

Utilização de fermentação natural e jaboticaba (*Plinia cauliflora*) para melhoria das características de pães de forma

Sourdough and jaboticaba (*Plinia cauliflora*) for improvement on pan bread characteristics

Uso de fermentación natural y jaboticaba (*Plinia cauliflora*) para mejorar las características de los panes

Recebido: 24/11/2020 | Revisado: 30/11/2020 | Aceito: 04/12/2020 | Publicado: 07/12/2020

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

Erick Michel Ramos do Carmo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2676-1249>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: erick.rcarmo@gmail.com

Bruna Sanches Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0044-2282>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: brs.sanches@hotmail.com

Tatiana Nunes Amaral

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3967-0947>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: tatiana.amaral@ict.ufvjm.edu.br

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 busca por alimentos com sabor diferenciado e menor utilização de aditivos torna a elaboração de pães a partir de massas ácidas uma tecnologia promissora. Somado a isso, a adição de frutos ao pão é uma forma de obtenção de produtos com interessantes aspectos tecnológicos, sensoriais, nutricionais e funcionais. Assim, objetivou-se nessa pesquisa, a elaboração de pães com a utilização de fermentação natural (massa ácida) e adição jaboticaba. Foram preparadas quatro massas ácidas, integral e refinada, com e sem adição de jaboticaba. As massas foram alimentadas durante 16 dias e utilizadas como inóculo para a fermentação de pães. Foram preparadas também duas formulações padrão, uma integral e outra refinada, totalizando seis formulações. As massas ácidas obtidas foram avaliadas quanto ao pH e contagem de bactérias lácticas e os pães quanto ao volume específico, umidade, acidez total, pH, textura instrumental, atividade de água, avaliação de imagem das fatias, capacidade antioxidante e avaliação sensorial. Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA e as médias ao teste t de Tukey. Os pães com massa ácida apresentaram menores volumes específicos e maior acidez em relação às formulações padrão. A utilização de farinha integral, massa ácida e jaboticaba resultou em maiores capacidades antioxidantes. A coloração dos pães acrescidos de jaboticaba se distanciou muito da formulação padrão, o que causou um estranhamento por parte dos consumidores, que avaliaram esses pães com notas menores para coloração, aparência, impressão global e intenção de compra, embora, a partir das notas obtidas, ainda possam ser considerados como bem aceitos.

Palavras-chave: Pão de massa ácida; *Myrciaria cauliflora*; Bactérias lácticas; Panificação.

Abstract

The search for foods with a different flavor and less use of additives makes the sourdough bread a promising technology. In addition, adding fruit to bread is a way of obtaining products with interesting technological, sensory, nutritional and functional aspects. Thus, the objective of this research was to make bread using natural fermentation (sourdough) and jaboticaba. Four sourdough were prepared, whole and refined, with and without the addition of jaboticaba. The doughs were fed for 16 days and used as an inoculum for the bread fermentation. Two standard formulations were also prepared, one integral and one refined, totaling six formulations. The sourdough was evaluated for pH and lactic bacteria and breads for specific volume, humidity, total acidity, pH, instrumental texture, water activity, image evaluation of slices, antioxidant capacity and sensory evaluation. The data obtained were submitted to ANOVA and the means to the Tukey t test. Breads with sourdough had lower

specific volumes and greater acidity compared to standard formulations. The use of whole meal flour, sourdough and jaboticaba resulted in greater antioxidant capacities. The coloring of the breads with jaboticaba distanced itself a lot from the standard formulation, which caused a strangeness on the part of consumers, who evaluated these breads with lower grades for coloration, appearance, overall impression and purchase intention, although, from the grades obtained, can still be considered as well accepted.

Keywords: Sourdough bread; *Myrciaria cauliflora*; Lactic acid bacteria; Bakery.

Resumen

La búsqueda de alimentos con un sabor diferente y un menor uso de aditivos hace que la elaboración de pan a partir de masas ácidas sea una tecnología promissora. Además, añadir fruta al pan es una forma de obtener productos con interesantes aspectos tecnológicos, sensoriales, nutricionales y funcionales. Así, el objetivo de esta investigación fue producir pan mediante fermentación natural (masa ácida) y adición de jaboticaba. Fueron preparados cuatro masas ácidas, enteras y refinadas, con y sin adición de jaboticaba. Las masas se alimentaron durante 16 días y se utilizaron como inóculo para la fermentación del pan. También se prepararon dos formulaciones estándar, una integral y otra refinada, totalizando seis formulaciones. Las masas ácidas obtenidas fueron evaluadas para pH y recuento de bacterias lácticas y los panes para volumen específico, humedad, acidez total, pH, textura instrumental, actividad de agua, evaluación de imagen de rodajas, capacidad antioxidante y evaluación sensorial. Los datos obtenidos se sometieron a ANOVA y las medias a la prueba t de Tukey. Los panes con masa ácida tuvieron volúmenes específicos más bajos y mayor acidez en comparación con las formulaciones estándar. El uso de harina integral, masa ácida y jaboticaba resultó en mayores capacidades antioxidantes. La coloración de los panes con jaboticaba se distanció mucho de la formulación estándar, lo que provocó una extrañeza por parte de los consumidores, que evaluaron estos panes con calificaciones inferiores en coloración, apariencia, impresión general e intención de compra, aunque, a partir de las calificaciones obtenidas, todavía puede considerarse como bien aceptado.

Palabras clave: Pan de masa fermentada; *Myrciaria cauliflora*; Bacterias de ácido láctico; Panadería.

1. Introdução

O pão é um dos alimentos mais populares e antigos do mundo. É um importante

produto a base de cereais, que fornece de 50 a 90% do total de calorias e proteínas ingeridas. (Feyzi et al., 2016). É a base da alimentação em diversas culturas, sendo considerado um alimento básico global (Santos et al., 2020).

A preparação básica de pães é feita a partir de farinha, mais comumente de trigo, água e um agente fermentador. Atualmente, nos processos industriais, o fermento comercial, fresco ou liofilizado, é largamente utilizado como agente fermentador, tornando o processo fermentativo mais rápido e versátil. A indústria conta ainda com a utilização de aditivos, tais como melhoradores de farinha, espessantes, estabilizantes e conservantes para facilitar o processamento, compensar as variações de matérias-primas e preservar as propriedades tecnológicas dos pães (Pontes et al., 2020).

No entanto, com a crescente preocupação dos consumidores em adquirir produtos livres de conservantes e com melhores características nutricionais, observa-se uma tendência ao retorno das técnicas antigas de fermentação, com a utilização de fermentação natural e menor adoção de coadjuvantes na elaboração de pães. Dentre as técnicas vistas como promissoras para a panificação, está a fermentação com a utilização de massa ácida (sourdough) (Neves, Gomes, & Schmiele, 2020).

A massa ácida tem sido utilizada como agente de fermentação para pães desde os tempos remotos, sendo uma das formas mais antigas de emprego de biotecnologia para a fabricação de alimentos (Liu et al., 2020). É definida como uma massa de farinha e água, fermentada por leveduras e bactérias lácticas, utilizada como inóculo para produtos de panificação (Siepmann, Ripari, Waszczynskyj, & Spier, 2018). Pães produzidos a partir dessa tecnologia possuem sabor e textura desejáveis, vida de prateleira prolongada, sem a necessidade de conservantes químicos e acréscimo aos valores nutricionais e funcionais dos alimentos (Gänzle & Ripari, 2016). A interação positiva entre leveduras e bactérias, responsáveis pela fermentação, ocasiona em aumento do valor nutracêutico dos pães, fornecendo o aumento da concentração de compostos bioativos e ocasionando em benefícios tais como diminuição de doenças crônicas não transmissíveis, como o risco de câncer colorretal, os distúrbios cardiovasculares, a diabetes e a obesidade (Sakandar et al., 2019).

Somada à tecnologia de fermentação natural, a utilização de ingredientes não convencionais em panificação, tais como outros tipos de farinhas, frutos e tubérculos é objeto de diversos estudos atualmente (Oliveira et al., 2020). A exemplo, a utilização de frutas como coadjuvante tecnológico na panificação é tida como 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 formação da textura e estrutura dos pães, diminuindo a necessidade de aditivos (S. P. Cauvain & Young, 2009).

A jabuticaba (*Plinia cauliflora* (D C.) Berg) é um fruto tipicamente brasileiro, muito apreciado por seu sabor doce e subácido. É considerado entre os alimentos funcionais devido à presença de compostos bioativos tais como antocianinas, quercetina, miricetina, ácido elágico e metil elágico (Neves, Stringheta, Gómez-Alonso, & Hermosín-Gutiérrez, 2018). Além disso possui ácidos orgânicos como ácido cítrico, succínico, málico, oxálico e ascórbico (Lima et al., 2011; Wu et al., 2013), fornecendo a acidez necessária à tecnologia de panificação.

Tendo em vista os benefícios da utilização de massas ácidas nos processos de panificação e as características sensoriais e bioativas da jabuticaba, objetivou-se nesse trabalho o estudo da aplicabilidade do fruto integral de jabuticaba na elaboração de pães de forma a partir de massa ácida.

2. Metodologia

2.1 Matérias-primas

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

Os frutos de jaboticaba, espécie paulista, foram colhidos em uma fazenda localizada no Vale do Jequitinhonha (17°59'17" S; 43°25'10" W), Minas Gerais, Brasil, onde ocorrem naturalmente. Os frutos foram colhidos quando maduros, momento identificado pelas cascas completamente negras, sendo triturados integralmente e congelados até o momento da 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.

2.2 Elaboração da massa ácida

As massas ácidas, utilizadas posteriormente como inóculo para a fermentação dos pães, foram preparadas de acordo com a metodologia descrita por Minervini et al.,(2010), em

quatro diferentes formulações: duas integrais, compostas por farinha de trigo (174g), farelo (18g), gérmen (8g), água (120g) e fermento biológico instantâneo (2g) e duas refinadas, compostas por farinha de trigo refinada (200g), água (120g) e fermento biológico instantâneo (2g). Em duas das formulações, uma integral e outra refinada, foram adicionados 8 g do fruto de jabuticaba. As massas foram incubadas a $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 16 dias, sendo realimentadas a cada 24 horas, exceto pelo fermento biológico instantâneo.

2.3 Elaboração dos pães

Para melhor visualização dos atributos tecnológicos e sensoriais resultantes nos pães elaborados a partir da massa ácida e acrescidos de jabuticaba, foram formulados seis tipos de pães, sendo: i) padrão integral, ii) integral com massa ácida, iii) integral com massa ácida e polpa de jabuticaba, iv) padrão refinado, (v) refinado com massa ácida e (vi) refinado com massa ácida e polpa de jabuticaba.

As formulações padrão foram compostas por farinha de trigo integral ou refinada (100%), sacarose (4%), gordura vegetal hidrogenada (4%), leite em pó integral (4%), cloreto de sódio (1,8%), fermento biológico instantâneo (1,6%) e água. A concentração de todos os ingredientes foi calculada em base de farinha. As formulações com massa ácida seguiram a mesma formulação padrão, exceto pela substituição de um terço da farinha de trigo pela massa ácida e a concentração do fermento biológico que foi reduzida para 0,2%. Nas formulações com massa ácida e fruto, 10% da farinha de trigo foi substituída pela jabuticaba integral triturada.

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, sendo em seguida adicionada da massa ácida e de água filtrada. A massa foi batida em alta velocidade até o completo desenvolvimento da rede de glúten, sendo a adição da água realizada à medida da necessidade. As massas foram divididas em porções de 400 gramas, boleadas, modeladas e colocadas em formas de alumínio untadas. Em seguida, foram fermentadas a $32\pm 3^{\circ}\text{C}$ até o início da perda da resiliência da massa. Depois de fermentados, os pães foram forneados a $160\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos, resfriados a temperatura ambiente, embalados em sacos de polietileno de baixa densidade e estocados a temperatura ambiente.

2.4 Avaliação da massa ácida e dos pães de forma

As massas ácidas obtidas ao final dos 16 dias, foram avaliadas quando ao pH, antes do processo de panificação e quanto à presença de bactérias lácticas, por meio da contagem de unidades formadoras de colônias. Para a contagem das bactérias lácticas, 25g da massa ácida foram diluídas em 250mL de solução salina (10 g/L), seguida de sucessivas diluições. As suspensões contendo as bactérias foram plaqueadas em meio de cultura seletivo para bactérias lácticas (Agar MRS NCM190, Neogen, Indaiatuba – SP, Brasil), incubadas a $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48 horas, ao fim das quais foi realizada a contagem das unidades formadoras de colônia (Aplevicz, Mazo, Ilha, Dinon, & Sant'Anna, 2014).

Os pães foram avaliados no dia seguinte ao processamento quanto ao volume específico (método 10-05.01); à umidade da crosta e miolo (método 44-15.02) em estufa com circulação forçada de ar; acidez titulável total (método 02-31.01) expresso em ácido láctico; pH (método 02-52.01) e à textura instrumental (método 74-09.01) em texturômetro TA-XT2i Stable Micro Systems (Haslemere - GBR) com plataforma HDP/90, e probe P36, analisando-se a firmeza, com velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,7, 1,7 e 10,0mm/s, respectivamente, limiar de detecção de 0,049 N e 40 % de compressão da amostra utilizando-se duas fatias de 12 mm de espessura cada (AACCI, 2010).

A cor instrumental do miolo dos pães foi avaliada segundo a metodologia descrita por Ortolan et al., (2015). Utilizou-se espectrofotômetro Mini Scan XE 45/0-L (HunterLab, Reston, USA), nas seguintes condições de teste: iluminante D65 e ângulo de visão de 10° . A diferença da cor dos pães, em relação ao padrão (ΔE^*), foi calculada a partir da seguinte equação: $\Delta E^* = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{0,5}$.

Os parâmetros de área dos alvéolos, porcentagem de ar expressa pela razão entre a área alveolar e a área total, perímetro alveolar, circularidade, número e tamanho médios dos alvéolos das fatias dos pães foram avaliados por meio do software Image J, conforme metodologia descrita por Oliveira, Rosell, & Steel, (2015).

A atividade de água foi determinada de acordo com Ishida & Steel, (2014) e a capacidade antioxidante dos pães foi avaliada pelo método ORAC, conforme descrito por Dávalos, Gómez-Cordovés, & Bartolomé, (2004).

Os resultados, obtidos em triplicata, com exceção da firmeza, que foi avaliada com oito repetições. Todos os dados obtidos foram avaliados por Análise de Variância (ANOVA) e comparação de médias (por meio do teste Tukey) com nível de confiança de 95%, realizadas por meio do software R Studio.

2.5 Análise sensorial

A análise sensorial dos pães de forma foi realizada mediante ao teste de aceitação, por 100 provadores não treinados, segundo metodologia descrita por Minin (2013) e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 71697717.5.0000.5108). Os provadores expressaram suas opiniões quantos aos atributos aparência, cor, aroma, sabor, textura e impressão global, com base em uma escala hedônica de 9 pontos: (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. Além disso, foi avaliada a intenção de compra em uma escala de 5 pontos: (5) certamente compraria, (4) provavelmente compraria, (3) tenho dúvida se compraria ou não, (2) provavelmente não compraria, (1) certamente não compraria.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA, $\alpha = 0,05$), sendo tratados como delineamento em blocos casualidades, onde cada provador foi considerado um bloco. As médias obtidas para cada atributo foram comparadas pelo teste de Tukey.

As notas obtidas para os parâmetros de “aparência” e “cor”, “sabor” e “impressão global” e “sabor” e “intensão de compra” foram submetidos ao teste de correlação de Pearson.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software SAS, versão 9.0.

3. Resultados e Discussão

3.1 Características tecnológicas

A partir dos dados obtidos foi possível observar que as massas de panificação adicionadas de massas ácidas apresentaram valores de pH menores que as respectivas massas padrão (Tabela 1). As massas que foram adicionadas de jabuticaba apresentaram valores de pH ainda menores, devido à elevada acidez do fruto ($\text{pH } 3,62 \pm 0,02$).

Tabela 1. Características tecnológicas da massa e dos pães de jabuticaba elaborados.

Amostra	pH da massa	Volume específico dos pães (mL/g)	Firmeza do miolo (N)
PI	5,95 ± 0,01 ^a	2,91 ± 0,03 ^a	14,71 ± 0,96 ^c
IMA	5,39 ± 0,01 ^b	1,97 ± 0,01 ^c	41,11 ± 3,49 ^a
IMAJ	5,10 ± 0,02 ^c	2,23 ± 0,07 ^b	29,14 ± 1,70 ^b
PR	5,86 ± 0,01 ^a	3,61 ± 0,05 ^a	6,52 ± 0,60 ^c
RMA	5,50 ± 0,02 ^b	2,85 ± 0,02 ^b	14,49 ± 1,08 ^a
RMAJ	5,19 ± 0,01 ^c	2,94 ± 0,09 ^b	9,64 ± 0,74 ^b

PI- Pão integral padrão; IMA- pão integral elaborado com fermentação natural; IMAJ- pão integral elaborado com fermentação natural e jabuticaba; PR- pão refinado padrão; RMA- pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAJ- pão refinado elaborado com fermentação natural e jabuticaba. Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas 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 a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Dado os baixos valores de pH encontrados para a massa ácida ao final dos 16 dias de desenvolvimento, sendo eles: 4,01±0,01 (massa ácida integral), 4,00±0,01 (massa ácida integral com jabuticaba), 3,91±0,02 (massa ácida refinada) e 3,87±0,01 (massa ácida refinada com jabuticaba) é natural que as massas de panificação no qual foram acrescentadas essas massas ácidas, tenham pH também mais baixos, quando comparadas à padrão. Menores valores de pH são esperados nas massas ácidas devido à presença de bactérias lácticas e outros micro-organismos que produzem ácido láctico dentre outros ácidos orgânicos como consequência do seu metabolismo, sendo essa uma das principais características esperadas em massas com fermentação natural (Gobbetti et al., 2019). Os ácidos orgânicos, além de conferirem sabor ácido, podem afetar a atividade enzimática, a formação de peptídeos bioativos, aumentar os níveis de ácidos fenólicos, a capacidade antioxidante, além das propriedades bioativas e a biodisponibilidade de certos compostos de interesse (Hayta & Hendek Ertop, 2017).

Os dados obtidos para a contagem de bactérias lácticas estão expostos na Tabela 2. Nota-se a presença de considerável quantidade de unidades formadoras de colônias de bactérias lácticas em todas as amostras de massas ácidas elaboradas. Em estudo anterior, notou-se que a concentração de bactérias lácticas tende a aumentar com o tempo de fermentação, ao passo que, aos 16 dias do processo, obteve-se concentrações suficientes para a aplicação na formulação dos pães (Olojede et al., 2015).

Tabela 2. Contagem de bactérias lácteas em amostras de massas ácidas produzidas com acréscimo de polpa de jabuticaba.

Amostra de massa ácida	UFC/g de massa
mIMA	$1,66 \pm 0,44 \cdot 10^9$ ^a
mIMAJ	$6,78 \pm 2,24 \cdot 10^8$ ^b
mRMA	$4,23 \pm 0,01 \cdot 10^8$ ^c
mRMAJ	$2,52 \pm 0,18 \cdot 10^8$ ^d

mIMA= massa ácida produzida com farinha integral, mIMAJ= massa ácida produzida com farinha integral e polpa de jabuticaba, mRMA= massa ácida produzida com farinha refinada, mRMAJ= massa ácida produzida com farinha refinada e polpa de jabuticaba. Em uma mesma coluna, letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Dentre as amostras analisadas, aquelas acrescidas de jabuticaba obtiveram menores contagens de bactérias do que as demais, sugerindo que a elevada acidez da polpa, assim como a presença de taninos e outros compostos com reconhecida atividade antimicrobiana, presentes na jabuticaba, podem ter causado algum efeito adverso sob o crescimento dos micro-organismos (Lima et al., 2011). Além disso, foi evidente que a utilização de farinha integral resultou em maiores concentrações de bactérias. Esse fato pode estar relacionado à utilização do farelo de trigo que, por ser a parte do grão mais exposta, aumenta o inóculo inicial de bactérias lácticas e demais micro-organismos presentes no solo, ar, unidades de armazenamento e etc e pelo fato de grãos integrais serem, no geral, mais nutritivos que os refinados, formando um meio mais rico para o crescimento microbiano, principalmente devido à proteólise mais intensa e maior liberação de compostos fenólicos (Heiniö et al., 2016).

Quanto ao volume específico dos pães obtidos, é notório que o uso da fermentação natural (massa ácida) resultou em pães com menores volumes específicos em relação ao seu respectivo padrão (Tabela 1). Este fato pode estar relacionado à acidez da massa ácida, que retarda o metabolismo dos micro-organismos fermentadores, o que ocasiona na redução da atividade da alfa amilase e, conseqüentemente, na menor liberação de açúcar fermentescível. Sendo assim, menos substrato fica disponível à fermentação, resultando em menor liberação de CO₂ e em menor expansão promovida pelos gases (Van Kerrebroeck, Comasio, Harth, & De Vuyst, 2018). Além disso, em condições ácidas, as proteínas do glúten podem sofrer hidrólise pelas enzimas proteolíticas endógenas da farinha, promovendo a despolimerização das gluteninas de alto peso molecular e contribuindo para a menor expansão da massa o que

resulta em menor capacidade de retenção de CO₂ e conseqüentemente em um produto final mais compacto (Gobbetti et al., 2019).

Não obstante, observou-se que, mesmo para menores valores de pH, os pães obtidos com a utilização de massa ácida e jabuticaba apresentaram maiores volumes específicos que aqueles obtidos somente com massa ácida (para os integrais) e valores estatisticamente semelhantes (para os refinados). Com a adição da jabuticaba, provavelmente ocorreu um incremento no teor de açúcares fermentescíveis (glicose, frutose e sacarose) presente na massa, e este substrato foi utilizado pela levedura e bactérias lácticas para produção de gases, favorecendo o volume específico dos pães.

A utilização de massa ácida resultou no aumento da firmeza dos pães. Esse fato pode ser atribuído à parcial solubilização e degradação da matriz polimérica e à menor liberação e ao menor aprisionamento dos gases durante a etapa de fermentação (Cauvain & Young, 2009). No entanto, a utilização da jabuticaba amenizou este fenômeno, dado os valores intermediários de firmeza obtidos para esses pães.

As alterações dos pães em relação ao volume específico e firmeza é reflexo das alterações da reologia da massa proporcionada pelo uso da massa ácida. Esta mudança ocorre por influência de dois níveis: (i) na massa, a fermentação diminui a elasticidade e a viscosidade e (ii) a adição da massa ácida na formulação resulta em massas com menores elasticidade e força da rede de glúten (Chavan & Chavan, 2011). As formulações com uso da jabuticaba na massa ácida e na massa do pão apresentaram volumes menores que as respectivas formulações padrão, mas observou-se que a textura do miolo não sofreu uma variação tão brusca. Este efeito pode ter sido resultado da presença dos ácidos presentes na massa ácida, os quais promovem a hidratação da rede de glúten e atuam na despolimerização da rede proteica. Além disso, a provável liberação de exopolissacarídeos pode ter favorecido a maciez do produto devido à formação de géis macios.

Em relação à acidez, observou-se que os valores obtidos para as crostas dos pães não apresentaram diferença estatística entre as formulações obtidas (Tabela 3). No entanto, no geral, os miolos apresentaram maior acidez para aquelas formulações que utilizaram a massa ácida e massa ácida e jabuticaba. Tal fato é justificável pela utilização da massa ácida, que contém ácidos orgânicos, tais como láctico e acético, resultantes da fermentação realizada por bactérias, assim como pela presença da jabuticaba. Somados aos ácidos produzidos na fermentação tem-se também aqueles naturalmente presentes na jabuticaba. Segundo Lima et al., (2011), o fruto de jabuticaba contém elevada acidez, composta principalmente pelos ácidos cítrico, succínico e málico, contendo ainda pequenas concentrações de ácido oxálico e

acético. 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 jabuticaba apresentaram os mesmos valores de pH.

Tabela 3. Características tecnológicas das crostas e miolos dos pães elaborados.

Amostra		Acidez titulável			Umidade (% m/m)
		total (% de ácido lático, m/m)	pH	aw	
PI	Crosta	0,40 ± 0,03*	5,56 ± 0,08 ^a	0,9404 ± 0,0014 ^a	33,60 ± 0,25 ^b
	Miolo	0,40 ± 0,02 ^b	5,58 ± 0,01 ^a	0,9564 ± 0,0012 ^a	40,18 ± 0,08 ^b
IMA	Crosta	0,44 ± 0,06*	5,08 ± 0,01 ^b	0,9253 ± 0,0027 ^c	31,07 ± 0,13 ^c
	Miolo	0,47 ± 0,02 ^b	5,07 ± 0,01 ^b	0,9449 ± 0,0022 ^a	36,42 ± 0,20 ^c
IMAJ	Crosta	0,52 ± 0,03*	4,85 ± 0,04 ^c	0,9331 ± 0,0023 ^b	34,77 ± 0,09 ^a
	Miolo	0,60 ± 0,02 ^a	4,91 ± 0,01 ^c	0,9502 ± 0,0006 ^b	40,46 ± 0,03 ^a
PR	Crosta	0,41 ± 0,03*	5,51 ± 0,05 ^a	0,9338 ± 0,0007 ^a	31,28 ± 0,15 ^b
	Miolo	0,34 ± 0,01 ^b	5,63 ± 0,02 ^a	0,9576 ± 0,0004 ^a	38,77 ± 0,97*
RMA	Crosta	0,41 ± 0,05*	5,19 ± 0,04 ^b	0,9288 ± 0,0008 ^b	30,80 ± 0,47 ^b
	Miolo	0,40 ± 0,01 ^a	5,28 ± 0,02 ^b	0,9454 ± 0,0006 ^c	37,10 ± 1,19*
RMAJ	Crosta	0,36 ± 0,03*	4,81 ± 0,04 ^c	0,9301 ± 0,0012 ^b	32,37 ± 0,25 ^a
	Miolo	0,42 ± 0,02 ^a	4,89 ± 0,01 ^c	0,9472 ± 0,0011 ^b	37,84 ± 0,19*

PI- Pão integral padrão; IMA- pão integral elaborado com fermentação natural; IMAJ- pão integral elaborado com fermentação natural e jabuticaba; PR- pão refinado padrão; RMA- pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAJ- pão refinado elaborado com fermentação natural e jabuticaba. Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas 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 a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Quanto à atividade de água, observou-se que as formulações padrão, sem adição de massa ácida, apresentaram os maiores valores. Mais uma vez, a acidez mais elevada dos pães elaborados com massa ácida pode justificar essa diferença. Os ácidos orgânicos compõem a fração de sólidos solúveis em alimentos. Assim, maiores concentrações de ácidos orgânicos podem contribuir para a diminuição da água livre da matriz alimentícia. No entanto, as diferenças encontradas para os valores de atividade de água dos pães, não interfere na conservação, pois mesmo menores, os valores encontrados ainda estão acima de 0,90. Os valores encontrados são condizentes com a atividade de água comumente encontradas em

pães de forma (Gragnani, 2010). Assim, os pães são considerados alimentos com alta atividade de água, justificando o curto tempo de prateleira e a susceptibilidade ao crescimento microbiano, principalmente fungos.

As diferenças estatísticas observadas entre as formulações para o atributo de umidade da crosta e miolo pode ser atribuída às variações de distribuição de temperatura no forno e tempo de forneamento, não sendo apresentado nenhuma tendência originária da formulação adotada.

Em geral, os pães elaborados com uso combinado de massa ácida e jabuticaba resultou em produtos com maiores teores de umidade (tanto no miolo e na crosta) e valores de atividade de água intermediários. Este resultado pode estar associado à produção de exopolissacarídeos (homopolissacarídeos e/ou heteropolissacarídeos) excretados pelas bactérias lácticas durante o processo de fermentação. Estes biopolímeros, também conhecidos como hidrocolóides ou gomas, têm ação texturizante e atuam como agentes anti-envelhecimento dos pães, além de possuírem efeitos prebióticos, embora ainda não reconhecidos.

Como as gomas possuem capacidade de formação de géis, ajudam na retenção da umidade e na capacidade de formação de ligação de hidrogênio com a água, resultando em produtos com menor atividade de água (Chavan & Chavan, 2011). Além disso, os géis formados durante o processo de fermentação e forneamento possuem capacidade de reter melhor os gases produzidos pelos micro-organismos presentes, resultando assim em pães com maiores volumes específicos e menores valores de firmeza (miolo com maior maciez), quando comparados com os pães elaborados somente com massa ácida. Isto provavelmente é resultado da presença dos açúcares (glicose, frutose e sacarose) presentes na jabuticaba, os quais foram usados como substratos pelas bactérias lácticas, proporcionando maior liberação de exopolissacarídeos.

3.2 Características de imagem das fatias

É esperado que pães de boa qualidade apresentem fatias bem aeradas, com grande quantidade de alvéolos, de tamanho e distribuição uniformes. Enquanto fatias endurecidas, com alvéolos deficientes, estão relacionadas ao 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. A porcentagem de ar é um indicativo de quanto da fatia está ocupado por ar, sendo um indicativo do volume e maciez do produto (Correa, 2012).

Corroborando com as informações apresentadas, as características físicas das imagens das fatias (Tabela 4) demonstram que os pães elaborados com massa ácida apresentaram alvéolos menores que os demais, fato coerente com o menor volume específico apresentado. O pão integral elaborado com massa ácida e jabuticaba apresentou o maior valor para % de ar e menor circularidade atestando a qualidade do produto, que superou a qualidade daquele elaborado somente com massa ácida. Dentre os pães refinados, os elaborados com massa ácida e massa ácida e jabuticaba apresentaram maior quantidade de alvéolos e de menores tamanho médio. Essas características influenciam positivamente o paladar, elasticidade e suavidade do pão (Bender et al., 2018), indicando que a massa ácida contribuiu para a formação da estrutura desejável.

Tabela 4. Características físicas das imagens das fatias dos pães elaborados.

Amostras	Número de alvéolos	Tamanho médio dos alvéolos	Área Total (cm ²)
PI	264,33±41,50 ^a	2,85 ±0,83 ^{ab}	7,30 ±1,05 ^b
IMA	315,67 ±8,39 ^a	1,60± 0,07 ^b	5,06 ±0,29 ^b
IMAJ	240,00±49,37 ^a	4,64± 1,69 ^a	10,59 ±1,34 ^a
PR	244,00±24,21 ^b	3,08± 0,67 ^a	7,35 ±0,81 ^a
RMA	309,00±21,01 ^a	1,87± 0,29 ^b	5,75 ±0,61 ^b
RMAJ	321,00±19,16 ^a	2,01± 0,04 ^b	6,44 ±0,39 ^{ab}
Amostras	% de ar	Perímetro dos alvéolos (cm)	Circularidade
PI	29,11 ±4,94 ^b	0,70 ±0,14 ^{ab}	0,80 ±0,02 ^b
IMA	19,45 ±1,11 ^b	0,44 ±0,02 ^b	0,86 ±0,01 ^a
IMAJ	40,69 ±5,15 ^a	0,99 ±0,24 ^a	0,782±0,03 ^b
PR	28,57 ±3,12 ^a	0,72 ±0,13 ^a	0,80 ±0,02 ^b
RMA	22,11 ±2,351 ^b	0,50 ±0,05 ^b	0,85 ±0,01 ^a
RMAJ	24,73 ±1,49 ^{ab}	0,54 ±0,01 ^{ab}	0,83 ±0,01 ^a

PI - Pão integral padrão; IMA - pão integral elaborado com fermentação natural; IMAJ - pão integral elaborado com fermentação natural e jabuticaba; PR - pão refinado padrão; RMA - pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAJ - pão refinado elaborado com fermentação natural e jabuticaba. Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas sobrescritas, na mesma coluna, diferem entre si, considerando a comparação entre os pães integrais e entre os pães de farinha refinada. Fonte: Autores.

A cor dos pães (Tabela 5) indicaram que o parâmetro de luminosidade obtido para os pães integrais diminuiu com o uso da massa ácida e foram ainda menores com o acréscimo da polpa de jabuticaba. A amostra IMA apresentou menor luminosidade em relação ao PI devido ao menor volume específico, concentrando os pigmentos tanto na crosta como no miolo. Ao adicionar a jabuticaba, ambas as frações ficaram mais escuras. Efeito semelhante foi observado nos pães de farinha refinada, exceto para a comparação entre PR e RMA, que se apresentaram estatisticamente semelhantes. Nota-se ainda que a adição da polpa de jabuticaba resultou em pães com coloração muito distantes dos respectivos padrões e daqueles adicionados de massa ácida, obtendo-se valores de Delta E muito superiores a 5, indicando a existência de diferenças evidentes de cor por observação visual (Osuna et al., 2018). Tal fato é atribuído às cascas da jabuticaba, que possuem coloração negra e que, após o processamento, resultou em tons arroxeados à massa, que se manteve mesmo após o forneamento. Esse fato é evidenciado pelos maiores valores para o parâmetro a^* que indica maior efeito dos tons avermelhados. Essa diferença é ainda mais relevante para os pães elaborados com farinha refinada, onde o contraste com a farinha branca resulta em diferenças de coloração ainda mais evidentes.

Tabela 5. Características de cor da crosta e miolo dos pães elaborados.

Amostra		L^*	a^*	b^*	Delta E
PI	Crosta	68,69 ± 0,38 ^a	5,47 ± 0,05 ^c	19,03 ± 0,25 ^a	-
	Miolo	69,12 ± 0,35 ^a	4,25 ± 0,15 ^c	17,95 ± 0,09 ^a	-
IMA	Crosta	65,66 ± 0,18 ^b	6,05 ± 0,13 ^a	18,77 ± 0,11 ^a	3,09 ± 0,20 ^b
	Miolo	67,40 ± 0,41 ^b	4,76 ± 0,03 ^b	17,42 ± 0,03 ^b	1,87 ± 0,39 ^b
IMAJ	Crosta	54,96 ± 0,19 ^c	6,41 ± 0,14 ^a	11,38 ± 0,30 ^b	15,74 ± 0,28 ^a
	Miolo	54,55 ± 0,07 ^c	6,04 ± 0,05 ^a	10,06 ± 0,08 ^c	16,66 ± 0,03 ^a
PR	Crosta	75,99 ± 0,54 ^b	3,61 ± 0,20 ^b	19,21 ± 0,24 ^a	-
	Miolo	75,82 ± 0,70 ^a	1,05 ± 0,05 ^c	16,39 ± 0,16 ^a	-
RMA	Crosta	76,56 ± 0,19 ^a	3,67 ± 0,25 ^b	19,15 ± 0,05 ^a	0,62 ± 0,18 ^b
	Miolo	77,13 ± 0,24 ^a	1,31 ± 0,10 ^b	16,32 ± 0,29 ^a	1,36 ± 0,25 ^b
RMAJ	Crosta	61,04 ± 0,46 ^c	5,59 ± 0,07 ^a	10,82 ± 0,31 ^b	17,26 ± 0,42 ^a
	Miolo	59,64 ± 1,01 ^b	5,27 ± 0,12 ^a	9,45 ± 0,28 ^b	18,11 ± 0,98 ^a

PI- Pão integral padrão; IMA- pão integral elaborado com fermentação natural; IMAJ- pão integral elaborado com fermentação natural e jabuticaba; PR- pão refinado padrão; RMA- pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAJ- pão refinado elaborado com fermentação natural e jabuticaba. Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas 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 a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

3.3 Capacidade antioxidante

A utilização de farinha integral, massa ácida e o acréscimo de polpa de jabuticaba contribuíram para o aumento da capacidade antioxidante dos pães elaborados (Tabela 6).

Tabela 6. Capacidade antioxidante (método ORAC) dos pães elaborados.

Amostras de Pães	Atividade antioxidante ($\mu\text{mol de Trolox/g}$)
PI	96,48 \pm 2,61 ^c
IMA	123,50 \pm 2,63 ^b
IMAJ	161,68 \pm 6,49 ^a
PR	59,08 \pm 2,75 ^c
RMA	89,22 \pm 1,84 ^b
RMAJ	118,92 \pm 7,50 ^a

PI = padrão integral, IMA = integral com massa ácida, IMAJ = integral com massa ácida e jabuticaba, PR= padrão refinado, RMA= refinado com massa ácida, RMAJ = refinado com massa ácida e polpa de jabuticaba. Para o mesmo tipo de farinha, letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Fonte: Autores.

A presença de vitaminas do complexo B, tais como tiamina, riboflavina, niacina e ácido fólico, tocoferóis, carotenoides e fenólicos no gérmen de trigo, compostos com reconhecidas capacidades antioxidantes (Boukid et al., 2018), pode explicar o maior valor encontrado para essa característica nos pães elaborados com farinha integral em relação aos elaborados com farinha refinada. Por sua vez, a utilização de fermentação natural altera a composição dos produtos de panificação, podendo aumentar os níveis de compostos bioativos e aumentar a disponibilidade de alguns minerais e compostos antioxidantes, dentre elas as vitaminas do complexo B (Sakandar et al., 2019). Fato semelhante foi observado por Katina et al., (2007) que obtiveram maiores teores de ácidos fenólicos, folatos e compostos fenólicos totais em cereais após a fermentação e Chiş et al., (2018) que observaram o aumento na capacidade antioxidante em pães de quinoa fermentados naturalmente por *Lactobacillus plantarum*. Segundo estes autores, o metabolismo das bactérias lácticas aumenta a capacidade antioxidante de pães elaborados com massa ácida devido a produção e maior extratibilidade dos compostos fenólicos, em decorrência da acidificação do meio.

O acréscimo da polpa de jabuticaba também contribuiu para o aumento da capacidade antioxidante dos pães, em função da presença de diversos compostos naturalmente encontrados no fruto, tais como antocianinas (cianidina-3-glicosídeo e delphinidina-3-glicosídeo, majoritariamente), flavonóis derivados de quercetina e miricetina, compostos encontrados sobretudo nas cascas, elagitaninos, catequinas e flava-3-ols, encontrados principalmente na polpa e sementes do fruto (Neves et al., 2018).

3.4 Análise sensorial

De maneira geral, todos os pães foram bem aceitos pelos consumidores, obtendo notas médias acima de 6 e enquadradas entre os termos “gostei moderadamente” e “gostei muito” para os pães padrão e massa ácida e entre os termos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” para os pães acrescidos com polpa de jabuticaba (Tabela 7). Essa premissa é justificada pela afirmação de que, para uma amostra ser considerada bem aceita, precisa apresentar índice de aceitabilidade maior ou igual a 70% (Minim, 2010), fato verificado para todos os atributos analisados nos pães, exceto a intenção de compra dos pães acrescidos de jabuticaba.

Os pães elaborados com farinha refinada foram mais bem aceitos do que aqueles elaborados com farinha integral, embora o acréscimo da polpa de jabuticaba tenha minimizado essa diferença, fato percebido pela obtenção de notas médias muito próximas e muitas vezes estatisticamente semelhantes entre as formulações IMAJ e RMAJ. Segundo Conte, Fadda, Piga, & Collar, (2016), a percepção visual e tátil dos pães desempenha um papel fundamental na aceitabilidade dos consumidores. Segundo os mesmos autores, maiores concentrações de fibras correspondem a menor uniformidade celular, maior tamanho dos alvéolos, menor intensidade de sabor e intensificação do sabor salgado, o que pode contribuir para a menor aceitabilidade dos pães integrais, de forma geral.

Dentre todos os pães avaliados, pode-se dizer que o elaborado com o acréscimo de polpa de jabuticaba obteve a menor aceitação, apresentando notas inferiores aos seus respectivos padrões em quase todos os parâmetros avaliados. Em meio a essa discussão, vale destacar os valores obtidos nos atributos de aparência e cor dos pães acrescidos de jabuticaba, na qual a obtenção de valores inferiores pode ser atribuído aos resultados obtidos para as características de cor dessas amostras. A adição de jabuticaba, conforme discutido anteriormente ocasionou em pães mais escuros, devido, sobretudo, às cascas da fruta. Essa característica pode ter causado estranheza aos consumidores que não estão acostumados a

encontrar pães com colorações tão diferentes no mercado. Essa afirmativa é coerente com a correlação encontrada entre os atributos aparência e cor: 0,796 e 0,843 para os pães integrais e refinados, respectivamente (Pearson $p > 0,05$). Além disso, os pães de jabuticaba obtiveram menores notas para o sabor, sendo esse parâmetro grande influenciador da impressão global e intenção de compra. Essa afirmativa é reforçada pela observação da correlação entre os parâmetros analisados, sendo elas: 0,837 e 0,714 para a correlação entre sabor e impressão global dos pães refinados e integrais e 0,705 e 0,758 para sabor e intenção de compra dos pães refinados e integrais, respectivamente.

Tabela 7. Notas médias recebidas na avaliação sensorial para os atributos de aparência, cor, aroma, sabor, textura, impressão global e intenção de compra de pães elaborados com massa ácida e adição jabuticaba.

Amostra	Aparência	Cor	Aroma	Sabor
PI	7,75 ± 0,86 ^a	7,76 ± 0,91 ^a	7,36 ± 1,27 ^a	7,24 ± 1,26 ^a
IMA	7,76 ± 1,01 ^a	7,71 ± 0,98 ^a	7,37 ± 1,24 ^a	7,04 ± 1,28 ^a
IMAJ	6,96 ± 1,47 ^b	6,99 ± 1,57 ^b	7,10 ± 1,30 ^a	6,43 ± 1,89 ^b
PR	8,11 ± 0,99 ^a	8,05 ± 1,02 ^a	7,48 ± 1,37 ^a	7,60 ± 1,16 ^a
RMA	8,22 ± 0,82 ^a	8,00 ± 1,01 ^a	7,41 ± 1,31 ^a	7,28 ± 1,40 ^a
RMAJ	6,85 ± 1,75 ^b	6,72 ± 1,82 ^b	6,72 ± 1,76 ^b	6,61 ± 1,85 ^a
Amostra	Textura	Impressão global	Intenção de compra	
PI	7,28 ± 1,36 ^a	7,40 ± 1,03 ^a	3,85 ± 0,96 ^a	
IMA	6,96 ± 1,43 ^{ab}	7,38 ± 1,09 ^a	3,75 ± 1,00 ^{ab}	
IMAJ	6,62 ± 1,60 ^b	6,69 ± 1,51 ^b	3,13 ± 1,22 ^c	
PR	7,67 ± 1,30 ^a	7,75 ± 1,02 ^a	4,13 ± 0,87 ^a	
RMA	7,34 ± 1,38 ^a	7,57 ± 1,09 ^a	3,94 ± 0,79 ^a	
RMAJ	7,09 ± 1,78 ^a	6,73 ± 1,65 ^b	3,17 ± 1,17 ^b	

Médias das notas obtidas no teste sensorial seguidas do desvio padrão. Valores em uma mesma coluna com letras iguais não diferem estatisticamente entre si (Teste Tukey $p > 0,05$). PI: padrão integral, IMA: integral com massa ácida, IMAJ = integral com massa ácida e polpa de jabuticaba, PR = refinado integral, RMA = refinado com massa ácida, RMAJ = refinado com massa ácida e polpa de jabuticaba. Fonte: Autores.

4. Conclusão

A utilização de massa ácida como inóculo da fermentação e frutos de jabuticaba mostrou ser uma tecnologia promissora para a elaboração de pães. Sem a utilização de

aditivos, os pães obtidos apresentaram características tecnológicas desejáveis aos pães e obtiveram um incremento na capacidade antioxidante, aspecto bastante valorizado atualmente.

Embora a avaliação sensorial tenha resultado em menores notas para os pães acrescidos de jabuticaba, ainda pode-se considera-los bem aceitos pelo público. Levando em consideração que as notas obtidas ainda refletem 70% do valor total e que, por se tratar de um teste cego, onde os provadores não têm consciência do que estão provando, a menção que se trata de um produto acrescido de jabuticaba com incremento na sua capacidade antioxidante pode se um fator de elevação da apreciação dos consumidores.

Espera-se de trabalhos futuros a otimização de formulações para encontrar a que melhor apresente características nutricionais, sensoriais e tecnológicas, melhorando ainda mais a aplicabilidade dessa tecnologia.

Agradecimentos

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.

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>

Bender, D., Regner, M., D'Amico, S., Jäger, H., Tömösközi, S., & Schoenlechner, R. (2018). Effect of Differently Extracted Arabinoxylan on Gluten-Free Sourdough-Bread Properties. *Journal of Food Quality*, 2018, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/5719681>

Boukid, F., Folloni, S., Ranieri, R., & Vittadini, E. (2018). A compendium of wheat germ: Separation, stabilization and food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 120–133. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.001>

Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2009). *Tecnologia da panificação* (second). São Paulo: Manole.

Chavan, R. S., & Chavan, S. R. (2011). Sourdough Technology-A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(3), 169–182. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00148.x>

Chiş, M. S., Păucean, A., Stan, L., Mureşan, V., Vlaic, R. A., Man, S., Muste, S. (2018). Lactobacillus plantarum ATCC 8014 in quinoa sourdough adaptability and antioxidant potential. *Romanian Biotechnological Letters*, 23(3), 13581–13591.

Conte, P., Fadda, C., Piga, A., & Collar, C. (2016). Techno-functional and nutritional performance of commercial breads available in Europe. *Food Science and Technology International*, 22(7), 621–633. <https://doi.org/10.1177/1082013216637724>

Correa, M. J. Efecto de celulosas modificadas y pectinas sobre la microestructura y atributos de la calidad de la masa panaria. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata, 2012.

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>

Feyzi, Y., Malekirad, A., Fazilati, M., Salavati, H., Habibollahi, S., & Rezaei, M. (2016). Metals that are important for food safety control of bread product. *Toxicology Letters*, 258, S163–S164. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.06.1618>

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>

Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Calasso, M., Archetti, G., & Rizzello, C. G. (2019). Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 302, 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018>

Gragnani, M. A. L. (2010). Produção e avaliação de pão de forma com triticale e enzima transglutaminase microbiana. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Hayta, M., & Hendek Ertop, M. (2017). Optimisation of sourdough bread incorporation into wheat bread by response surface methodology: Bioactive and nutritional properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(8), 1828–1835. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13457>

Heiniö, R. L., Noort, M. W. J., Katina, K., Alam, S. A., Sozer, N., de Kock, H. L., Poutanen, K. (2016). Sensory characteristics of wholegrain and bran-rich cereal foods – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 47, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.002>

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 (Campinas)*, 34(4), 746–754. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6453>

Katina, K., Liukkonen, K.-H., Kaukovirta-Norja, A., Adlercreutz, H., Heinonen, S.-M., Lampi, A.-M., Poutanen, K. (2007). Fermentation-induced changes in the nutritional value of native or germinated rye. *Journal of Cereal Science*, 46(3), 348–355. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.07.006>

Lima, A. de J. B., Corrêa, A. D., Dantas-Barros, A. M., Nelson, D. L., & Amorim, A. C. L. (2011). Sugars, Organic Acids, Minerals and Lipids in Jaboticaba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(2), 540–550.

Liu, T., Li, Y., Yang, Y., Yi, H., Zhang, L., & He, G. (2020). The influence of different lactic acid bacteria on sourdough flavor and a deep insight into sourdough fermentation through RNA sequencing. *Food Chemistry*, 307, 125529. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125529>

9.125529

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>

Minin, V. P. R. (2013). *Análise sensorial: Estudo com consumidores*. Editora Viçosa, 3 edição. Viçosa, Brasil.

Neves, N. de A., Gomes, P. T. G., & Schmiele, M. (2020). Estudo exploratório sobre a elaboração e avaliação de pães de forma com fermentação natural e adição de polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart.). *Research, Society and Development*, 9(9), e956998036. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8036>

Neves, N. de A., Stringheta, P. C., Gómez-Alonso, S., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2018). Flavonols and ellagic acid derivatives in peels of different species of jabuticaba (*Plinia* spp.) identified by HPLC-DAD-ESI/MSn. *Food Chemistry*, 252(December 2017), 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.078>

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>

Olojede, A. O., Banwo, K., Ogunremi, O., & Sanni, A. (2015). Microbiological and physicochemical properties of sourdough bread from sorghum flour. *International Food Research Journal*, 22, 2610–2618.

- 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>
- Osuna, M. B., Romero, A. M., Avallone, C. M., Judis, M. A., & Bertola, N. C. (2018). Animal fat replacement by vegetable oils in formulations of breads with flour mixes. *Journal of Food Science and Technology*, 55(3), 858–867. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2888-x>
- Pontes, D. F., Oliveira, M. N. de, Herculano, L. da F. L., Costa, C. S. da, Medeiros, S. R. A., Valero-Cases, E., ... Fernández, M. J. F. (2020). Influência das mucilagens de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.) e linhaça marrom (*Linum usitatissimum* L.) na qualidade tecnológica de pães. *Research, Society and Development*, 9(10), e6469108924. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8924>
- 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>
- Santos, F. G., Aguiar, E. V., Centeno, A. C. L. S., Rosell, C. M., & Capriles, V. D. (2020). Effect of added psyllium and food enzymes on quality attributes and shelf life of chickpea-based gluten-free bread. *LWT*, 134, 110025. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110025>
- Schmiele, M., Jaekel, L. Z., Maris, S., Patricio, C., Steel, C. J., & Chang, Y. K. (2012). Original article 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*, (1991), 2141–2150. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03081.x>
- Siepmann, F. B., Ripari, V., Waszczyński, N., & Spier, M. R. (2018). Overview of Sourdough Technology: from Production to Marketing. *Food and Bioprocess Technology*, 11(2), 242–270. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1968-2>
- Van Kerrebroeck, S., Comasio, A., Harth, H., & De Vuyst, L. (2018). Impact of starter

culture, ingredients, and flour type on sourdough bread volatiles as monitored by selected ion flow tube-mass spectrometry. *Food Research International*, 106, 254–262. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.068>

Wu, S. B., Wu, J., Yin, Z., Zhang, J., Long, C., Kennelly, E. J., & Zheng, S. (2013). Bioactive and marker compounds from two edible dark-colored Myrciaria fruits and the synthesis of jaboticabin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(17), 4035–4043. <https://doi.org/10.1021/jf400487g>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Nathalia de Andrade Neves – 20,00%

Paula Thamara Goecking Gomes – 20,00%

Erick Michel Ramos do Carmo – 13,33%

Bruna Sanches Silva – 13,33%

Tatiana Nunes Amaral – 13,33%

Márcio Schmiele – 20,00%