



ISSN: 2310-0036

Vol. 2 | Nº. 17 | Ano 2026

Caracterização físico-química e sensorial de pão com farinha de banana verde

Physicochemical and sensory characterisation of bread with green banana flour

João da Costa David

Universidade Católica de Moçambique

jdproevil@gmail.com

Marcos Ballat

Universidade Católica de Moçambique

mballat@ucm.ac.mz

RESUMO

Moçambique produz cerca de 600 mil toneladas de banana por ano, grande parte perdida por falta de processamento adequado. Este estudo teve como objectivo elaborar pães com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de banana verde, avaliando o impacto nas propriedades das farinhas, na composição nutricional dos pães e na aceitabilidade sensorial. A farinha de banana verde foi obtida por descasque, secagem a 55 °C e moagem, tendo-se elaborado quatro formulações com 0%, 15%, 25% e 35% de substituição. As farinhas foram caracterizadas físico-quimicamente e a análise sensorial envolveu 32 provadores numa escala hedónica de nove pontos. A farinha de banana verde apresentou maior teor de cinzas e hidratos de carbono e menor teor de proteínas, lípidos e humidade do que a farinha de trigo. Nos pães, o teor de hidratos de carbono aumentou de forma consistente e progressiva com a incorporação, enquanto as proteínas e os lípidos diminuíram. A formulação com 15% foi a mais bem aceite entre as enriquecidas, sem diferir significativamente do controlo no sabor e na textura. Conclui-se que a substituição de até 15% é tecnologicamente viável e sensorialmente aceitável, valorizando a produção local de banana em Moçambique.

Palavras-chave: farinha de banana verde; pão; farinhas compostas; aceitabilidade sensorial; panificação.

Abstract

Mozambique produces approximately 600,000 tonnes of banana annually, a significant proportion lost due to inadequate processing. This study aimed to produce breads with partial substitution of wheat flour by green banana flour, evaluating the effect on flour properties, bread nutritional composition and sensory acceptability. Green banana flour was obtained by peeling, drying at 55 degrees Celsius and grinding, and four formulations were produced with 0%, 15%, 25% and 35% substitution. Flours were physicochemically characterised and sensory evaluation involved 32 panellists using a nine-point hedonic scale. Green banana flour showed higher ash and carbohydrate contents and lower protein, lipid and moisture contents than wheat flour. In breads, carbohydrate content increased consistently and progressively with substitution, while protein and lipids decreased. The 15% formulation was the best accepted among the enriched breads, not differing significantly from the control in flavour and texture. Substitution of up to 15% is technologically feasible and sensorially acceptable, valorising local banana production in Mozambique.

Keywords: green banana flour; bread; composite flours; sensory acceptability; breadmaking.



Rua: Comandante Gaivão nº 688

C.P.: 821

Website: <http://www.ucm.ac.mz/cms/>

Revista: <http://www.reid.ucm.ac.mz>

Email: reid@ucm.ac.mz

Tel.: (+258) 23 324 809

Fax: (+258) 23 324 858

Beira, Moçambique

1. Introdução

O pão é um dos alimentos mais consumidos a nível mundial, sendo reconhecido como parte fundamental da dieta em diferentes culturas e estratos socioeconómicos. Elaborado na sua forma tradicional a partir de farinha de trigo, água, fermento e sal, o pão constitui uma fonte relevante de energia e de proteínas vegetais, desempenhando um papel significativo na segurança alimentar urbana. A qualidade tecnológica do pão depende em grande medida das propriedades reológicas do glúten, a rede proteica viscoelástica formada pelas proteínas da farinha de trigo durante a hidratação e a amassadura, que retém os gases produzidos durante a fermentação e confere a estrutura característica do miolo.

Em Moçambique, o consumo de pão tem crescido progressivamente, sobretudo nas áreas urbanas, impulsionado pela urbanização acelerada e pela mudança dos hábitos alimentares associada a estilos de vida cada vez mais dependentes de alimentos de preparação rápida. Contudo, a dependência quase total da importação de farinha de trigo representa um desafio económico e de soberania alimentar, dado que o país não apresenta condições agroclimáticas favoráveis à produção deste cereal em escala comercial relevante. A pesquisa e o desenvolvimento de farinhas compostas, combinando a farinha de trigo com ingredientes alternativos de origem local, constituem, neste contexto, uma estratégia pertinente para reduzir a dependência de importações, diversificar a base alimentar nacional e valorizar a produção agrícola de pequena escala, frequentemente marginalizada nas cadeias de valor formais.

A banana (*Musa spp.*) é a fruta mais produzida em Moçambique, com uma produção estimada em cerca de 600 mil toneladas anuais. Apesar desta expressão produtiva significativa, uma fracção considerável da produção nacional é desperdiçada por motivos de elevada perecibilidade do fruto maduro, insuficiência de infraestruturas de armazenamento e transporte adequadas, e ausência generalizada de capacidade de transformação industrial ou artesanal ao nível local. A banana verde, em particular, apresenta características nutricionais e funcionais de crescente interesse para a indústria alimentar, nomeadamente o seu elevado teor de amido resistente, fracção de amido que escapa à digestão no intestino delgado e é fermentada no cólon, comportando-se de forma semelhante à fibra alimentar solúvel e associada a benefícios metabólicos como a redução do índice glicémico da refeição, a melhoria da saúde intestinal e potenciais efeitos protectores face a certas doenças inflamatórias intestinais (Munir et al., 2024).

Para além do amido resistente, a banana verde é rica em compostos fenólicos com actividade antioxidante documentada, bem como numa composição mineral relevante, nomeadamente potássio, ferro e vitamina B6, ainda que estes compostos fenólicos sejam também responsáveis por reacções de escurecimento enzimático durante o processamento, fenómeno que pode comprometer a aparência visual do produto final quando não são aplicadas medidas de controlo adequadas, como o branqueamento ou a acidificação prévia da polpa. A transformação de banana verde em farinha constitui uma tecnologia de baixo custo e tecnicamente acessível, que permite a extensão da vida útil do produto muito além da do fruto

fresco, a redução substancial de perdas pós-colheita e a obtenção de um ingrediente funcional e versátil, aplicável a uma ampla gama de produtos alimentares processados, incluindo pão, bolachas, massas e produtos de pastelaria.

A farinha de banana verde é habitualmente classificada como farinha não panificável, na medida em que a ausência de glúten limita intrinsecamente a sua capacidade de formar, isoladamente, uma rede estrutural capaz de reter os gases de fermentação de forma equivalente à farinha de trigo. Contudo, a sua incorporação em proporções moderadas numa mistura com farinha de trigo permite obter produtos panificados com características tecnológicas e sensoriais aceitáveis, desde que a proporção de substituição seja cuidadosamente ajustada. Estudos recentes conduzidos em diferentes contextos confirmam que a substituição parcial da farinha de trigo por farinha de banana verde, tipicamente em proporções entre 10% e 20%, permite preservar propriedades tecnológicas satisfatórias do pão, ao passo que proporções mais elevadas tendem a comprometer de forma mais acentuada o volume, a textura e a aceitação sensorial global do produto (Bashmil et al., 2025; Thakaeng, Boonloom, & Rawdkuen, 2021).

Um dos efeitos mais consistentemente reportados na literatura científica é o escurecimento progressivo do miolo e da crosta do pão com o aumento da proporção de farinha de banana, associado à presença de compostos fenólicos residuais na farinha e à possível intensificação de reacções de Maillard durante a cozedura, favorecida pelo maior teor de açúcares redutores presentes na banana relativamente ao trigo. Estudos de revisão recentes sobre farinhas alternativas ao trigo destacam ainda que, para além dos efeitos tecnológicos e sensoriais, a incorporação de ingredientes como a banana verde e outras matérias-primas de base amilácea não convencional pode contribuir de forma relevante para a redução do índice glicémico de produtos de panificação, um atributo funcional de interesse crescente em contextos de aumento da prevalência de doenças metabólicas (Alemu & Kuyu, 2025). Adicionalmente, trabalhos conduzidos especificamente em contexto moçambicano confirmam que pães elaborados com farinha de banana verde local apresentam boa aceitação sensorial quando a proporção de substituição é moderada, sem diferenças estatisticamente significativas relativamente ao pão convencional em parâmetros básicos como a humidade e o teor de lípidos, o que reforça a plausibilidade e a relevância directa desta linha de investigação para o contexto nacional (Massingue Júnior, Machalela, Djedje, & Nanelo, 2023).

O presente estudo teve como objectivo elaborar pães com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de banana verde em diferentes proporções, avaliando o efeito desta substituição nas propriedades físico-químicas das farinhas de base, na composição nutricional dos pães resultantes e na sua aceitabilidade sensorial junto de consumidores, com vista à identificação da proporção óptima de incorporação de farinha de banana verde adequada ao contexto moçambicano.

2. Materiais e Métodos

2.1. Local do estudo

O estudo foi conduzido no Laboratório de Análise de Alimentos da Faculdade de Engenharia da Universidade Católica de Moçambique (UCM-FENG), na cidade de Chimoio, província de Manica, Moçambique.

2.2. Matérias-primas

A farinha de trigo comercial e as bananas verdes utilizadas no estudo foram adquiridas no mercado informal da cidade de Chimoio. As bananas verdes seleccionadas foram avaliadas visualmente quanto ao estágio de maturação, com vista a garantir uniformidade entre os frutos utilizados, ausência de danos físicos visíveis e ausência de sinais de deterioração ou de início do processo de amadurecimento. Os restantes ingredientes utilizados na formulação base do pão, sal, levedura biológica fresca e água, foram adquiridos no comércio local, tendo-se confirmado a sua adequada qualidade antes da utilização.

2.3. Obtenção da farinha de banana verde

A farinha de banana verde (FBV) foi obtida segundo as seguintes etapas sequenciais: recepção e selecção dos frutos; lavagem com água corrente para remoção de resíduos superficiais; descasque manual; fatiamento das bananas em rodela de espessura uniforme, de modo a homogeneizar a superfície exposta à secagem; secagem em estufa com circulação de ar forçado a 55 °C durante 10 horas, até se atingir massa constante; moagem em moinho de facas; e peneiramento final para uniformização granulométrica. O rendimento de processamento obtido foi de 33%, valor próximo, ainda que ligeiramente inferior, ao habitualmente reportado na literatura para processos semelhantes de secagem e moagem de banana verde, que se situa geralmente próximo de 35%. A farinha obtida foi acondicionada em embalagens herméticas e mantida em local seco e fresco, ao abrigo da luz directa, até ao momento da sua utilização.

2.4. Formulações e elaboração dos pães

Foram elaboradas quatro formulações de pão do tipo cacete, conforme descrito na Tabela 1, com substituição de 0% (controlo), 15%, 25% e 35% da farinha de trigo por farinha de banana verde. A formulação base de ingredientes auxiliares, água, levedura e sal, foi mantida constante em todas as formulações, de modo a isolar o efeito específico da substituição de farinha sobre as variáveis estudadas.

Tabela 1. Formulações de pão elaboradas com diferentes proporções de farinha de trigo e farinha de banana verde

Formulação	Código	Farinha de trigo (%)	Farinha de banana verde (%)
Controlo	FC (460)	100	0
Formulação 1	F1 (144)	85	15

Formulação 2	F2 (277)	75	25
Formulação 3	F3 (325)	65	35

Os números entre parênteses correspondem aos códigos de três dígitos utilizados na análise sensorial.

O processo de elaboração dos pães seguiu as etapas convencionais de panificação: pesagem dos ingredientes, mistura das farinhas, dissolução da levedura em água morna, adição gradual da água à farinha, amassadura manual até obtenção de massa homogênea e não pegajosa, fermentação primária de 30 minutos à temperatura ambiente, moldagem em forma de cacete, fermentação secundária de 30 minutos e cozedura em forno a 200 °C durante 25 minutos. Após a cozedura, os pães foram arrefecidos à temperatura ambiente antes da realização das análises físico-químicas e sensoriais.

2.5. Determinações físico-químicas

As farinhas de trigo (FT) e de banana verde (FBV), bem como os pães resultantes das quatro formulações, foram submetidos à determinação dos seguintes parâmetros: humidade, por secagem em estufa a 105 °C até massa constante; pH, por potenciometria em suspensão aquosa; acidez titulável total (ATT), por titulação com hidróxido de sódio 0,1 N, expressa em percentagem de ácido ascórbico; lípidos, por extracção com hexano, método indirecto; proteínas totais, pelo método de Kjeldahl, com factor de conversão de 6,25; e cinzas, por incineração em mufla a 550 °C. Os hidratos de carbono foram calculados por diferença [100% – (humidade + proteínas + lípidos + cinzas)]. O valor calórico foi estimado pelos coeficientes de Atwater, atribuindo-se 4 kcal por grama a proteínas e hidratos de carbono, e 9 kcal por grama a lípidos. Todas as determinações foram realizadas em triplicado, de acordo com os métodos oficiais do Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.6. Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi conduzida com 32 provadores não treinados, 53% do sexo masculino e 47% do sexo feminino, com idades compreendidas entre 14 e 34 anos, seleccionados por conveniência entre estudantes e funcionários da UCM-FENG. As amostras de pão foram servidas em porções padronizadas de aproximadamente 20 gramas, codificadas com números aleatórios de três dígitos, e acompanhadas de água à temperatura ambiente destinada à limpeza do palato entre avaliações sucessivas. Foi utilizada uma escala hedónica estruturada de nove pontos, variando entre 1, correspondente a "desgostei muitíssimo", e 9, correspondente a "gostei muitíssimo", para avaliação dos atributos cor, sabor, textura e aparência. A participação foi voluntária e os dados foram tratados anonimamente. O índice de aceitabilidade (IA) foi calculado como a razão percentual entre a média hedónica obtida e a nota máxima possível, sendo consideradas aceites as formulações com IA igual ou superior a 70%.

2.7. Análise estatística

Os dados foram analisados com o software IBM SPSS Statistics, versão 20.0. Aplicou-se análise de variância (ANOVA) de um factor para comparar as formulações, seguida do teste de

comparação de médias de Tukey ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os resultados são expressos como média $\pm$ desvio padrão.

3. Resultados e Discussão

3.1. Rendimento de processamento da farinha de banana verde

O rendimento de processamento obtido para a farinha de banana verde foi de 33%, valor que reflecte a perda de massa associada essencialmente à remoção da casca, previamente ao fatiamento e à secagem, e à evaporação de água durante o processo de desidratação. Este valor está próximo, embora ligeiramente inferior, aos reportados na literatura para processos de secagem e moagem semelhantes, sendo a diferença provavelmente atribuível à temperatura e ao tempo de secagem especificamente adoptados neste estudo, bem como ao grau de maturação exacto da banana utilizada, factores que influenciam directamente o teor de humidade inicial do fruto e, consequentemente, a perda de massa observada durante todo o processamento.

3.2. Características físico-químicas das farinhas

A Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização físico-química da farinha de trigo (FT) e da farinha de banana verde (FBV). Observam-se diferenças significativas entre as duas farinhas para todos os parâmetros analisados, reflectindo diferenças de composição e estrutura química intrínsecas a estas duas matérias-primas de origem botânica muito distinta.

Tabela 2. Composição físico-química da farinha de trigo e da farinha de banana verde (média $\pm$ desvio padrão, g/100 g de base húmida)

Parâmetros	FT	FBV
pH	5,87 $\pm$ 0,02	5,51 $\pm$ 0,01
ATT (%)	0,80 $\pm$ 0,01	0,21 $\pm$ 0,01
Humidade (%)	12,48 $\pm$ 0,15	7,94 $\pm$ 0,04
Lípidos (%)	1,28 $\pm$ 0,31	0,04 $\pm$ 0,05
Cinzas (%)	0,43 $\pm$ 0,01	2,34 $\pm$ 0,20
Proteínas (%)	11,38 $\pm$ 0,18	5,08 $\pm$ 0,81
Hidratos de carbono (%) [*]	70,71	82,51
Valor calórico (kcal/100 g)	339,88	350,72

FT = farinha de trigo; FBV = farinha de banana verde; ATT = acidez titulável total. ^{*} Calculado por diferença.

Humidade

O teor de humidade da farinha de trigo (12,48 $\pm$ 0,15%) situa-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação para farinhas panificáveis, que exige valores inferiores a 15%. A farinha de banana verde apresentou humidade significativamente inferior (7,94 $\pm$ 0,04%), resultado consistente com o processo de secagem a 55 °C adoptado. A menor humidade da FBV constitui uma vantagem tecnológica relevante, na medida em que contribui para maior

estabilidade durante o armazenamento e para uma redução da actividade de água disponível para reacções de deterioração.

pH e acidez titulável total

A farinha de trigo apresentou pH de $5,87 \pm 0,02$, e a farinha de banana verde de $5,51 \pm 0,01$, ambas situadas na faixa de acidez fraca característica de farinhas de origem vegetal. O baixo teor de ATT da FBV (0,21%) é indicativo de um baixo grau de maturação no momento da colheita e do processamento, uma vez que a banana verde apresenta uma menor concentração de ácidos orgânicos livres e de amido já convertido em açúcares simples, comparativamente ao fruto maduro, confirmando que a matéria-prima utilizada neste estudo foi efectivamente processada no estágio de maturação pretendido. Com o progredir do amadurecimento do fruto, a acidez tende a aumentar de forma consistente até atingir um valor máximo, funcionando este parâmetro como um indicador indirecto e relativamente fiável do estágio de maturação da banana.

Proteínas e lípidos

O teor de proteínas da farinha de trigo ($11,38 \pm 0,18\%$) foi marcadamente superior ao da farinha de banana verde ($5,08 \pm 0,81\%$), diferença esperada e amplamente consistente com a composição nutricional intrínseca destas duas matérias-primas. O teor de lípidos da FBV foi muito baixo ($0,04 \pm 0,05\%$), reflectindo a composição naturalmente pobre em lípidos da polpa de banana verde, característica que a distingue claramente de outras farinhas alternativas de origem em sementes oleaginosas.

Cinzas e hidratos de carbono

A farinha de banana verde apresentou teor de cinzas significativamente superior ao da farinha de trigo (2,34% vs. 0,43%), reflectindo a maior riqueza mineral da banana em micronutrientes como potássio, magnésio e fósforo. O teor de hidratos de carbono da FBV (82,51%) foi superior ao da FT (70,71%), resultado esperado dado o elevado teor de amido, incluindo uma fracção substancial de amido resistente, característico da banana verde, cujo interesse funcional para a saúde metabólica tem sido cada vez mais documentado na literatura científica recente, associando-se ao amido resistente presente neste tipo de farinha benefícios como a redução do índice glicémico da refeição, a melhoria do perfil de fermentação colónica e potenciais efeitos protectores da mucosa intestinal (Munir et al., 2024). Os valores calóricos das duas farinhas foram relativamente próximos entre si, apesar das diferenças de composição, o que se explica pela compensação parcial entre o maior teor de hidratos de carbono na FBV e o maior teor proteico e lipídico na FT.

3.3. Composição nutricional dos pães

A Tabela 3 apresenta a composição nutricional dos pães elaborados com as quatro formulações. Observa-se que a incorporação de farinha de banana verde influenciou de forma consistente e progressiva o perfil nutricional dos pães, num padrão directamente explicável pela composição das duas farinhas de base.

Tabela 3. Composição nutricional dos pães elaborados com diferentes proporções de farinha de banana verde (g/100 g de base húmida)

Parâmetros	FC (460) 100% FT	F1 (144) 85% FT + 15% FBV	F2 (277) 75% FT + 25% FBV	F3 (325) 65% FT + 35% FBV
Humidade (%)	33,9	30,1	29,7	26,4
Proteínas (%)	8,7	7,0	6,3	5,8
Lípidos (%)	3,7	4,1	2,6	1,9
Hidratos de carbono (%)*	52,0	57,7	59,9	64,1
Cinzas (%)	1,5	1,1	1,5	1,6

*FC = formulação controlo; FT = farinha de trigo; FBV = farinha de banana verde. * Calculado por diferença.*

O teor de proteínas nos pães diminuiu progressivamente com o incremento da proporção de FBV, passando de 8,7% na formulação controlo para 5,8% na formulação F3, comportamento directamente explicável pelo menor teor proteico da FBV em comparação com a FT, resultando na diluição da fracção proteica global à medida que aumenta a proporção do ingrediente substituto. A formulação F1, com 15% de FBV, apresentou o melhor equilíbrio nutricional entre as formulações enriquecidas, mantendo um teor proteico de 7,0%, ainda relativamente próximo do valor do controlo e adequado para um produto de panificação de consumo regular.

O teor de lípidos revelou uma tendência globalmente decrescente com o aumento da proporção de FBV, consistente com o baixo conteúdo lipídico intrínseco desta farinha. O valor ligeiramente mais elevado de lípidos observado na formulação F1 relativamente ao controlo poderá ser atribuído a variações analíticas pontuais ou a efeitos de interacção entre os ingredientes durante o processamento, não sendo possível excluir totalmente esta hipótese sem repetições adicionais. Os hidratos de carbono aumentaram de forma progressiva e consistente com o incremento da proporção de FBV, de 52,0% na formulação controlo a 64,1% na formulação F3, reflectindo directamente o elevado teor glucídico desta farinha e a consequente redução proporcional dos restantes macronutrientes na matriz global do pão. O teor de cinzas manteve-se relativamente estável entre formulações, com uma ligeira tendência crescente associada ao maior teor mineral da FBV.

A humidade dos pães diminuiu de forma consistente com o aumento da proporção de FBV, de 33,9% para 26,4%, resultado associado à menor capacidade de retenção de água da farinha de banana verde em comparação com a farinha de trigo, dado que esta última contém glúten, proteína com elevada capacidade intrínseca de hidratação. A redução da humidade pode influenciar directamente a textura percebida pelos consumidores, nomeadamente a firmeza e a sensação de secura no momento do consumo, o que poderá ter contribuído para as pontuações de textura mais moderadas observadas nas formulações com maior proporção de FBV, discutidas na secção seguinte.

3.4. Avaliação sensorial

O painel de avaliação sensorial foi constituído por 32 provadores, 53% do sexo masculino e 47% do sexo feminino, com idades compreendidas entre 14 e 34 anos, maioritariamente estudantes do ensino superior (56,25%) e do ensino médio (43,75%). Os resultados da análise de variância para os quatro atributos sensoriais avaliados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados da avaliação hedónica por atributo e formulação (média $\pm$ desvio padrão; escala de 1 a 9 pontos)

Atributo	FC (460) 100% FT	F1 (144) 85%+15%	F2 (277) 75%+25%	F3 (325) 65%+35%
Cor	7,59 $\pm$ 1,56 a	6,06 $\pm$ 1,97 b	5,69 $\pm$ 1,91 b	4,81 $\pm$ 1,87 c
Sabor	7,09 $\pm$ 1,89 a	6,41 $\pm$ 1,76 a	5,72 $\pm$ 1,59 b	4,34 $\pm$ 2,16 c
Textura	7,41 $\pm$ 1,32 a	6,44 $\pm$ 2,05 a	5,28 $\pm$ 2,16 b	4,66 $\pm$ 2,28 b
Aparência	8,12 $\pm$ 1,18 a	6,50 $\pm$ 1,83 b	6,41 $\pm$ 2,08 b	4,34 $\pm$ 2,12 c

Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa entre formulações (teste de Tukey, $p < 0,05$). ANOVA por atributo: cor $F(3,124) = 8,02$; sabor $F(3,124) = 14,11$; textura $F(3,124) = 11,83$; aparência $F(3,124) = 18,71$ (todos $p < 0,001$).

Cor

A formulação controlo obteve a pontuação mais elevada em cor (7,59 $\pm$ 1,56), seguida decrescentemente pelas formulações F1, F2 e F3. A análise de variância revelou diferença significativa entre formulações ($p < 0,001$), com a F3 a diferir significativamente de todas as restantes. O escurecimento progressivo do miolo e da crosta com o aumento da proporção de FBV é um fenómeno amplamente reportado na literatura para pães com farinha de banana, estando associado à presença de compostos fenólicos residuais e à intensificação das reacções de Maillard promovidas pelo maior teor de açúcares redutores da banana verde. Na formulação F3, os provadores reportaram informalmente a presença de miolo de coloração visivelmente mais escura, o que contribuiu negativamente para a aceitação global deste atributo específico.

Sabor

As pontuações de sabor seguiram a mesma tendência decrescente, da formulação controlo até à F3, com diferença estatisticamente significativa entre formulações ($p < 0,001$). A formulação F3 foi descrita informalmente pelos provadores como apresentando um sabor ligeiramente amargo, característico da presença residual de compostos fenólicos da banana verde e da adstringência associada a taninos condensados presentes na polpa ainda não madura. A formulação F1, com 15% de FBV, apresentou pontuação de sabor satisfatória, não diferindo significativamente do controlo neste atributo específico, o que indica que a substituição a este nível não compromete de forma perceptível a percepção geral de sabor pelo consumidor.

Textura

No atributo textura, a formulação controlo e a F1 não diferiram significativamente entre si, ao passo que as formulações F2 e F3, também não diferindo entre si, situaram-se significativamente abaixo das duas primeiras, sugerindo que é a partir de aproximadamente 25% de substituição que o impacto negativo sobre a textura percebida se torna claramente

relevante para o consumidor. A maior firmeza e a sensação de secura percebidas nas formulações com maior proporção de FBV estão provavelmente relacionadas com a menor capacidade de retenção de água desta farinha e com a diluição progressiva da rede de glúten, que compromete a estrutura alveolar característica do miolo de pão.

Aparência

A aparência foi o atributo com maior poder de discriminação entre formulações ($p < 0,001$). A formulação controlo obteve a pontuação mais elevada, seguida da F1 e da F2, que não diferiram significativamente entre si, enquanto a F3 recebeu a pontuação mais baixa, diferindo significativamente de todas as restantes, em resultado da coloração mais escura da crosta e do aspecto geral menos apelativo do miolo nesta formulação. A proximidade entre F1 e F2 neste atributo específico sugere que, até 25% de substituição, o impacto visual exterior global do pão é relativamente semelhante, ainda que a percepção de cor do miolo, avaliada separadamente, já distinga claramente as formulações entre si.

De acordo com o critério de aceitabilidade convencional, que estabelece um índice de aceitabilidade (IA) igual ou superior a 70% como limiar mínimo, a formulação F1 superou este limiar no sabor (71,2%) e na textura (71,5%), ficando muito próxima dele na aparência (72,2%) e apenas ligeiramente abaixo na cor (67,4%), pelo que pode ser considerada globalmente aceitável pelo painel de consumidores. As formulações F2 e F3 não atingiram o limiar de aceitabilidade na maioria dos atributos avaliados, em particular no sabor e na textura, indicando que estes níveis de substituição comprometem de forma mais relevante a experiência sensorial global do consumidor. O resultado global confirma que o nível de substituição de 15% representa, para as condições testadas neste estudo, o limite adequado para a incorporação de farinha de banana verde em pão sem comprometer significativamente a sua aceitação.

1. 4. Conclusões

O presente estudo demonstrou que a substituição parcial de farinha de trigo por farinha de banana verde na elaboração de pão é tecnologicamente viável e sensorialmente aceitável até ao nível de 15% de incorporação, utilizando um processo de obtenção da farinha simples, de baixo custo e tecnicamente acessível a pequenas unidades de processamento comunitário.

A farinha de banana verde distinguiu-se claramente da farinha de trigo por apresentar maior teor de hidratos de carbono, incluindo uma fracção relevante de amido resistente com potencial benefício metabólico, maior teor de cinzas, e menor teor de proteínas, lípidos e humidade. O rendimento de processamento de 33% obtido para a FBV confirma a viabilidade técnica do processo de secagem e moagem adoptado, ainda que ligeiramente inferior aos valores de referência da literatura, sugerindo margem para optimização adicional das condições de secagem em trabalhos futuros.

Nos pães, a incorporação progressiva de FBV resultou em redução gradual e consistente do teor de proteínas e lípidos, e num aumento correspondente dos hidratos de carbono e,

discretamente, dos minerais. O escurecimento do miolo e da crosta com o aumento da proporção de FBV, resultante da presença de compostos fenólicos e da intensificação das reacções de Maillard, foi identificado como o principal factor condicionante da aceitação sensorial das formulações com maior teor de banana, sobretudo nos atributos de cor e aparência.

A análise sensorial confirmou que, entre as formulações com farinha de banana verde testadas, a F1, com 15% de FBV, foi a mais bem aceite pelos provadores, não diferindo significativamente do controlo no sabor e na textura, e atingindo ou aproximando-se do limiar de aceitabilidade de 70% em três dos quatro atributos avaliados. As formulações com 25% e 35% de FBV apresentaram menor aceitação global, sobretudo devido à adstringência e ao amargor no sabor e à firmeza excessiva na textura, não atingindo o limiar mínimo de aceitabilidade na maioria dos atributos avaliados.

Em síntese, a substituição de até 15% da farinha de trigo por farinha de banana verde é recomendada como nível óptimo de incorporação para o contexto deste estudo, permitindo valorizar a produção local de banana, reduzir perdas pós-colheita significativas ao longo da cadeia de valor, e diversificar os ingredientes disponíveis para a panificação em Moçambique. Estudos futuros deverão abordar o impacto de tratamentos tecnológicos complementares, como a pré-gelatinização parcial ou a inactivação enzimática da polifenoloxidase, na redução do escurecimento e da adstringência, quantificar directamente o teor de amido resistente e de compostos fenólicos totais da farinha e do pão resultante, avaliar a vida útil microbiológica dos produtos formulados, e realizar ensaios de aceitabilidade com consumidores mais representativos do mercado-alvo nacional.

Referências Bibliográficas

- Alemu, T. T., & Kuyu, C. G. (2025). Review on the role of soybean and cassava root flours in enhancing the nutritional value, antioxidant capacity, anti-nutritional factors reduction, and sensory properties of wheat flour-based bread. *Discover Food*, 6(1), 49. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00763-2>
- Bashmil, Y. M., Bekes, F., Ruderman, M., Suleria, H. A. R., Appels, R., & Dunshea, F. R. (2025). The physicochemical and rheological properties of green banana flour-wheat flour bread substitutions. *Plants*, 14(2), 207. <https://doi.org/10.3390/plants14020207>
- Instituto Adolfo Lutz [IAL]. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos* (4.^a ed.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Mashau, M. E., Maluleke, N., Mufamadi, H., & Ramashia, S. E. (2024). Physical and textural properties and sensory acceptability of wheat bread partially incorporated with unripe non-commercial banana cultivars. *Open Agriculture*, 9(1), 20220348. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0348>
- Massingue Júnior, A. A., Machalela, A. A., Djedje, F. N., & Nanelo, R. F. (2023). Physico-chemical and sensory characterization of bread based on green banana (*Musa* spp.) flour. *Universal Journal of Food Science and Technology*, 1(1), 56–70. <https://doi.org/10.31586/ujfst.2023.817>
- Munir, H., Alam, H., Nadeem, M. T., Almalki, R. S., Arshad, M. S., & Suleria, H. A. R. (2024). Green banana resistant starch: A promising potential as functional ingredient against certain maladies. *Food Science & Nutrition*, 12(6), 3787–3805. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4063>
- Teixeira, E., Meinert, E., & Barbetta, P. A. (1987). *Análise sensorial de alimentos*. Florianópolis: Editora da UFSC.
- Thakaeng, P., Boonloom, T., & Rawdkuen, S. (2021). Physicochemical properties of bread partially substituted with unripe green banana (*Cavendish* spp.) flour. *Molecules*, 26(7), 2070. <https://doi.org/10.3390/molecules26072070>
-