

Estudo exploratório sobre a elaboração e avaliação de pães de forma com fermentação natural e adição de polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart.)

An exploratory study about the preparation and evaluation of sourdough breads with araticum pulp (*Annona crassiflora* Mart.)

Estudio exploratorio sobre la preparación y evaluación de panes con fermentación natural y adición de pulpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart.)

Recebido: 31/08/2020 | Revisado: 11/09/2020 | Aceito: 13/09/2020 | Publicado: 14/09/2020

Nathalia de Andrade Neves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6936-2171>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: nathalia.neves@ufvjm.edu.br

Paula Thamara Goecking Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4950-2397>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: paulatgoecking@gmail.com

Marcio Schmiele

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8830-1710>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: marcio.sc@ict.ufvjm.edu.br

Resumo

A preocupação dos consumidores por produtos alimentícios mais saudáveis cresce cada dia mais. Sendo assim, é extremamente desafiador para a indústria de alimentos encontrar maneiras de satisfazer esse novo nicho de mercado, por meio de novos processos e produtos que utilizem menos ou eliminam os aditivos químicos e que ao mesmo tempo possuam melhores características nutricionais. Os pães estão entre os produtos de panificação mais consumidos mundialmente. Originalmente eram produzidos por fermentação natural, um processo capaz de fornecer mais sabor e aroma ao produto e aumentar o tempo de conservação. Este trabalho teve por objetivo avaliar a produção e aplicação da fermentação natural na elaboração de pães de forma com adição de polpa de araticum. O fermento natural foi avaliado quanto à contagem de bactérias lácticas e pH. Os pães foram avaliados em relação

ao volume específico, à cor instrumental, à atividade de água, à umidade, à textura instrumental, ao pH e acidez total titulável, à capacidade antioxidante, à avaliação de imagem das fatias e às propriedades sensoriais. Os resultados foram avaliados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) e comparação de médias (teste de Tukey HSD) com confiabilidade de 95 %. Os pães com fermentação natural e adição de polpa de araticum demonstraram ter menor volume específico e maiores firmeza, capacidade antioxidante e aceitação sensorial pelos consumidores, quando comparados à formulação padrão. Os resultados sugerem que a fermentação natural é uma tecnologia promissora para ser utilizada resultando em um produto comercialmente viável.

Palavras-chave: Massa ácida; Ácido láctico; Fruto do cerrado; Panificação.

Abstract

The concern of consumers for healthier food products grows more and more. Therefore, it is extremely challenging for the food industry to find ways to satisfy this new market niche through new processes and products that use less or anyone chemical additives and at the same time have better nutritional characteristics. Breads are among the most consumed bakery products worldwide. Originally, they were produced by natural fermentation, a process capable of providing more flavor and increasing its shelf life. The aim of this work was to evaluate the production of sourdough breads with a Brazilian natural fruit pulp, called araticum. Natural starter was evaluated for lactic acid bacteria count and pH. The breads were evaluated regarding specific volume, instrumental color, water activity, moisture content, instrumental texture, antioxidant capacity, pH and total titratable acidity, slices images and sensory properties. The results were statistically evaluated by analysis of variance (ANOVA) and comparison of means (HSD Tukey test) with 95 % of confidence. The sourdough breads with araticum fruit pulp showed a lower specific volume and higher crumb firmness, antioxidant activity and acceptance by the consumers, when compared to the standard formulation. These results suggest that natural fermentation is a promising technology to be used, resulting in a commercially viable product.

Keywords: Sourdough; Lactic acid; Cerrado fruit; Bread making.

Resumen

Con la creciente preocupación de los consumidores en obtener productos saludables, la industria debe encontrar formas de satisfacer este nuevo nicho de mercado por medio de nuevos procesos y productos que utilizan menos aditivos y tengan mejores características

nutricionales. Los panes son uno de los productos más consumidos en todo el mundo, producidos originalmente con la fermentación natural, un proceso capaz de proporcionar más sabor y aroma al producto y aumentar su vida útil. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la producción y aplicación de fermentación natural en la preparación de panes con la adición de pulpa de araticum. La levadura natural fue evaluada por la puntuación de las bacterias lácticas y el pH. Los panes fueron evaluados por volumen específico, color instrumental, actividad del agua, humedad, textura instrumental, pH y acidez titulable total, capacidad antioxidante, los cortes fueron evaluados por imagen y fue realizada la evaluación sensorial. Los resultados se evaluaron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (prueba de Tukey HSD) con un 95 % de fiabilidad. Se demostró que los panes con fermentación natural y adición de pulpa de fruta tienen menor volumen, mayor firmeza, mayor actividad antioxidante y la aceptación del consumidor fue similar a la formulación estándar. Estos resultados sugieren que esta es una tecnología prometedora para ser utilizada y un producto comercialmente viable.

Palabras clave: Masa ácida; Ácido láctico; Fruto del Cerrado; Panificación.

1. Introdução

O consumo de grãos na forma de farinhas é tão remoto quanto a alimentação humana. Vestígios arqueológicos apontam que a cerca de 12 mil anos o pão já era consumido na Mesopotâmia, região do atual Iraque. No entanto, a elaboração do produto mais parecido com o consumido atualmente é atribuída aos egípcios, os quais foram a primeira civilização a utilizar o processo de fermentação e assamento, por volta de 3.000 a.C. (Pomeranz, 1987). O pão esteve presente ao longo de toda a história, em diversos povos e nos cinco continentes, sendo tão tradicional que a palavra “pão” é frequentemente utilizada como sinônimo de “alimento”.

Nos últimos anos observou-se o aumento da demanda por alimentos processados e prontos para o consumo em razão da praticidade e da gama de opções oferecidas pela indústria alimentícia. No entanto, tais alimentos possuem em sua composição alguns aditivos químicos que desempenham funções específicas como corantes, aromatizantes, conservantes, oxidantes, dentre outros. A ingestão de aditivos alimentares passa então a ser considerada para muitos, um problema. São atribuídos aos aditivos químicos alguns malefícios à saúde, tais como o aumento da incidência de alergias e o aumento da ocorrência de pessoas com quadros de transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (Teles & Polônio, 2016). Dessa

forma, observa-se uma nova tendência à mudança dos hábitos alimentares, com a procura por alimentos naturais, frescos, orgânicos ou até mesmo com propriedades funcionais que possam trazer algum benefício à saúde. No entanto, a praticidade ainda é um desejo dos consumidores, cabendo à indústria de alimentos, a adequação dos seus produtos e processos para atender a essas novas exigências.

Dentro dessa perspectiva de produção de alimentos industrializados com o mínimo de aditivos químicos, especificamente na área de panificação, algumas tecnologias são apontadas como promissoras, dentre estas, a utilização de massas ácidas, a partir de fermentação espontânea e a utilização de frutos e seus coprodutos nas massas.

A tecnologia de obtenção de pães com massa ácida é tão antiga quanto à arte de panificação, na qual a massa é submetida a fermentação espontânea realizada por leveduras e bactérias lácticas (Vrancken, Rimaux, De Vuyst, & Leroy, 2008). No entanto, na modernidade, esse processo foi substituído pelo emprego de diferentes tecnologias que visam a alta produtividade em processos que reduzem os longos períodos de fermentação. No entanto, é de conhecimento técnico e científico que durante os maiores tempos de fermentação obtém-se produtos com melhores propriedades sensoriais em função dos metabólitos secundários produzidos pelos micro-organismos e/ou pela reação entre os componentes químicos presentes dentro da massa durante a fase de mistura, fermentação e forneamento.

A preparação da massa ácida é realizada a partir da mistura de água e farinha que, ao longo de um tempo pré-determinado, é fermentada por bactérias lácticas e acéticas, aumentando a concentração de ácidos orgânicos oriundos do seu metabolismo. Nessa massa, formada por um ecossistema complexo, as bactérias lácticas são os organismos dominantes, que coexistem com outras bactérias e leveduras (Sakandar et al., 2019). Essa tecnologia resulta em pães com sabor e textura desejáveis, menor necessidade de utilização de conservantes químicos e com melhores características nutricionais e funcionais (Gänzle & Ripari, 2016). A utilização de fermentação natural tem sido apontada como a grande tendência do mercado, tanto europeu quanto brasileiro (Abip, 2020).

A utilização de frutas na elaboração de pães é uma forma de incrementar os teores de ácido ascórbico, fibras alimentares e compostos bioativos aos produtos. Dentre estes, o ácido ascórbico é importante do ponto de vista tecnológico, por atuar no fortalecimento da rede de glúten e contribuir para a textura e estrutura dos pães. O incremento desse ou outros antioxidantes pelas frutas evitam a utilização de agentes químicos, como a azodicarbonamida (Cauvain, 2015).

O araticum (*Annona crassiflora* Mart.), conhecido também como marolo ou panã, é um fruto típico do Cerrado brasileiro, adaptado a áreas secas e arenosas e pertencente à família *Annonaceae*. Popular nas regiões de ocorrência, possui características sensoriais apreciadas pela população. Além das características nutricionais, como presença de fibras alimentares, carotenoides, vitaminas A e E, ácido ascórbico e folato (Reis & Schmiele, 2019; Soares, Melo, Oliveira, Souza, & Schmiele, 2017), o fruto também é conhecido por suas propriedades medicinais, como atividade antimicrobiana, antitumoral e antirreumática (Arruda, Pereira, & Pastore, 2018). No entanto, com produção baseada somente no extrativismo, o fruto possui baixo valor comercial e poucas possibilidades de consumo, estando restrito somente ao local de ocorrência.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo o estudo da viabilidade de utilização da tecnologia de fermentação natural (massa ácida) na elaboração de pães com acréscimo de polpa de araticum.

2. Metodologia

Matéria-prima

Para a elaboração dos pães foram utilizados farinha de trigo refinada, farinha de trigo integral reconstituída, sacarose, cloreto de sódio, leite em pó integral e gordura vegetal hidrogenada, adquiridos no comércio local.

Os frutos de araticum, provenientes de extrativismo, foram adquiridos comercialmente na cidade de Diamantina/MG. Os frutos foram triturados integralmente (casca, polpa e semente) e congelados a -18 °C até o momento da sua utilização. A pesquisa foi cadastrada sob número A5C29C1 no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) do Ministério do Meio Ambiente da República Federativa do Brasil.

Elaboração da massa ácida

O preparo das massas ácidas foi realizado de acordo com Minervini et al. (2010), sendo empregada a massa ácida do tipo II. Foram preparadas quatro massas, duas integrais e duas refinadas, para as quais a composição está apresentada na Tabela 1. As massas foram incubadas a 28±1 °C por 16 dias com umidade relativa acima de 80 %, sendo alimentadas a

cada 24 horas. Na etapa da alimentação diária, metade da massa foi retirada e recomposta pelos ingredientes da massa ácida, exceto o fermento biológico.

Tabela 1. Ingredientes utilizados para o preparo das massas ácidas elaboradas e utilizadas como inóculos para a fermentação natural.

Ingredientes (gramas)	Refinada		Integral	
	Padrão	Acrescida de polpa	Padrão	Acrescida de polpa
Farinha de trigo	200	200	174	174
Farelo de trigo	-	-	18	18
Gérmen de trigo	-	-	8	8
Água filtrada	120	120	120	120
Fermento biológico instantâneo	2	2	2	2
Polpa de araticum	-	8	-	8

Fonte: Autores.

Elaboração dos pães

Os testes foram realizados por meio do preparo de seis diferentes formulações de pães, sendo: i) padrão integral, ii) integral com massa ácida, iii) integral com massa ácida e araticum, iv) padrão refinado, (v) refinado com massa ácida e (vi) refinado com massa ácida e araticum. As formulações padrões foram elaboradas sem a utilização de massa ácida, seguindo os métodos convencionais de preparo.

Os pães foram elaborados de acordo com método de massa direta modificado, descrito por Schmiele et al. (2012). Os ingredientes secos foram adicionados em uma masseira e misturados por um minuto para a homogeneização, sendo em seguida adicionada da massa ácida e de água filtrada. A massa foi misturada em alta velocidade até o completo desenvolvimento da rede de glúten, sendo a adição da água realizada à medida da necessidade para obter-se a viscosidade desejada (observada visualmente e pelo tato do operador) e após, seguiu-se a adição da gordura vegetal hidrogenada e a mistura procedeu-se até o total desenvolvimento da rede de glúten, observado através do desenvolvimento do ponto de véu.

Posteriormente ao completo desenvolvimento da rede de glúten, as massas foram divididas em porções de 400 gramas, boleadas, modeladas e colocadas em formas de alumínio

previamente untadas. Em seguida, as massas foram fermentadas a 32 ± 3 °C até o início da perda da resiliência (verificada manualmente). Depois de fermentados, os pães foram forneados a 160 °C por aproximadamente 30 minutos, resfriados à temperatura ambiente, embalados em sacos de polietileno de baixa densidade e estocados a temperatura ambiente até o momento das análises. As formulações foram elaboradas a partir dos ingredientes relacionados na Tabela 2.

Tabela 2. Ingredientes utilizados para a formulação dos pães de forma elaborados com fermentação natural e acrescidos de polpa de araticum.

Ingredientes (% em base de farinha)	Padrão	Massa ácida	Massa ácida e polpa
Farinha de trigo integral reconstituída ou refinada	100	90	80
Sacarose	4	4	4
Gordura vegetal hidrogenada	4	4	4
Leite em pó integral	4	4	4
Cloreto de sódio	1,8	1,8	1,8
Fermento biológico instantâneo	1,6	0,2	0,2
Água filtrada		De acordo com a necessidade	
Massa ácida*	-	10	10
Polpa de araticum*	-	-	10

O somatório das quantidades de farinha integral reconstituída, farinha refinada, massa ácida (em base farinha) e polpa de araticum foram mantidas constantes.

Fonte: Autores.

A quantidade de fermento biológico utilizado foi de 0,2 % como cultura starter para os ensaios com massa ácida, de acordo com recomendação internacional pelo Decreto nº 93-1074, de 13 de setembro de 1993 (France, 1993), o qual determina o limite máximo de até 0,2 % de fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*) na elaboração de produtos de panificação que contenham massas naturalmente fermentadas.

Avaliação da massa ácida e dos pães

As massas ácidas obtidas ao final dos 16 dias de alimentação periódica foram avaliadas quando ao pH e à contagem de bactérias lácticas. Os pães foram avaliados 24 horas após o processamento em relação ao volume específico, à cor instrumental do miolo e da crosta, à atividade de água do miolo e da crosta, à umidade do miolo e da crosta, à textura instrumental, ao pH, acidez titulável total do miolo e da crosta e à avaliação de imagem das fatias. Todas as avaliações foram realizadas em triplicata, com exceção da textura instrumental, a qual foi avaliada em oito repetições.

O volume específico foi determinado conforme método 10-05.01 (AACCI, 2010) por meio do método de deslocamento de sementes de painço. A massa dos pães foi obtida em balança semi-analítica (Exacta Bioscale BL-3200 AS) e o volume do painço deslocado foi aferido em provetas de 1000 mL. O cálculo do volume específico foi feito conforme a equação a seguir:

$$VE = \frac{V}{M} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

VE = volume específico (mL/g);

V = volume de sementes de painço deslocado (mL);

M = massa do pão (g).

A cor instrumental dos pães foi avaliada segundo a metodologia descrita por Ortolan et al. (2015). Utilizou-se Espectrofotômetro CM-5 (Konica Minolta, Osaka, Japão), nas seguintes condições de teste: iluminante D65 e ângulo de visão de 10°. A diferença da cor dos pães (ΔE^*), em relação ao padrão, foi calculada a partir da seguinte equação:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

ΔE = variação total de cor;

ΔL = variação do parâmetro L^* (luminosidade);

Δa = variação do parâmetro a^* ;

Δb = variação do parâmetro b^* .

A umidade da crosta e do miolo foi avaliada por secagem em estufa com circulação forçada de ar em dois estágios, conforme o método 44.15.02 (AACCI, 2010). As amostras de pães, previamente trituradas e pesadas em placas de petri previamente taradas, foram levadas à estufa a 130 °C até obter peso constante. No primeiro estágio as amostras foram dispostas sob a superfície aquecida da estufa (na parte externa superior) e deixadas durante a noite (*overnight*). Após esta etapa, as amostras foram dispostas dentro da estufa e desidratadas por mais 2 horas para completar o processo de secagem. A diferença de massa antes e após a secagem determina a quantidade de água presente na amostra.

A determinação da atividade de água foi feita por medida direta das amostras em higrômetro Aqualab (Decagpn, 4TE Duo, Pullman, Estados Unidos) (Ishida e Steel, 2014).

A textura instrumental dos pães foi avaliada em Texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Haslemere, Inglaterra) com plataforma HDP/90, e probe cilíndrica P36, analisando-se a firmeza, através do método 74-09.01 (AACCI, 2010). Os parâmetros de análise foram: velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,7, 1,7 e 10,0 mm/s, respectivamente, 40 % de compressão da amostra e limiar de detecção de 0,049N.

Os parâmetros de pH e acidez titulável total foram avaliados pelos métodos de leitura em pHmetro digital AC-100 (MS Tecnoyon, Piracicaba, Brasil) (Instituto Adolfo Lutz, 2008) e titulação com NaOH 0,1N utilizando a fenolftaleína como indicador (AOCS, 2004), respectivamente.

Três fatias de cada formulação foram digitalizadas e as imagens avaliadas através do software Image J, quantificando-se a área dos alvéolos, a porcentagem de ar, expressa pela razão entre a área alveolar e a área total, o perímetro alveolar, a circularidade, o número de alvéolos e o tamanho médio dos alvéolos, conforme metodologia proposta por Oliveira, Rosell, & Steel (2015), com adaptações desenvolvidas por Tasiguano, Villarreal, Schmiele, & Vernaza, (2019).

A capacidade antioxidante dos pães foi determinada por meio do método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity), conforme descrito por Dávalos, Gómez-Cordovés, & Bartolomé, (2004).

Contagem de bactérias lácticas da massa ácida

A contagem das bactérias lácticas nas massas foi realizada conforme metodologia descrita por Aplevicz, Mazo, Ilha, Dinon, & Sant'Anna (2014). Asepticamente, 25 g da massa ácida foram diluídas em 225 mL de água peptonada. A partir dessa diluição, foram

realizadas subsequentes diluições (10^{-1} a 10^{-9}) e, de cada diluição, foi retirada uma alíquota de 1mL que foi plaqueada, utilizando o método *pour plate*, em ágar MRS (Neogen 7543, Estados Unidos). As placas foram incubadas em estufa a 30 °C em condições anaeróbicas por 48 horas, ao final das quais houve a contagem das unidades formadoras de colônia.

Análise sensorial

A análise sensorial, com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 71697717.5.0000.5108), foi realizada mediante o teste de aceitação, por 100 provadores não treinados, segundo metodologia descrita por Minim (2013). O procedimento foi realizado através do uso de escala hedônica estruturada de nove pontos da seguinte forma: (9) gostei extremamente, (8) gostei muito, (7) gostei moderadamente, (6) gostei ligeiramente, (5) nem gostei nem desgostei, (4) desgostei ligeiramente, (3) desgostei moderadamente, (2) desgostei muito, (1) desgostei extremamente, para os atributos: aparência, cor, aroma, sabor, textura e impressão global. A intenção de compra dos julgadores frente ao produto foi avaliada através de escala hedônica estruturada de cinco pontos, onde: (5) certamente compraria, (4) provavelmente compraria, (3) tenho dúvida se compraria ou não, (2) provavelmente não compraria, (1) certamente não compraria.

Análises estatísticas

Os dados obtidos foram avaliados por análise variância (ANOVA) e comparação de médias através de teste de Tukey HSD, com nível de confiança de 95 %. Os dados obtidos na análise sensorial foram analisados como delineamento em blocos casualizados, onde cada provador foi considerado um bloco, submetidos à ANOVA e teste de Tukey HSD ($p < 0,05$). Os dados da análise sensorial também foram submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA). Todas as análises foram executadas por meio do software R Studio, versão 1.1.463.

3. Resultados e Discussão

Caracterização da massa ácida

Após 16 dias fermentando e sendo alimentadas diariamente, as massas ácidas apresentaram coloração, aparência e odor característicos, não sendo detectadas sensorialmente alterações microbiológicas indesejáveis. As características das massas ácidas estão descritas na Tabela 3.

Os valores de pH encontrados para as massas ácidas (Tabela 3) demonstram que houve uma eficiente produção de ácidos orgânicos pelas bactérias lácticas e demais micro-organismos fermentadores presentes. Nas massas integrais, houve uma pequena diferença entre os valores encontrados, no entanto, para as massas refinadas, essa diferença se tornou maior, sendo que a massa sem adição de polpa de araticum obteve valores menores.

Tabela 3. Caracterização das massas ácidas, com e sem adição de araticum, utilizadas como inóculos para a elaboração dos pães de forma.

Amostra	pH da massa	Contagem de bactérias lácticas (UFC/g)
mIMA	3,95 ± 0,01 ^a	1,61 ± 0,39.10 ^{8b}
mIMAA	3,94 ± 0,01 ^b	3,27 ± 1,25.10 ^{8a}
mRMA	3,75 ± 0,01 ^b	1,51 ± 0,49.10 ^{8a}
mRMAA	3,91 ± 0,01 ^a	0,79 ± 0,20.10 ^{8b}

mIMA- massa ácida de farinha integral; mIMAA – massa ácida de farinha integral com adição de polpa de araticum; mRMA- massa ácida de farinha refinada; mRMAA- massa ácida de farinha refinada com adição de polpa de araticum. Em uma mesma coluna, letras diferentes significam diferenças estatisticamente significantes (teste de Tukey HSD, 95 % de confiabilidade), para o mesmo tipo de farinha utilizada.

Fonte: Autores.

Esse fato indica que, embora a adição da polpa cause uma queda no valor de pH, pela presença dos ácidos orgânicos naturais da fruta, na massa somente com farinha refinada, houve uma síntese de ácidos orgânicos mais eficiente. As farinhas integrais são caracterizadas pela presença dos componentes do pericarpo composto principalmente por minerais e fibras alimentares. Os minerais apresentam efeito tamponante sobre as alterações de pH, sendo responsável pela menor variação de pH entre as amostras integrais e refinadas. Este argumento é favorecido pela contagem de bactérias lácticas, onde a massa ácida com adição de

polpa apresentou menor contagem de unidades formadoras de colônia. Ainda em relação à contagem de bactérias lácticas, é possível perceber que, embora os dados apresentados estejam nas mesmas unidades logarítmicas, a adição de araticum favoreceu o crescimento microbiano para os pães integrais e desfavoreceu para os refinados. Um possível fato que justificaria esse resultado é a maior concentração de nutrientes nos pães integrais, que podem favorecer o desenvolvimento daqueles micro-organismos naturalmente presentes na polpa do fruto.

Caracterização dos pães obtidos

Na Tabela 4 estão apresentadas as características tecnológicas dos pães obtidos. É notório que as massas de panificação adicionadas de massas ácidas apresentaram valores de pH menores que as respectivas massas padrão. A adição de polpa de araticum contribuiu para a elevação da acidez, obtendo diferenças estatísticas entre as massas elaboradas com massa ácida e massa ácida e polpa. Menores valores de pH são esperados nas massas ácidas devido à presença de bactérias lácticas e outros micro-organismos, que produzem elevadas concentrações de ácido láctico dentre outros ácidos orgânicos. Sendo essa uma das principais características esperadas em massas com fermentação natural (Vrancken et al., 2008).

Tabela 4. Características tecnológicas de pães de forma elaborados com fermentação natural e adição de polpa de araticum.

Amostra	pH da massa	Volume específico dos pães (mL/g)	Firmeza do miolo (N)
Pães integrais			
PI	5,80 ± 0,01 ^a	2,40 ± 0,15 ^{ns}	6,30 ± 0,35 ^c
IMA	5,42 ± 0,01 ^b	2,08 ± 0,17 ^{ns}	10,81 ± 0,69 ^a
IMAA	5,24 ± 0,02 ^c	2,24 ± 0,05 ^{ns}	8,67 ± 0,91 ^b
Pães refinados			
PR	5,69 ± 0,01 ^a	3,95 ± 0,18 ^a	5,96 ± 0,56 ^b
RMA	5,37 ± 0,01 ^b	2,88 ± 0,26 ^b	5,25 ± 0,66 ^b
RMAA	5,34 ± 0,01 ^c	2,31 ± 0,07 ^c	11,52 ± 0,78 ^a

PI- pão integral padrão; IMA- pão integral elaborado com fermentação natural; IMAA- pão integral elaborado com fermentação natural e polpa de araticum; PR- pão refinado padrão; RMA- pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAA- pão refinado elaborado com fermentação natural e polpa de araticum. Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes sobrescritas, na mesma coluna, diferem entre si, considerando a comparação entre os pães integrais e entre os pães de farinha refinada, pelo teste de Tukey HSD a 95 % de confiabilidade; ns – não significativo.

Fonte: Autores.

Dentre os pães elaborados com farinha integral, não houve diferenças estatísticas entre os volumes específicos, indicando que a adoção de fermentação natural não alterou a capacidade de crescimentos das massas. No entanto, esse fato não é observado para os pães de farinha refinada, onde a adição de massa ácida e massa ácida e polpa ocasionou na sua diminuição. Considerando que o volume dos pães é proporcional ao conteúdo e à qualidade de proteínas formadoras da rede de glúten (Rocha & Santiago, 2009), em pães integrais, é natural que haja uma menor expansão da massa em função da quantidade de fibras alimentares, que acabam por diminuir proporcionalmente a quantidade de proteínas em função da diluição deste componente (Oliveira et al., 2020). Os pães integrais são caracterizados por possuir menor volume do que os elaborados a partir de farinha refinada, isso porque as fibras alimentares provenientes da fração do pericarpo do grão de trigo causam descontinuidade na rede de glúten, favorecendo o escape do CO₂ e levando a uma menor expansão. Além disso, as fibras, por possuírem alta capacidade de ligação com a água, reduz a sua disponibilidade para outros ingredientes, afetando a dureza, mastigabilidade e o volume dos pães (Jaekel, Schmiele, & Chang, 2020; Oliveira et al., 2020). Assim, nos pães integrais,

a adição de massa ácida não causou efeito aditivo à utilização de farinha integral sob o crescimento. Vale ressaltar que não houve uso de aditivos intencionais na elaboração dos pães. Todavia, para os pães de farinha refinada, observou-se um menor crescimento da massa adicionada de massa ácida, fato justificado pelo aumento da acidez e, conseqüentemente, diminuição da atividade microbiana durante o processo fermentativo. Outra justificativa possível seria a menor eficiência para a conversão do substrato (açúcar) em produto (CO₂) pelas bactérias e leveduras presentes na massa ácida em relação ao fermento comercial, preparado por leveduras *Sacharomyces cereviseae* selecionadas, bem como na diferença de inóculo inicial.

Para os pães integrais, a formulação padrão mostrou a menor firmeza, seguida pela massa ácida e araticum e massa ácida somente. Fato possivelmente atribuído à parcial solubilização e degradação da matriz polimérica da proteína e do amido e à menor liberação e/ou aprisionamento de gases durante a etapa de fermentação e na fase inicial do forneamento, denominado de salto de forno (*oven rise + oven spring*). Sendo que a utilização do araticum amenizou este fenômeno.

Entretanto, para os pães de farinha refinada, a formulação padrão e com massa ácida apresentaram firmezas semelhantes, enquanto o pão com massa ácida e araticum apresentou valores superiores. Nesse caso, dado a matriz do alimento, esse fenômeno ocorreu provavelmente devido à adição da polpa, que causou à massa efeito semelhante ao das fibras, de diminuição da concentração relativa das proteínas e aumento da dureza, resultando em um miolo de menor maciez, o que dificulta a expansão da massa durante a fermentação, deixando-a mais firme.

Na Tabela 5 estão expostos os valores encontrados para a acidez titulável, pH, atividade de água e umidade dos pães elaborados. Os valores encontrados para acidez total titulável e pH encontram-se coerentes com o esperado para as formulações estudadas, com uma tendência ao aumento da acidez e a diminuição do pH com a adição de massa ácida e massa ácida com polpa de araticum, dado a natureza ácida desses produtos.

Segundo Moraes et al. (2017), a polpa de araticum possui cerca de 0,30 g de ácidos orgânicos por 100 g de fruto, sobretudo de ácido málico. A concentração de ácidos orgânicos nos pães refletiu nos valores de pH apresentados, havendo uma coerência entre os resultados, para os quais os pães elaborados com massa ácida e polpa de araticum apresentaram os menos.

Tabela 5. Características tecnológicas das crostas e miolos dos pães de elaborados com fermentação natural e adição de polpa de araticum.

Amostra		Acidez			Umidade (%, m/m)
		titulável total (% de ácido lático, m/m)	pH	aw	
Pães integrais					
PI	Crosta	0,38 ± 0,03 ^{ab}	5,68 ± 0,03 ^a	0,9338 ± 0,0049 ^b	33,12 ± 1,20 ^b
	Miolo	0,33 ± 0,03 ^b	5,72 ± 0,03 ^a	0,9490 ± 0,0007 ^a	38,79 ± 0,28 ^a
IMA	Crosta	0,47 ± 0,07 ^a	5,13 ± 0,01 ^b	0,9306 ± 0,0064 ^b	34,31 ± 0,36 ^b
	Miolo	0,47 ± 0,07 ^a	5,09 ± 0,03 ^{bc}	0,9384 ± 0,0012 ^b	37,94 ± 0,04 ^a
IMAA	Crosta	0,45 ± 0,01 ^a	5,06 ± 0,01 ^{bc}	0,9050 ± 0,0009 ^c	29,43 ± 2,59 ^c
	Miolo	0,46 ± 0,01 ^a	5,04 ± 0,03 ^c	0,9316 ± 0,0012 ^b	38,56 ± 0,03 ^a
Pães refinados					
PR	Crosta	0,26 ± 0,01 ^{bc}	5,62 ± 0,03 ^b	0,9322 ± 0,0023 ^c	32,83 ± 0,15 ^b
	Miolo	0,23 ± 0,04 ^c	5,69 ± 0,03 ^a	0,9469 ± 0,0021 ^b	37,81 ± 0,15 ^a
RMA	Crosta	0,30 ± 0,02 ^{ab}	5,18 ± 0,02 ^d	0,9271 ± 0,0057 ^c	28,74 ± 0,10 ^c
	Miolo	0,29 ± 0,02 ^{abc}	5,25 ± 0,03 ^c	0,9688 ± 0,0017 ^a	35,29 ± 0,04 ^b
RMAA	Crosta	0,34 ± 0,01 ^a	5,18 ± 0,01 ^d	0,9067 ± 0,0013 ^d	32,31 ± 2,79 ^b
	Miolo	0,33 ± 0,02 ^{ab}	5,23 ± 0,01 ^{cd}	0,9301 ± 0,0014 ^c	37,99 ± 0,11 ^a

PI- pão integral padrão; IMA- pão integral elaborado com fermentação natural; IMAA- pão integral elaborado com fermentação natural e araticum; PR- pão refinado padrão; RMA- pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAA- pão refinado elaborado com fermentação natural e araticum. Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas sobrescritas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si, considerando a comparação entre os pães integrais e entre os pães de farinha refinada, pelo teste de Tukey HSD a 95 % de confiabilidade.

Fonte: Autores.

Quanto à atividade de água e umidade, não foi encontrada nenhuma tendência para justificar a diferença entre os valores encontrados. Esse fato pode ser atribuído às variações de distribuição de temperatura no forno, tempo de forneamento e ajuste da quantidade de água adicionada na massa. Os valores de atividade de água foram todos superiores a 0,90, o que não assegura a estabilidade do produto ao armazenamento, estando susceptíveis ao crescimento microbiano. Tais valores são condizentes com a atividade de água comumente encontradas em pães de forma (Gragnani, 2010).

Os pães são considerados alimentos com alta atividade de água, justificando o curto

tempo de prateleira e a susceptibilidade ao crescimento microbiano, principalmente fungos. No entanto, ficou evidente que as crostas apresentaram menores valores de atividade de água e de umidade em relação ao miolo. Este resultado é atribuído pela maior exposição da crosta ao ambiente a alta temperatura do forno, sendo que o miolo atinge aproximadamente 94°C durante o forneamento. Como a análise foi realizada em 24 horas após o forneamento, não houve tempo suficiente para que ocorresse a migração da água do miolo para a crosta, de forma a atingir o equilíbrio hídrico. Evento este, que ocorre anteriormente a sinérese e a retrogradação do amido, em consequência da perda de água para o ambiente.

A partir da análise da cor instrumental foi possível averiguar que a luminosidade dos pães tendeu a diminuir com a adição de massa ácida (Tabela 6). O que pode ser atribuído ao menor volume específico desses pães. Na maioria das formulações, os miolos apresentaram coloração mais clara que as crostas, fato justificado pela maior temperatura alcançada pelo segundo e assim, maior susceptibilidade à reação de *Maillard*.

Para os parâmetros a^* e b^* não foram apresentadas tendências de incremento das tonalidades vermelha e amarela a partir das alterações nas formulações, embora todas as crostas apresentem valores superiores aos seus respectivos miolos. Fato comprovado pelo valor de delta E encontrado para os pães refinados, no qual os pães elaborados com massa ácida e massa ácida e araticum não apresentaram diferenças estatísticas entre si e possuem valores abaixo ou muito próximos a 3, valores esses que sugerem pequena variação de cor, imperceptível aos olhos humanos (Lima et al., 2019).

Tabela 6. Características de cor da crosta e miolo dos pães de araticum, obtidas por meio da análise de cor instrumental.

Amostra		L^*	a^*	b^*	Delta E
Pães integrais					
PI	Crosta	69,47 ± 0,61 ^a	5,17 ± 0,08 ^c	20,78 ± 0,30 ^a	-
	Miolo	69,36 ± 0,70 ^a	3,55 ± 0,27 ^d	18,35 ± 0,31 ^d	-
IMA	Crosta	66,73 ± 0,04 ^{ab}	6,17 ± 0,10 ^b	20,58 ± 0,41 ^{ab}	2,94 ± 0,88 ^b
	Miolo	68,22 ± 0,28 ^{ab}	5,32 ± 0,25 ^c	19,86 ± 0,13 ^{bc}	2,66 ± 0,34 ^b
IMAA	Crosta	64,15 ± 0,67 ^c	7,12 ± 0,40 ^a	20,92 ± 0,24 ^a	5,68 ± 1,34 ^a
	Miolo	68,13 ± 0,57 ^b	5,24 ± 0,17 ^c	19,50 ± 0,12 ^c	2,57 ± 0,64 ^b
Pães refinados					
PR	Crosta	74,04 ± 0,29 ^c	3,98 ± 0,27 ^a	20,55 ± 0,37 ^b	-
	Miolo	77,71 ± 0,64 ^a	0,52 ± 0,19 ^d	17,34 ± 0,51 ^d	-
RMA	Crosta	75,45 ± 0,81 ^b	1,87 ± 0,06 ^b	18,78 ± 0,52 ^c	3,14 ± 0,33 ^{ns}
	Miolo	75,57 ± 0,23 ^b	0,24 ± 0,04 ^d	16,50 ± 0,15 ^d	2,34 ± 0,81 ^{ns}
RMAA	Crosta	74,06 ± 0,27 ^c	4,49 ± 0,24 ^a	21,94 ± 0,22 ^a	1,49 ± 0,240 ^{ns}
	Miolo	78,33 ± 0,25 ^a	1,31 ± 0,25 ^c	19,48 ± 0,62 ^{bc}	3,03 ± 0,44 ^{ns}

PI - pão integral padrão; IMA - pão integral elaborado com fermentação natural; IMAA - pão integral elaborado com fermentação natural e araticum; PR - pão refinado padrão; RMA - pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAA - pão refinado elaborado com fermentação natural e araticum. Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas sobrescritas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si, para teste de Tukey HSD com 95 % de confiabilidade, considerando a comparação entre os pães integrais e entre os pães de farinha refinada. A variação visível de cor foi calculada em função da respectiva amostra padrão; ns – não significativo.

Fonte: Autores.

A análise das características da imagem das fatias (Tabela 7) permitiu verificar que para os pães integrais não houve diferenças nas características estudadas. Sendo assim, a adição de massa ácida e massa ácida e araticum não comprometeu a qualidade tecnológica do produto, sendo um indicativo de possível aceitação pelos consumidores nesse quesito e de menor alteração da textura e no volume específico.

No entanto, para os pães refinados, notou-se que a adição de massa ácida e massa ácida e polpa de araticum ocasionou em menores valores de área total, porcentagem de ar e perímetro e maior circularidade, indicando a menor incorporação de ar na massa, resultando em diminuição da expansão das células de gás durante a fermentação e no salto de forno

durante o forneamento, fato confirmado pelos menores volumes específicos alcançados por essas formulações e discutidos anteriormente.

Tabela 7. Características da análise de imagem das fatias apresentadas pelos pães elaborados.

Amostra	Nº de alvéolos	Tamanho	Área Total (cm ²)	% de ar	Perímetro	Circularidade
		médio dos alvéolos (mm ²)			dos alvéolos (mm ²)	
Pães integrais						
PI	264±26 ^{ns}	3,40 ±0,71 ^{ns}	8,87 ±0,91 ^{ns}	34,04 ±3,18 ^{ns}	0,78 ±0,14 ^{ns}	0,80 ±0,03 ^{ns}
IMA	261 ±16 ^{ns}	3,49± 0,24 ^{ns}	9,09 ±0,10 ^{ns}	34,91 ±0,38 ^{ns}	0,82 ±0,02 ^{ns}	0,79 ±0,01 ^{ns}
IMAA	277±31 ^{ns}	3,06± 0,70 ^{ns}	8,34 ±1,17 ^{ns}	32,03 ±4,50 ^{ns}	0,72 ±0,14 ^{ns}	0,81±0,02 ^{ns}
Pães refinados						
PR	248±11 ^{ns}	3,45± 0,09 ^a	8,54 ±0,27 ^a	32,81 ±1,05 ^a	0,79 ±0,02 ^a	0,79 ±0,01 ^{ns}
RMA	276±23 ^{ns}	1,60± 0,06 ^b	4,43 ±0,52 ^b	17,14 ±2,11 ^b	0,44 ±0,01 ^b	0,88 ±0,01 ^{ns}
RMAA	288±47 ^{ns}	1,84± 0,15 ^b	5,26 ±0,55 ^b	20,76 ±1,22 ^b	0,47 ±0,03 ^b	0,86 ±0,01 ^{ns}

PI - pão integral padrão; IMA - pão integral elaborado com fermentação natural; IMAA - pão integral elaborado com fermentação natural e araticum; PR - pão refinado padrão; RMA - pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAA - pão refinado elaborado com fermentação natural e araticum. Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas sobrescritas, na mesma coluna, diferem entre si, para teste de Tukey HSD com 95 % de confiabilidade, considerando a comparação entre os pães integrais e entre os pães de farinha refinada. ns – não significativo.

Fonte: Autores.

De modo geral, é esperado que pães de boa qualidade apresentem fatias bem aeradas, com grande quantidade de alvéolos, de tamanhos pequenos e distribuição uniforme. Ao passo que fatias endurecidas, com alvéolos deficientes estão relacionadas a baixo volume dos pães. A medida do perímetro está relacionada com a regularidade do contorno alveolar, de modo que maiores perímetros se associam a maior regularidade para uma mesma área. A circularidade é um indicador da simetria do alvéolo, sendo desejáveis alvéolos com valores mais distantes de um, que indicam a perfeita simetria alveolar alongada. A porcentagem de ar é um indicativo de quanto da fatia está ocupado por espaços vazios, sendo um referencial ao volume e à maciez do produto (Correa, 2012).

A capacidade antioxidante dos pães aumentou com a adição de massa ácida e massa ácida e araticum, exceto para os pães integrais (Tabela 8). Os pães integrais apresentaram valores superiores em relação aos pães refinados para esse parâmetro. A farinha integral possui em sua composição o gérmen e o pericarpo do trigo, que contém ácido ferúlico e

vitaminas do complexo B, tais como tiamina, riboflavina, niacina e ácido fólico (USDA, 2013), compostos estes, com reconhecida capacidade antioxidante.

Tabela 8. Capacidade antioxidante (método ORAC) de pães de forma elaborados com fermentação natural e acrescidos de polpa de araticum.

Pães integrais	Atividade antioxidante (μmol de Trolox/g)
I	$86,16 \pm 4,60^b$
IMA	$106,39 \pm 6,20^a$
IMAJ	$113,63 \pm 5,49^a$
Pães refinados	Atividade antioxidante (μmol de Trolox/g)
R	$52,04 \pm 3,49^c$
RMA	$72,90 \pm 3,85^b$
RMAJ	$90,02 \pm 7,22^a$

PI - pão integral padrão; IMA - pão integral elaborado com fermentação natural; IMAA - pão integral elaborado com fermentação natural e araticum; PR - pão refinado padrão; RMA - pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAA - pão refinado elaborado com fermentação natural e araticum. Média \pm desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas sobrescritas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si, para teste de Tukey HSD com 95 % de confiabilidade, considerando a comparação entre os pães integrais e entre os pães de farinha refinada.

Fonte: Autores.

Por sua vez, a utilização de fermentação natural altera a composição dos produtos de panificação, por aumentar os níveis de compostos bioativos ou alterar a sua biodisponibilidade, a depender do metabolismo dos micro-organismos envolvidos no processo de fermentação espontânea (Banu, Vasilean, & Aprodu, 2010).

O acréscimo da polpa de araticum contribuiu para o aumento da capacidade antioxidante dos pães devido à alta concentração de compostos dessa natureza presentes nos frutos, tais como carotenoides, vitaminas, conforme citado anteriormente. No entanto, para os pães refinados, o acréscimo de polpa resultou em menor efeito comparativo ao já ocasionado pela fermentação natural. Tais resultados sugerem que o emprego dessa tecnologia em panificação pode contribuir para o aumento a ingestão de alimentos com propriedades funcionais, fato de grande interesse de boa parte da população.

Os resultados da análise sensorial (Tabela 9) demonstraram que, de maneira geral, os pães foram bem aceitos pelos consumidores, recebendo notas acima de 70 % (6,3), limite estabelecido para uma amostra ser considerada aceita (Minim, 2013). A única nota que não alcançou esse valor foi o sabor do pão integral elaborado com massa ácida e araticum.

Para os pães integrais, não houve diferenças estatísticas para aparência, cor e textura, entre as três formulações. No entanto, para o aroma, sabor, impressão global e intenção de compra, o acréscimo de araticum resultou em menores notas.

Já os pães refinados receberam notas mais elevadas, havendo diferenças estatisticamente somente para o sabor, textura, impressão global e intenção de compra. O acréscimo de massa ácida e massa ácida e araticum resultou em texturas mais bem aceitas em pães refinados, enquanto o pão com apenas massa ácida alcançou melhor sabor, impressão global e intenção de compra.

O acréscimo de polpa de araticum aos pães pode ter levado à estranheza dos consumidores, os quais provavelmente apresentam memória sensorial de pães sem aplicação de frutos do cerrado, resultando em notas inferiores para esse parâmetro. Fato semelhante foi observado em trabalho com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de graviola (Lima et al., 2020), onde o aumento da substituição ocasionou em queda da aceitabilidade por parte dos consumidores. Nota-se ainda que o sabor é a característica determinante a intensidade de compra, com correlações entre as notas de 0,776 para os pães integrais e 0,714 para os refinados.

Outro fator de extrema importância é de que os pães refinados apresentaram valores maiores atribuídos pelos avaliadores. Embora o consumo de pães integrais esteja em expansão, o consumo de pães refinados ainda é maior. Em nosso experimento, as formulações de pães integrais não receberam aditivação com o objetivo de não mascarar o efeito da massa ácida e do araticum.

Tabela 9. Média das notas atribuídas em análise sensorial de pães elaborados com fermentação natural e adição de polpa de araticum.

Parâmetro	Pães integrais		
	Padrão	Massa ácida	Massa ácida e araticum
Aparência	7,83 ± 1,16 ^{ns}	7,57 ± 1,28 ^{ns}	7,60 ± 1,22 ^{ns}
Cor	7,67 ± 1,46 ^{ns}	7,53 ± 1,24 ^{ns}	7,52 ± 1,34 ^{ns}
Aroma	7,69 ± 1,47 ^a	7,12 ± 1,59 ^b	6,78 ± 2,20 ^b
Sabor	7,63 ± 1,39 ^a	7,07 ± 1,63 ^a	6,17 ± 2,36 ^b
Textura	7,92 ± 1,19 ^{ns}	6,82 ± 1,75 ^{ns}	7,41 ± 1,63 ^{ns}
Impressão global	7,77 ± 1,30 ^a	7,15 ± 1,44 ^b	6,71 ± 1,95 ^b
Intenção de compra	4,14 ± 0,93 ^a	3,71 ± 1,00 ^b	3,21 ± 1,42 ^c

Parâmetro	Pães refinados		
	Padrão	Massa ácida	Massa ácida e araticum
Aparência	8,06 ± 1,18 ^{ns}	8,18 ± 1,10 ^{ns}	7,87 ± 1,26 ^{ns}
Cor	8,04 ± 1,02 ^{ns}	8,12 ± 1,06 ^{ns}	7,80 ± 1,18 ^{ns}
Aroma	7,14 ± 1,62 ^{ns}	7,34 ± 1,39 ^{ns}	6,96 ± 1,75 ^{ns}
Sabor	6,80 ± 1,59 ^{ab}	7,32 ± 1,40 ^a	6,53 ± 1,93 ^b
Textura	7,08 ± 1,65 ^b	7,91 ± 1,23 ^a	7,57 ± 1,35 ^a
Impressão global	7,23 ± 1,24 ^b	7,76 ± 1,15 ^a	6,97 ± 1,58 ^b
Intenção de compra	3,65 ± 1,13 ^b	4,17 ± 1,00 ^a	3,46 ± 1,24 ^b

Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas sobrescritas, na mesma linha, diferem entre si, considerando a comparação entre os pães integrais e entre os pães de farinha refinada. ns – não significativo.

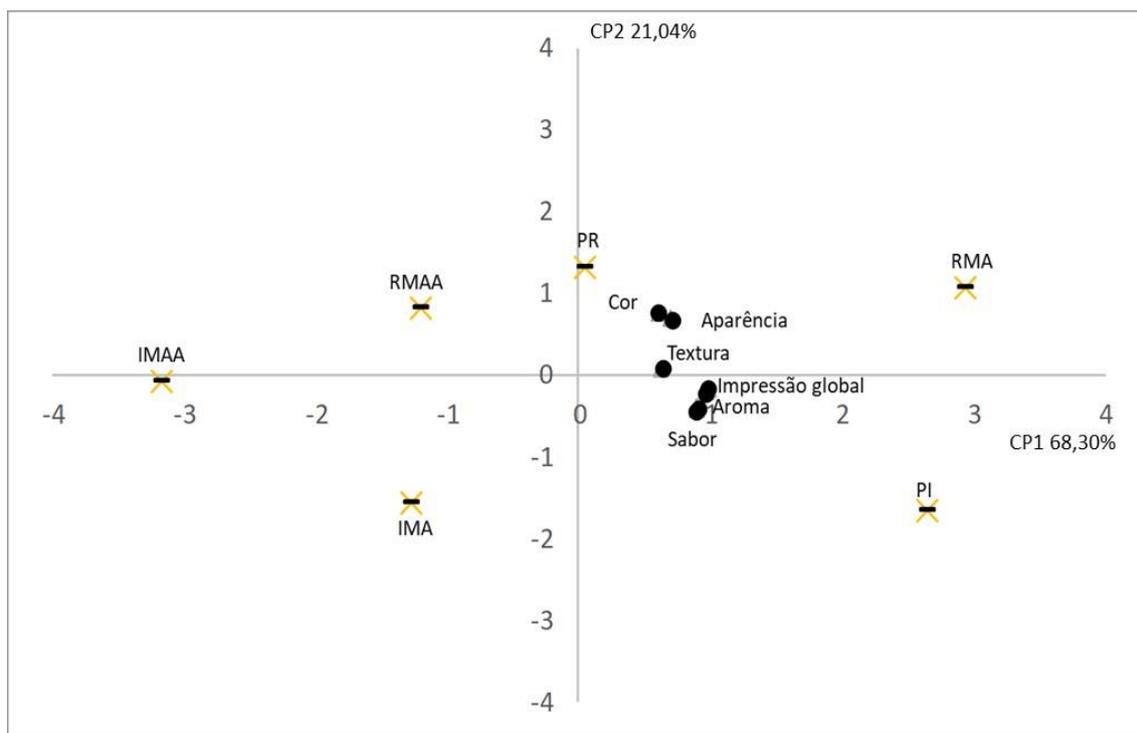
Fonte: Autores.

O volume dos pães tem grande importância na qualidade final do produto. O maior volume está diretamente relacionado à leveza do pão e conseqüentemente à sua maior aceitação (Amante et al., 2020). Fato que pode ter influenciado na aceitação dos pães refinados. Comercialmente, os pães integrais são adicionados de agentes oxidantes, emulsificantes (reforçadores da rede de glúten e amaciadores de miolo), glúten vital e enzimas (glicose oxidase e xilanase) para que o volume específico e a maciez do miolo não apresentem diferenças perceptíveis em relação aos pães refinados. Outra estratégia recente é o uso de farinhas integrais micronizadas, de modo a diminuir o tamanho da partícula do farelo, para

que não resulte em acentuado impedimento físico na rede viscoelástica oriunda da formação da rede de glúten.

A componente principal 1 (CP1) representou 68,30 % da variabilidade total das amostras e separou as amostras em dois grupos, o primeiro contendo Padrão Integral, Padrão Refinado e Refinado com Massa Ácida. Dessas, o Padrão Integral foi a amostra mais fortemente influenciada pelos parâmetros de aroma, sabor e impressão global, fato facilmente visualizado pela proximidade dos atributos no gráfico (Figura 1). A componente principal 2 (CP2) representou 21,04 % da variabilidade total das amostras e permitiu a separação das amostras refinadas das integrais. Esse fato ilustra uma maior aceitação dos pães refinados pelos consumidores, fato já anteriormente discutido por (Saueressig, Kaminski, & Escobar, 2016).

Figura 1. Gráfico dos pesos e scores da Componente Principal 1 X Componente Principal 2 extraídas dos resultados obtidos a partir da análise sensorial dos pães elaborados.



PI - padrão integral, IMA- integral com massa ácida, IMAA- integral com massa ácida e acréscimo de polpa de araticum, PR- padrão refinado, RMA- refinado com massa ácida, RMAA- refinado com massa ácida e acréscimo de polpa de araticum. CP1- componente principal 1, CP2- componente principal 2.

Fonte: Autores.

4. Considerações Finais

De maneira geral, a adição de massa ácida e polpa de araticum em panificação resultou em pães com menores volumes específicos, texturas mais firmes e colorações distintas das formulações padrão. Essas características são ainda mais visíveis para os pães refinados, onde a adição de massa ácida e fruto resultaram em maiores diferenças. A adição de massa ácida e araticum contribuiu para o aumento da capacidade antioxidante dos pães, favorecendo seu apelo funcional.

Os resultados da análise sensorial demonstraram que, embora os pães acrescidos de araticum tenham, no geral, resultados em notas inferiores aos seus respectivos padrões com ou sem massa ácida, os valores obtidos foram suficientes para se considerar os produtos como bem aceitos. Assim, para todos os frutos estudados, a aceitação dos consumidores não seria um fator limitante para a produção e comercialização de pães a partir dessa tecnologia.

O trabalho demonstra o potencial da utilização de fermentação natural e polpa de araticum em panificação, resultando em produtos interessantes tecnológico e sensorialmente, mais nutritivos e isentos de aditivos químicos. No entanto, estratégias de marketing e veiculação em relação aos apelos nutricionais e funcionais fisiológicos dos pães com uso de massa ácida e fruto do cerrado pode resultar em melhor aceitação dos produtos de panificação.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Instituto de Ciência e Tecnologia pelo suporte institucional, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo suporte financeiro, código de financiamento 001 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de estudos de P. T. G. Gomes.

Referências

American Association of Cereal Chemists International (AACCI) (2010). *Approved methods*, (11a ed.), St. Paul, USA.

American Oil Chemists Society (AOCS) (2004). *Official Methods and Recommended*

Practices of the American Oil Chemists Society. Washington.

ABIP – Associação Brasileira das Indústrias de Panificação e Confeitaria. (2020). *Indicadores da panificação e confeitaria 2018*. Recuperado de <<http://www.abip.org.br/site/indicadores-da-panificacao-e-confeitaria-brasileira-2018/>>.

Amante, P. R., Macedo, M. C. C., Silva, V. D. M., Santos, A. N. dos, Correia, V. T. da V., & Fante, C. A. (2020). Melhoramento de farinha espelta por adição de transglutaminase e sua influência na qualidade de pães de fermentação natural. *Research, Society and Development*, 9(8), e240985244. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5244>

Aplevicz, K. S., Mazo, J. Z., Ilha, E. C., Dinon, A. Z., & Sant'Anna, E. S. (2014). Isolation and characterization of lactic acid bacteria and yeasts from the Brazilian grape sourdough. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 50(2), 321–327. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502014000200011>

Arruda, H. S., Pereira, G. A., & Pastore, G. M. (2018). Brazilian Cerrado fruit araticum (*Annona crassiflora* Mart.) as a potential source of natural antioxidant compounds. *International Food Research Journal*, 5(25), 2005–2012.

Banu, I., Vasilean, I., & Aprodu, I. (2010). Effect of lactic fermentation on antioxidant capacity of rye sourdough and bread. *Food Science and Technology Research*, 16(6), 571–576. <https://doi.org/10.3136/fstr.16.571>

Cauvain, S. (2015). *Technology of Breadmaking* (3rd ed.). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14687-4>

Dávalos, A., Gómez-Cordovés, C., & Bartolomé, B. (2004). Extending applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC–Fluorescein) assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(1), 48–54. <https://doi.org/10.1021/jf0305231>

Gänzle, M., & Ripari, V. (2016). Composition and function of sourdough microbiota: From ecological theory to bread quality. *International Journal of Food Microbiology*, 239, 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.05.004>

Ishida, P. M. G., & Steel, C. J. (2014). Physicochemical and sensory characteristics of pan bread samples available in the Brazilian market. *Food Science and Technology*, 34(4), 746–754. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6453>

Jaekel, L. Z., Schmiele, M., & Chang, Y. K. (2020). Impactos do amido resistente e da enzima transglutaminase nas características tecnológicas de espaguete. *Research, Society and Development*, 9(8), e891986219. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6219>

Lima, D. V., Azevedo, O. O. da C., Silva, N. de S., Silva, G. S., Pontes, E. D. S., Araujo, M. G. G. de, & Viera, V. B. (2020). Desenvolvimento e avaliação sensorial de pão de forma adicionado da farinha do resíduo da graviola. *Research, Society and Development*, 9(1), e172911857. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1857>

Lima, E. M. F., Madalão, M. C. M., dos Santos, W. C., Bernardes, P. C., Saraiva, S. H., & Silva, P. I. (2019). Spray-dried microcapsules of anthocyanin-rich extracts from *Euterpe edulis* M. as an alternative for maintaining color and bioactive compounds in dairy beverages. *Journal of Food Science and Technology*, 56(9), 4147–4157. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03885-5>

Minervini, F., De Angelis, M., Di Cagno, R., Pinto, D., Siragusa, S., Rizzello, C. G., & Gobbetti, M. (2010). Robustness of *Lactobacillus plantarum* starters during daily propagation of wheat flour sourdough type I. *Food Microbiology*, 27(7), 897–908. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.021>

Morais, E. C. de, Patias, S. G. de O., Ferreira, N. S. da S., Picanço, N. F. M., Rodrigues, E. C., Nascimento, E., & Faria, R. A. P. G. de. (2017). Compostos bioativos e características físico-químicas de polpa de araticum in natura e pasteurizada. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, e2016142. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.14216>

Oliveira, I. M. de, Melo, F. dos S. N. de, Sousa, M. M. de, Menezes, M. de S., Paz, E. de O., & Cavalcanti, M. da S. (2020). Utilização de farinhas alternativas em produtos de panificação: uma revisão literária. *Research, Society and Development*, 9(9), e441996228. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.6228>

Oliveira, L. C., Rosell, C. M., & Steel, C. J. (2015). Effect of the addition of whole-grain wheat flour and of extrusion process parameters on dietary fibre content, starch transformation and mechanical properties of a ready-to-eat breakfast cereal. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(6), 1504–1514. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12778>

Ortolan, F., Brites, L. T. G., Montenegro, F. M., Schmiele, M., Steel, C. J., Clerici, M. T. P. S., & Chang, Y. K. (2015). Effect of extruded wheat flour and pre-gelatinized cassava starch on process and quality parameters of French-type bread elaborated from frozen dough. *Food Research International*, 76, 402–409. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.010>

Pomeranz, Y. (1987). *Modern cereal Science and Technology*. New York: VHC.

Reis, A. F., & Schmiele, M. (2019). Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, e2017150. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>

Rocha, L. S., & Santiago, R. de A. C. (2009). Implicações nutricionais e sensoriais da polpa e casca de baru (*Dipterix alata* vog.) na elaboração de pães. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(4), 820–825. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000400019>

Sakandar, H. A., Hussain, R., Kubow, S., Sadiq, F. A., Huang, W., & Imran, M. (2019). Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(3), e13883. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13883>

Saueressig, A. L. C., Kaminski, T. A., & Escobar, T. D. (2016). Inclusão de fibra alimentar em pães isentos de glúten. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19, e2014045. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.4514>

Schmiele, M., Jaekel, L. Z., Maris, S., Patricio, C., Steel, C. J., & Chang, Y. K. (2012). Rheological properties of wheat flour and quality characteristics of pan bread as modified by partial additions of wheat bran or whole grain wheat flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(10), 2141–2150. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03081.x>

Soares, L. V., Melo, R., Oliveira, W. S., Souza, P. M., & Schmiele, M. (2017). Brazilian “Cerrado” fruits and their potencial use in bakery products. In H. Lewis (Ed.), *Bread: Consumption, Cultural Significance and Health Effects*, 125-160. New York: Nova Science Publisher, Inc.

Tasiguano, B. L., Villarreal, C., Schmiele, M., & Vernaza, M. G. (2019). Efecto del tiempo de cocción del zapallo (*Cucurbita maxima*) y la adición de glucosa oxidasa en el aumento de almidón resistente del pan de molde. *Información Tecnológica*, 30(3), 167–178. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300167>

Teles, J. N., & Polônio, M. L. T. (2016). Conhecimento dos graduandos de nutrição e enfermagem quanto ao consumo de corantes alimentares e seus efeitos adversos à saúde. *Journal of Research: Fundamental Care*, 8(4), 5045–5053. <http://dx.doi.org/10.9789/2175-5361.2016.v8i4.5045-5053>

Vrancken, G., Rimaux, T., De Vuyst, L., & Leroy, F. (2008). Kinetic analysis of growth and sugar consumption by *Lactobacillus fermentum* IMDO 130101 reveals adaptation to the acidic sourdough ecosystem. *International Journal of Food Microbiology*, 128(1), 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.08.001>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Nathalia de Andrade Neves – 33,33%

Paula Thamara Goecking Gomes – 33,33%

Marcio Schmiele – 33,33%