das demais em relação aos elevados teores de cinzas (16,55%), proteína

bruta (17,33%) e fibra alimentar (48,49%), e pelo menor teor de carboidratos totais (7,91%). Segundo a legislação [27], a FOPN pode ser considerada “fonte de proteína”, pois atende o requisito para essa alegação, que é conter no mínimo 10% do valor diário de referência (50 g/dia) por porção (50 g). Segundo a literatura, a avaliação da composição de farinhas de OPN revelou teores de fibras alimentares variando entre 55,65% e 57,65% [28]. Portanto, a FOPN tem potencial para enriquecer alimentos que apresentem baixo conteúdo de minerais, proteínas e fibras alimentares.

Em relação à gordura total, a FOPN apresentou o maior valor (3,25%) dentre as farinhas avaliadas, porém inferior ao valor obtido em outro estudo (3,30%) [25]. Por outro lado, FBV e FM apresentaram teores mais baixos (1,66% e 0,11%, respectivamente).

O percentual de fibras alimentares na FS (10,30%) foi comparável aos valores encontrados na literatura (9,42%) [29]. Adicionalmente, destaca-se o teor de fibras alimentares na FBV (9,17%), que é reconhecida pela alta concentração de amido resistente, que, associado às fibras, contribui para o controle glicêmico, a sensação de saciedade e a modulação da microbiota intestinal [12].

O maior IAA (6,80 g/g) foi observado para a FOPN, seguida da FM (6,01 g/g). O IAA das farinhas de origem vegetal é atribuído ao elevado teor de fibras normalmente encontrado nessas farinhas, que pode ser o fator responsável pelos altos valores observados. Os valores mais baixos foram obtidos para FS (2,97 g/g) e FBV (1,68 g/g).

O ISA da FOPN (17,80%) foi significativamente superior às demais farinhas, indicando uma alta capacidade de solubilidade na água. Isso pode estar associado à presença de fibras solúveis, proteínas e compostos bioativos, que são os principais responsáveis pelo ISA na farinha de ora-pro-nobis [10]. 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 (3,34% e 2,55%, respectivamente).

Os valores de aw variaram de 0,52 (FBV) a 0,64 (FS) ($p < 0,05$). Os alimentos considerados microbiologicamente estáveis apresentam níveis de aw abaixo de 0,60, restringindo o crescimento da maioria dos microrganismos [30]. Portanto, FOPN, FBV e FM podem ser consideradas seguras

em relação ao crescimento e desenvolvimento de microrganismos.

A FM exibiu a maior luminosidade (87,77), indicando cor mais clara em relação às demais, e a FOPN caracterizou-se como a mais escura e a menos saturada (menor croma). A FS demonstrou tendência à coloração vermelha (menor ângulo Hue), enquanto FOPN e FM exibiram tendência à coloração verde/amarela (ângulo Hue próximo à 90°). A tonalidade cromática da FBV (77,81 °) sugere uma tonalidade laranja. A presença de pigmentos naturais, como antocianinas no sorgo, clorofila na ora-pro-nobis e na banana verde e carotenoides na mandioca, impactam diretamente na cor das farinhas.

A FOPN apresentou o maior teor CFT e a maior atividade antioxidante, seguida da FBV, FS e FM. Pôde-se constatar que quanto maior a concentração de compostos fenólicos, maior foi a atividade antioxidante. Os compostos fenólicos, devido às suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, ajudam a reduzir o estresse oxidativo, e sua ingestão pode diminuir o risco de diversas condições crônicas [31].

As características das farinhas de sorgo, mandioca, ora-pro-nobis e banana verde demonstram seu potencial nutricional para aplicação em produtos de panificação, especialmente no desenvolvimento de alimentos mais saudáveis e nutritivos.

Definição da composição da farinha mista e da formulação-base dos pães

A substituição total da farinha de trigo integral nos pães reduziu significativamente ($p < 0,05$) o volume específico em comparação com o controle (Tabela 3). A formulação que mais se aproximou do volume específico da FC foi a FMI3 (75%FS + 25%FM). O glúten presente na farinha de trigo desempenha um papel fundamental na estrutura

do pão, pois cria uma rede proteica elástica e resistente que retém o dióxido de carbono (CO₂) gerado pela fermentação promovendo o crescimento da massa e garantindo um volume satisfatório ao pão [32]. Por outro lado, formulações com FS e FM, que não possuem glúten, têm a retenção de CO₂ comprometida durante o processo de forneamento. Isso resulta em pães com menor volume e textura mais densa, sendo necessária a adição de outros ingredientes estruturantes, como goma xantana ou hidrocoloides, para dar mais coesão e viscosidade à massa [6].

A FC apresentou as menores perdas no assamento (6,85%), o que pode indicar uma menor evaporação de água durante o forneamento. Entre FMI2 e FMI3 não houve diferença significativa em relação a este parâmetro. Com a elevação da temperatura no forno, a água contida na massa evapora, contribuindo de maneira significativa para a diminuição do peso do produto final [33].

O pão produzido com farinha de trigo integral apresentou os menores valores para dureza e mastigabilidade, seguido da formulação FMI3. Os maiores valores de dureza e mastigabilidade foram registrados para a formulação FMI2 (50%FS + 50%FM), e os pães elaborados com FMI3 foram os mais elásticos. Quanto à coesividade, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre o pão controle e a formulação FMI3. A textura é um dos principais indicadores da qualidade dos pães, e uma textura agradável reflete o equilíbrio entre maciez, elasticidade e leveza da massa, características que garantem uma boa mastigação.

A formulação FMI3 (75%FS + 25%FM) 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).

Desenvolvimento dos pães à base de farinha mista e adicionados de farinha de ora-pro-nobis ou farinha de banana verde

Para fins de discussão dos resultados, será considerado como controle (FC) a formulação elaborada com a farinha mista (75%FS + 25%FM), sem adição de FOPN ou de FBV.

O teor de umidade do pão controle (42,46%) foi significativamente menor ($p < 0,05$) do que os pães adicionados de FOPN e FBV. Isso indica que FOPN e FBV tendem a aumentar a umidade dos pães, possivelmente por apresentarem alta capacidade de absorção de água, associada à presença de fibras solúveis na FOPN e amido resistente na FBV. Segundo a literatura, o desenvolvimento de pães sem glúten com farinha de sorgo (50%), farinha de soja (35%) e polvilho doce (15%) resultou em um teor de umidade médio de 37,89%, inferior às formulações testadas neste estudo [34].

A FC apresentou o menor teor de cinzas (1,63%), enquanto a adição de FOPN aumentou significativamente a concentração de minerais. A adição de 15% de FOPN aumentou o teor de cinzas em 1,7 vezes em relação à FC. Nos pães adicionados de FBV, observou-se um teor de cinzas variando de 1,66% a 1,76% nas formulações com 5 e 15% de FBV, respectivamente. Estudos que produziram pães com farinha de trigo e ora-pro-nobis, assim como massas adicionadas desse ingrediente, observaram um aumento significativo no teor de minerais totais com a adição de OPN [35,36].

Observou-se um aumento de cerca de 15% no conteúdo proteico nas formulações adicionadas de FOPN nas concentrações de 5, 10 e 15% em relação à FC. De acordo com a literatura, a produção de pães com FOPN em concentrações de 10, 12, 15 e 20% mostrou que a adição de 20% resultou em um aumento de 19,4% no teor proteico [37]. Para

as formulações adicionadas de FBV (5, 10 e 15%), os percentuais de proteína oscilaram entre 6,85% e 7,70% ($p > 0,05$), representando um aumento médio em torno de 5% em relação ao controle.

A inclusão de FOPN e FBV nos pães promoveu aumento significativo no teor de gordura total. Porém, a FC e as adicionadas de FBV podem ser consideradas “baixas em gordura total”, de acordo com a legislação brasileira [27]. Todas as formulações adicionadas de FOPN classificam-se como “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) [27]. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na concentração de fibras alimentares entre as formulações controle e as adicionadas de FBV. A adição de FOPN e FBV 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 de FOPN e FBV, nas concentrações testadas neste trabalho, pode melhorar as características nutricionais dos pães, pois foram observados aumentos significativos nos teores de minerais, proteínas, fibra alimentar, e redução no teor de carboidratos totais.

A formulação BV5% apresentou as maiores perdas no assamento ($p < 0,05$), seguida dos pães elaborados com 10 e 15% de FBV e com 5 e 10% de FOPN. Os maiores valores para o volume específico foram obtidos para FC, BV5% e BV10% ($p > 0,05$).

A adição de FOPN e de FBV promoveu mudanças significativas ($p < 0,05$) na dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade dos pães. Os maiores valores de dureza foram observados nas formulações OPN10% e OPN15% ($p > 0,05$), e nas formulações BV10% e BV15% ($p > 0,05$),

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 [21]. A elasticidade de todas as formulações com FOPN e FBV reduziu significativamente, particularmente em OPN15% (0,79) e BV5% (0,77). As formulações BV5% e BV10% apresentaram redução na coesividade em relação à FC. Destaca-se, portanto, que a adição de FOPN e FBV nos pães aumentou a dureza e a mastigabilidade, reduziu a elasticidade e a coesividade, porém não teve impacto significativo na adesividade.

A formulação OPN15% apresentou aumento de 2,11 vezes na concentração de CFT, seguida da formulação OPN10%. Com relação à atividade antioxidante, destacam-se as formulações adicionadas de FOPN, que apresentaram os maiores valores em relação às demais. A adição de FBV nas concentrações de 5 e 10% não mostrou efeito significativo na atividade antioxidante em relação à FC ($p > 0,05$). Um estudo desenvolveu pães de fôrma com adição de FOPN nas concentrações de 2,5, 5 e 10%, e observou-se aumento significativo na concentração de CFT e atividade antioxidante com o aumento no percentual de FOPN [38].

Os valores obtidos para *aw* variaram de 0,968 (FC e OPN10%) a 0,950 (BV15%) ($p < 0,05$). Esses dados estão em concordância com os resultados relatados em outro estudo [36], que observou ***aw* média de 0,95 em pães enriquecidos com FOPN. Por outro lado, as formulações com FBV apresentaram os menores valores de *aw*, variando de 0,950 a 0,957. Esses resultados estão alinhados com dados da literatura, que relataram *aw* entre 0,92 e 0,96 em pães enriquecidos com FBV [39].**

De forma geral, os pães ficaram mais escuros ($p < 0,05$) com o aumento da porcentagem de substituição de farinha (Figura 1A), com destaque para a formulação OPN15%, que apresentou o menor valor de luminosidade (32,79). De forma semelhante, a saturação reduziu significativamente ($p < 0,05$) em todas as formulações (Figura 1B). A FC exibiu o menor valor de ângulo Hue (67,09) (Figura 1C), indicando uma tonalidade mais próxima do vermelho. No entanto, as formulações com adição de 10% (81,06) e 15% (80,39) de FOPN mostraram os maiores valores de Hue, sugerindo uma tonalidade mais próxima do amarelo/verde. Essa alteração no ângulo Hue pode ser atribuída à presença de clorofila e outros pigmentos verdes presentes na FOPN, que influenciaram diretamente a tonalidade final dos pães. Já as demais amostras demonstraram uma tendência para tonalidades mais avermelhadas, possivelmente associadas à composição das farinhas utilizadas e às interações químicas durante o processamento [40].

Avaliação Sensorial

A formulação BV5% apresentou índices de aceitabilidade próximos à FC, em todos os atributos, sugerindo que a substituição parcial da FMI por FBV foi bem-sucedida em manter as características sensoriais do pão (Figura 2). Todos os atributos avaliados (BV5% e FC) apresentaram índice de aceitabilidade maior de 70%, e podem ser classificados como produtos com boa aceitação sensorial [24]. Por outro lado, a formulação OPN5% obteve índice de aceitabilidade mais baixo em todos os atributos, indicando que a FOPN pode ter provocado mudanças sensoriais menos apreciadas pelos consumidores.

Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as formulações FC e BV5%, em relação às médias hedônicas (Tabela 5). As médias hedônicas da formulação OPN5% foram significativamente inferiores à FC e BV5%, mas todos os

atributos atingiram média superior a 5 na escala hedônica. A FOPN apresenta cor, 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”.

Com relação aos atributos descritivos, a maciez foi um atributo significativo somente na FC, provavelmente devido à menor quantidade de fibras alimentares, que podem interferir na estrutura da massa. As formulações FC e BV5% 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.

O atributo “sabor estranho”, assinalado por 50,75% dos avaliadores para OPN5%, 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.

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

Enfim, cabe destacar a relevância dessa proposta do ponto de vista nutricional, pela potencial alegação funcional dos pães desenvolvidos em função do conteúdo de fibras, proteínas e

antioxidantes, favorecendo sobremaneira o consumidor desse nicho de mercado, que ainda tem dificuldade de oferta desse tipo de produto. Ademais, deve-se considerar a limitação que panificados integrais e com ingredientes inovadores apresenta

do ponto de vista sensorial. No entanto, espera-se que com a divulgação da importância desses nutrientes para a saúde e bem-estar, ocorra uma maior aceitação, rompendo esse bloqueio.

Conclusão

As farinhas de OPN e BV se destacaram devido ao seu alto teor de fibras, proteínas e CFT. A FOPN revelou uma excelente fonte de proteínas e minerais, enquanto a FBV apresentou elevado teor de fibras alimentares.

A combinação de farinhas de sorgo e mandioca 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 FOPN e FBV aumentou significativamente o teor de proteínas, fibras e CFT, além de melhorar a atividade antioxidante dos pães.

A adição de FBV mostrou-se mais promissora em termos de aceitação sensorial, mantendo características próximas ao pão tradicional, como textura, sabor e aparência. Por outro lado, a FOPN, apesar de enriquecer nutricionalmente o pão, apresentou desafios sensoriais, como

alterações na cor e no sabor, que podem limitar sua aceitação pelos consumidores. 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.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse de qualquer natureza.

Fontes de financiamento

Financiamento próprio.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Salem RDS, Godoy ED; Obtenção de dados: Inácio N, Salem RDS; Análise e interpretação dos dados: Inácio N, Salem RDS, Godoy ED, Simões DRS; Análise estatística: Salem RDS; Redação do manuscrito: Inácio N, Salem RDS, Godoy ED, Simões DRS; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Salem RDS, Godoy ED.

Referências

1. Gobbetti M, De Angelis M, Di Cagno R, Calasso M, Archetti G, Rizzello CG. Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. *Int J Food Microbiol.* 2019;302(2018):103–13. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018.
2. Duarte ACO, Duarte FO, Oliveira EM de, Gonçalves RA, Bemfeito RM. Análise sensorial de pão doce enriquecido com farinha de ora-pro-nóbis, soro de leite e farinha de quinoa. *Conex Ciência.* 2020;15(2):38–50. doi: 10.24862/cco.v15i2.1142.
3. Barbosa GN, Neumann KR da S. Impacto do glúten da dieta no transtorno do espectro autista: uma revisão integrativa. *Rev Multidiscip Nordeste Min.* 2023;12(1):1–19. doi: 10.61164/rmmn.v12i1.1837.

4. Elli L, Branchi F, Tomba C, Villalta D, Norsa L, Ferretti F, et al. Diagnosis of gluten related disorders: Celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity. *World J Gastroenterol*. 2015;21(23):7110–9. doi: 10.3748/wjg.v21.i23.7110.
5. Santos MRL, Almeida TM. Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial de pães enriquecidos com farinha de banana verde com e sem casca. *Cientific@*. 2020;7(2):1-11. doi: 10.37951/2358-260X.2020v7i2.4781.
6. Schober TJ, Bean SR, Boyle DL. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: Biochemical, rheological, and microstructural background. *J Agric Food Chem*. 2007;55(13):5137–46. doi: 10.1021/jf0704155.
7. Afify AEMMR, El-Beltagi HS, El-Salam SMA, Omran AA. Bioavailability of iron, zinc, phytate and phytase activity during soaking and germination of white sorghum varieties. *PLoS One*. 2011;6(10):1–7. doi: 10.1371/journal.pone.0025512.
8. Guimarães DLF, Silva RN da, Andrade HML da S, Andrade LP de. Cadeia produtiva da mandioca no território brasileiro inovações e tecnologias uma revisão sistemática da literatura: uma revisão sistemática da literatura. *Divers J*. 2022;7(1):17–25. doi: 10.48017/dj.v7i1.2009.
9. Chisenga SM, Workneh TS, Bultosa G, Alimi BA, Siwela M. Dough rheology and loaf quality of wheat-cassava bread using different cassava varieties and wheat substitution levels. *Food Biosci* [Internet]. 2020;34:100529. doi: 10.1016/j.fbio.2020.100529
10. Barbalho SM, Guiguer ÉL, Marinelli PS, Do Santos Bueno PC, Pescinini-Salzedas LM, Dos Santos MCB, et al. *Pereskia aculeata* Miller Flour: Metabolic Effects and Composition. *J Med Food*. 2016;19(9):890–4. doi: 10.1089/jmf.2016.0052
11. Segura-Badilla O, Kammar-García A, Mosso-Vázquez J, Ávila-Sosa Sánchez R, Ochoa-Velasco C, Hernández-Carranza P, et al. Potential use of banana peel (*Musa cavendish*) as ingredient for pasta and bakery products. *Heliyon*. 2022;8(10):e1104. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11044.
12. de Sá AA, Gonçalves MIA, Vasconcelos TR, Mendes MLM, de Omena Messias CMB. Physical, chemical and nutritional evaluation of flours prepared with pulp and peel of green banana from different varieties. *Brazilian J Food Technol*. 2021;24:1–9. doi: 10.1590/1981-6723.02020.
13. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 Ed, 1 Ed Eletrônica. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 2008. 1020 p. Available from: <https://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>
14. Okezie BO, Bello AB. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *J Food Sci*. 1988;53(2):450–4. doi: 10.1111/j.1365-2621.1988.tb07728.x
15. Nielsen SS. *Food Analysis* 5 ed. Food Analysis. Springer. 2017: 267 p.
16. Nehring P, Gonzaga LV, Seraglio SKT, Fett R, Schulz M, Costa ACO, et al. Avaliação da capacidade antioxidante in vitro e determinação de compostos fenólicos totais em diferentes sistemas de extração em amostras de hibisco (*Hibiscus sabdariffa*). *Rev do Congr Sul Bras Eng Aliment*. 2014;1(1):1–7. Available from: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/revistacsbea/article/view/8795>

17. Singleton V L, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 1999;299(14):155–78. doi: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1
18. Chun SS, Vatter DA, Lin YT, Shetty K. Phenolic antioxidants from clonal oregano (*Origanum vulgare*) with antimicrobial activity against *Helicobacter pylori*. *Process Biochem.* 2005;40(2):809–16. doi: 10.1016/j.procbio.2004.02.018.
19. Brito, Vitor Hugo dos Santos; Cereda MP. Método para determinação de volume específico como padrão de qualidade do polvilho azedo e sucedâneos. *Brazilian J Food Technol.* 2015;18(1):14–22. doi: 10.1590/1981-6723.0214
20. 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 Bioprocess Technol.* 2012;5(8):3203–16. doi: 10.1007/s11947-011-0734-0.
21. Bourne MC. Correlation Between Physical Measurements and Sensory Assessments of Texture and Viscosity. *Food Texture Viscosity.* 2002;(3):293–323. doi: 10.1016/b978-012119062-0/50008-5.
22. Oliveira GT de. Caracterização de farinhas de diferentes genótipos de sorgo e efeito da panificação nos teores de amido resistente e antioxidantes. 2016;102. Available from: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/893713>.
23. res G, Jaeger SR. Examination of sensory product characterization bias when check-all-that-apply (CATA) questions are used concurrently with hedonic assessments. *Food Qual Prefer.* 2015;40(PA):199–208. doi: 10.1016/j.foodqual.2014.10.004
24. Dutcosky SD. *Análise sensorial de alimentos.* 5 ed. Editora Curitiba: Champagnat, 2013:426. ISBN-10: 8554945476.
25. Cazagrande C, Amancio R, Feiten MC, Gilioli A, Gonzalez SL, Fagundes C. Obtenção de farinha de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) e sua aplicação no desenvolvimento de biscoitos tipo cookie. *Cad Ciência Tecnol.* 2022;39(3):27148. doi: 10.35977/0104-1096.cct2022.v39.27148.
26. 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 Of da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 1 jun. 2022;1–5(1):1–23.* Available from: https://anvisalegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=recuperarTematicasCollapse&cod_modulo=135&cod_menu=1686
27. 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 Of da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 out. 2020;8(75):147–54.* Available from: https://anvisalegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=recuperarTematicasCollapse&cod_modulo=135&cod_menu=1686
28. Sommer MC, Ribeiro PF de A, Kaminski TA. Obtention and physicochemical characterization of ora-pro-nóbis flour. *Brazilian J Heal Rev.* 2022;5(2):6878–92. doi: 10.34119/bjhrv5n2-256.

29. Moura ELA, Istschuk MA, Marçal EN, Marinho MT, Bet CD, Takeuchi KP, et al. Desenvolvimento de biscoitos isentos de glúten com sorgo branco e subprodutos de palmito pupunha e laranja. *Bol do Cent Pesqui Process Aliment*. 2024;42(1):1–8. doi: 10.5380/bceppa.v42i1.94603.
30. Carvalho AV, Oliveira M do SP de, Carvalho MN, Gomes ICL. Obtenção de produtos de panificação a partir da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de pupunha. *Res Soc Dev*. 2023;12(6):e16112642167. doi: 10.33448/rsd-v12i6.42167.
31. Chaves DFS. *Compostos bioativos dos alimentos*. São Paulo: Valéria Paschoal, 2015:338. ISBN-10: 8560880178.
32. Stork CR, Pereira JM, Pereira GW, Rodrigues AO, Gularte MA, Dias ARG. Technological characteristics of breads made with rice flour and transglutaminase. *Braz J Food Technol*. 2009;11:71-77. Available from: https://bjft.ital.sp.gov.br/especiais/especial_2009/v11_edesp_13.pdf
33. Zhuang K, Sun Z, Huang Y, Lyu Q, Zhang W, Chen X, et al. Influence of different pretreatments on the quality of wheat bran-germ powder, reconstituted whole wheat flour and Chinese steamed bread. *Lwt*. 2022;161:113357. doi: 10.1016/j.lwt.2022.113357.
34. Danesi EDG, Oliveira AN, Godinho DK, Moura ELA, Marçal EN, Santos MA, et al. Investigação de matérias-primas para desenvolvimento de alimentos isentos de glúten plant-based. *Ciências Agrárias Tecnol Sustentabilidade e Inovação - Vol 1*. 2024;1(11):176–95. doi: 10.37885/240215720.
35. Alves DT, Nascimento MH da S, Martins EMF. Bread enriched with ora-pro-nobis: elaboration and physicochemical, microbiological and sensorial evaluation. *Brazilian J Dev*. 2021;7(2):12633–46. doi: 10.34117/bjdv7n2-061.
36. Sato R, Cilli LP de L, de Oliveira BE, Maciel VBV, Venturini AC, Yoshida CMP. Nutritional improvement of pasta with *Pereskia aculeata* miller: a non-conventional edible vegetable. *Food Sci Technol*. 2019;39:28–34. doi: 10.1590/fst.35617.
37. Santos VLC dos, Menegassi B. Addition of Ora-Pro-Nóbis flour in breads: possibilities of protein and fiber increment in the brazilian food routine. *Brazilian J Heal Rev*. 2021;4(6):26031–48. doi: 10.34119/bjhrv4n6-193.
38. Simão, Yasmin Ohana Ananias Domingues; Ribeiro, Paula Ferreira de Araújo; Kaminski TA. Preparation of loaves with addition of ora-pro-nobis flour. *Res Soc Dev*. 2023;12(11):e09121143643. doi: 10.33448/rsd-v12i11.43643.
39. Khoozani AA, Kebede B, Birch J. The effect of bread fortification with whole green banana flour on its physicochemical, nutritional and in vitro digestibility. *Foods*. 2020;9(152):2–11. doi: 10.3390/foods9020152.
40. Jiang Y, Zhang H, Qi X, Wu G. Structural characterization and antioxidant activity of condensed tannins fractionated from sorghum grain. *J Cereal Sci*. 2020;92:102918. doi: 10.1016/j.jcs.2020.102918.



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.