Revista Brasileira de Agrotecnologia
V. 11, Nº 2, p. 39-48, ANO 2021
Garanhuns, PE, Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas
https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/index
DOI: 10.18378/REBAGRO.V12I2.8749

I CONGRESSO BRASILEIRO ONLINE DE CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS

PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS E SENSORIAIS DE PÃES OBTIDOS A PARTIR DE FERMENTAÇÃO NATURAL E ACRÉSCIMO DE CAGAITA (*Eugenia dysenterica* DC.)

Production and Evaluation of Technological and Sensory Characteristics of Sourdough Breads With Cagaita (Eugenia dysenterica DC.)

Nathalia de Andrade NEVES*[1], Paula Thamara Goecking GOMES[2], Letícia Aparecida de MORAIS[3], Mariana Pereira SILVEIRA[4], Marcio SCHMIELE[5]

RESUMO: A elaboração de pães a partir da fermentação natural é uma das formas mais antigas de emprego de biotecnologia para a obtenção de alimentos. Objetivou-se nesse trabalho a elaboração e caracterização de pães com a utilização de fermentação natural (massa ácida) e adição de cagaita. Foram preparadas quatro massas ácidas - integral e refinada - com e sem adição de cagaita. As massas foram alimentadas durante 16 dias e utilizadas como inóculo para a fermentação de pães. Além disso, foram preparadas duas formulações padrão (integral e refinada), totalizando seis formulações. As massas ácidas obtidas foram avaliadas quanto à contagem de bactérias lácticas e os pães quanto ao volume específico, umidade, acidez titulável total, pH, textura instrumental, atividade de água, avaliação de imagem das fatias, capacidade antioxidante e avaliação sensorial. Os resultados foram submetidos à análise de variância ($p<0,05$) e, quando significativas, as diferenças determinadas pelo teste de Tukey. Os resultados da análise sensorial também foram submetidos a Análise de Componentes Principais. 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 cagaita resultou em maiores capacidades antioxidantes. Os pães acrescidos de cagaita apresentaram menores notas na avaliação sensorial, sobretudo nos parâmetros de coloração, aparência, impressão global e intensão de compra, no entanto, a partir das notas recebidas, ainda pode-se considera-los bem aceitos. Os resultados demostraram que é viável a obtenção de pães a partir do emprego da tecnologia da massa ácida e de cagaita.

Palavras-chave: Massa ácida; Sourdough; Biotecnologia; Bactérias Lácticas; Panificação.

ABSTRACT: Bread making by sourdough is one of the oldest ways in which biotechnology in food processing. The objective of this work was the elaboration and characterization of bread using natural fermentation (sourdough) and addition of cagaita fruit. Four sourdough were prepared - whole and refined - with and without the addition of cagaita. The doughs were fed for 16 days and used as an inoculum for the bread fermentation. In addition, two standard formulations (whole and refined) were prepared, totaling six formulations. The sourdough obtained were evaluated for the lactic acid bacteria count and the breads for specific volume, humidity, total titratable acidity, pH, instrumental texture, water activity, slice image evaluation, antioxidant capacity and sensory evaluation. The results were submitted to analysis of variance ($p <0.05$) and, when significant, the differences determined by the Tukey test. The results of the sensory analysis were also submitted to Principal Component Analysis. Breads with sourdough had lower specific volumes and greater acidity compared to standard formulations. The use of wholemeal flour, sourdough and cagaita resulted in greater antioxidant capacities. The breads with cagaita had lower scores in the sensory evaluation, especially in the parameters of color, appearance, global impression and purchase intention, however, from the grades received, they can still be considered well accepted. The results showed that it is feasible to obtain bread from the use of acid dough and cagaita technology.

Key words: Sourdough; biotechnology; lactic bacteria; bread making.

*Autor para correspondência
Recebido para publicação em 20/04/2021; aprovado em 05/06/2021
[1]Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina- MG, andradeneves.nathalia@gmail.com.
[2]Mestre em ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, paulatgoecking@gmail.com.
[3]Bacharel em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, mleticia686@gmail.com
[4]Mestre em ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, mariana_silveira08@hotmail.com
[5]Doutor em Ciência e Tecnologia de alimentos, professor do Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e muruci, marcio.sc@ict.ufvjm.edu.br

INTRODUÇÃO

O pão é um dos alimentos básicos mais importantes e consumidos em todo mundo (KOISTINEN *et al.*, 2018). Atribuído aos egípcios, a utilização de pães fermentados e assados é a base da alimentação de diversos povos desde tempos remotos. Anterior à obtenção de leveduras comerciais, os pães eram produzidos a partir de fermentação natural, realizada por leveduras e bactérias lácticas naturalmente presentes na farinha e nos demais ingredientes. Esse tipo de fermentação é considerada um dos mais antigos processos biotecnológicos de obtenção de alimentos à base de cereais (SIEPMANN *et al.*, 2018). A modernidade trouxe consigo a comercialização de leveduras frescas ou liofilizadas que permitiu a redução do tempo necessário aos processos fermentativos, aumentando a praticidade, a velocidade, o controle e a versatilidade da fermentação. No entanto, a qualidade sensorial, nutricional e funcional dos pães diminuiu com a utilização de fermento comercial.

Atualmente se observa uma tendência à volta dos métodos antigos de fermentação, sobretudo com a utilização de massa ácida como inóculo do processo fermentativo. A massa ácida é uma mistura de farinha e água, a qual é fermentada por leveduras e bactérias lácticas, se tornando um ecossistema complexo no qual esses micro-organismos interagem (PÉTEL; ONNO; PROST, 2017). Como resultado, tem-se uma produção de compostos diferenciados em decorrência dos metabólitos secundários liberados, resultando em pães de melhor qualidade.

A massa ácida permite a obtenção de pães com melhores características sensoriais, com maior elasticidade, maior umidade interna e produção de diversos compostos voláteis (SIEPMANN *et al.*, 2018). Estudos preliminares descrevem mais de 540 voláteis reportados em pães com fermentação natural (PÉTEL; ONNO; PROST, 2017). Pães produzidos a partir desse tipo de tecnologia também têm maior vida útil devido à produção de compostos com atividades antifúngicas, bacteriocinas e bacteriostáticos, acidez mais elevada e melhores características nutricionais, pelo aumento da concentração de compostos bioativos e redução de compostos antinutricionais. A fermentação natural reduz o índice glicêmico do pão, reduz o teor de fitato em função do menor pH do meio e favorece a atividade de fitase endógena dos cereais. A degradação do ácido fítico permite um aumento na biodisponibilidade de minerais e aminoácidos livres. Além disso, a proteólise via protease endógena do cereal ou exógena dos lactobacilos da massa ácida influenciam positivamente na resposta alergênica de indivíduos intolerantes aos cereais, incluindo o glúten (GOBBETTI *et al.*, 2019).

A microbiota da massa ácida é bastante complexa, especialmente àquelas fermentadas espontaneamente. As espécies microbianas presentes na massa dependem do local, da seleção dos ingredientes e até mesmo do contingente humano envolvido no processo. Estudos identificaram mais de 50 espécies de bactérias lácticas e 20 espécies de leveduras em trabalhos envolvendo massa ácida. A proporção entre esses dois grupos de micro-organismos também é relativa, sendo observada uma tendência de população de bactérias lácticas:leveduras de 100:1 (SAKANDAR *et al.*, 2019). A adição de ingredientes à massa ácida contribuem para aumentar e diversificar a microbiota do sistema, sobretudo a adição de enzimas e açúcares (PÉTEL; ONNO; PROST, 2017). Assim, a produção de pães com a adição de ingredientes não convencionais pode contribuir ainda mais para a obtenção de produtos diferenciados, mais saudáveis e com melhores características nutricionais e sensoriais.

A cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.) é uma frutífera nativa do Cerrado, pertencente à família *Myrtaceae*. Seu fruto é consumido in natura ou nas formas de geleias, sucos e sorvetes. Embora o consumo desta fruta seja bastante limitado à região produtora devido à alta perecibilidade, não resistindo a mais de seis dias depois de colhida. Além do sabor exótico, muito apreciado, a cagaita é considerada fonte de polifenóis, incluindo taninos como elagitaninos e proantociadininas, flavonoides como os derivados de quercetina e kaempferol e ácidos fenólicos, como o ácido elágico, além de vitamina C, da qual possui teor significativamente superior aos demais frutos de cerrado, vitamina A e folato (DAZA *et al.*, 2017; DONADO-PESTANA *et al.*, 2018).

Como forma de aproveitamento das safras de cagaita e de obtenção de pães com características nutricionais e sensoriais diferenciadas, o presente trabalho teve por objetivo o estudo da aplicabilidade de polpa de cagaita na obtenção de pães com fermentação natural a partir de massa ácida.

MATERIAL E MÉTODOS

Aquisição da matéria-prima

Frutos de cagaita foram adquiridos no comércio local, oriundos do extrativismo. Os frutos foram triturados integralmente e congelados 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.

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

Elaboração da massa ácida

A massas ácidas foram preparadas de acordo com o descrito por Minervini *et al*. (2010). Foram preparadas quatro tipos de massas ácidas, sendo duas delas 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 da polpa de cagaita. As massas foram incubadas a 28±1ºC por 16 dias, sendo que a cada 24 horas, metade da

massa era retirada e recomposta pelos ingredientes da massa ácida, exceto o fermento biológico instantâneo.

Elaboração dos pães

Após os 16 dias de produção da massa ácida foram preparados 6 amostras de pães, sendo três deles integrais, elaborados com farinha trigo integral reconstituída: i) padrão integral, ii) integral com massa ácida, iii) integral com massa ácida e cagaita; e três utilizando farinha de trigo refinada: iv) padrão refinado, (v) refinado com massa ácida e (vi) refinado com massa ácida e cagaita.

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 qual foi adicionada de forma suficiente para a hidratação da farinha e desenvolvimento da rede de glúten. 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 cagaita, 10% da farinha de trigo foi ainda substituída pela fruta 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 determinada visualmente e pelo tato do operador.

As massas batidas foram divididas em porções de 400 gramas, boleadas, modeladas e colocadas em formas de alumínio. Em seguida, foram fermentadas a 32±3°C até o início da perda da resiliência da massa. Depois de fermentados, os pães foram forneados a 160°C por 30 minutos, resfriados a temperatura ambiente e embalados em sacos de polietileno de baixa densidade e estocados a temperatura ambiente.

Avaliação da massa ácida e dos pães

As massas ácidas obtidas ao final dos 16 dias foram submetidas à contagem de bactérias lácticas (APLEVICZ *et al*., 2014). Os pães foram avaliados no dia 1 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, pH e acidez do miolo e da crosta, capacidade antioxidante e à avaliação de imagem das fatias. Todas as avaliações foram realizadas em triplicata, com exceção da textura instrumental, que foi avaliada em oito repetições.

Volume específico

O volume específico foi determinado por meio da metodologia de deslocamento de painço, conforme método 10-05.01 (AACCI, 2010).

Cor instrumental

A cor instrumental 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:

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

Umidade da crosta e do miolo e atividade de água

A umidade da crosta e do miolo foi avaliada por meio do método 44.15.02 (AACCI, 2010) e a atividade de água foi avaliada de acordo com descrito por Neves *et al*, (2020).

Textura instrumental

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

pH e acidez do miolo e da casca

Os parâmetros de pH e acidez titulável total foram avaliados pelos métodos 02-52.01 e 02-31.01 da AACCI (2010). A determinação do pH foi realizada em pHmetro digital Tecnopon, AC-100, A acidez titulável total foi determinada através da reação de neutralização por meio de titulação e os resultados foram expressos em % de ácido lático.

Avaliação de imagem

Três fatias de cada formulação foram escaneadas 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, perímetro alveolar, circularidade, número de alvéolos e o seu tamanho médio, metodologia descrita por Neves *et al*., (2020)

Capacidade antioxidante

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

Análise sensorial

A análise sensorial, com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 71697717.5.0000.5108), foi realizada mediante ao teste de aceitação, por 100 provadores não treinados, segundo metodologia descrita por Minim (2013). Foi utilizada escala hedônica 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. Foi avaliada também a intenção de compra em cinco pontos: (5) certamente compraria, (4) provavelmente compraria, (3) tenho dúvida se compraria ou não, (2) provavelmente não compraria, (1) certamente não compraria.

Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e comparação de médias através de teste de Tukey, 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. Os dados foram também submetidos a Análise de Componentes Principais (PCA). Todas as análises foram executadas por meio do software R Studio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As massas ácidas, conforme esperado, fermentaram durante os 16 dias de incubação, sendo observada a liberação de CO_2 e a formação de diversos compostos aromáticos. A contagem das bactérias lácticas (Tabela 1) demonstrou que, para as massas integrais, a adição de cagaita favoreceu o aumento do número de unidades formadoras de colônia, sendo esta a amostra que apresentou o maior número, sendo que os valores estão na mesma unidade logarítmica. Nas demais massas, os valores encontrados não diferiram estatisticamente entre si. A massa integral adicionada de cagaita apresenta maior concentração de nutrientes em relação às demais, fato que poderia justificar o maior crescimento microbiano.

Tabela 1. Concentração de bactérias láticas em massas ácidas obtidas para a elaboração de pães com fermentação natural e acrescidos de polpa de cagaita.

Amostra	Contagem de bactérias lácticas (UFC/g)
Integral	$1,61 \pm 0,39 .10^{8b}$
Integral adicionada de cagaita	$4,19 \pm 1,28.10^{8a}$
Refinada	$1,51 \pm 0,49.10^{8b}$
Refinada adicionada de cagaita	$1,51 \pm 0,26.10^{8b}$

UFC: unidades formadoras de colônia. Fonte: Os autores

Na Tabela 2 estão expressos os resultados encontrados para as características tecnológicas dos pães obtidos.

A análise dos dados permitiu observar que os valores de pH da massa estão de acordo com o esperado. Com o declínio do valor a partir da incorporação de massa ácida e massa ácida e cagaita. Esse fato, evidente para os pães refinados, não ocorreu para os pães integrais, para os quais a massa obtida tradicionalmente não diferiu estatisticamente da massa adicionada de massa ácida.

Em relação ao volume dos pães, observou-se que, para os pães de farinha refinada, a incorporação de massa ácida causou a sua redução, fato não evidente para os pães integrais. Com a utilização da massa ácida como inóculo na fermentação, espera-se que os pães tenham menores volumes pelo possível menor aporte e coeficiente de fermentação dos micro-organismos fermentadores em relação a um fermento comercial. Assim, os metabólitos produzidos por tais micro-organismos, incluindo o de interesse, CO_2, são produzidos em menores proporções, ocasionando em menor expansão dos pães e, consequentemente, menores volumes. Além disso, o coeficiente de fermentação das bactérias lácticas é menor em comparação às leveduras. Além do CO_2, as bactérias lácticas direcionam o seu ciclo para a produção de ácido láctico e acético. Pães elaborados com farinhas integrais possuem naturalmente menores volumes devido ao efeito combinado da diluição do glúten e os efeitos intrínsecos do farelo, sendo: alta retenção de água, maior concentração de glutationa e ácido ferúlico e enzimas presentes na camada de aleurona, que causam efeito de relaxamento da rede de glúten (PAESANI *et al.*, 2020).

Quanto à firmeza, o pão integral com massa ácida apresentou valor estatisticamente semelhante ao padrão, indicando que adição de massa ácida não interferiu na textura desse pão. No entanto, o pão integral com massa ácida e cagaita apresentou firmeza menor e, consequentemente, maior maciez do que os demais pães integrais. Para os pães refinados, observou-se que a adição de cagaita resultou em firmeza semelhante ao padrão, enquanto, com a adição de massa ácida somente, os pães obtiveram maiores firmezas. Esse fato se deve provavelmente pela composição da cagaita, a qual possui alta concentração de ácidos graxos na polpa, sobretudo ácidos linoleico (10,5%) e linolênico (11,8%) (REIS; SCHMIELE, 2019). Sabe-se que ácidos graxos atuam na plasticidade e tolerância da massa à fermentação, além de reduzir a absorção de água e o atrito entre as camadas de glúten, podendo ter contribuído positivamente para a sua maciez.

Tabela 2 – Características tecnológicas da massa e dos pães obtidos a partir de fermentação natural e adição de polpa de cagaita

Amostra	pH da massa	Volume específico dos pães (mL/g)	Firmeza do miolo (N)
PI	5,73 ± 0,01^{a}	2,29 ± 0,18^{ab}	14,18 ± 0,69^{a}
IMA	5,72 ± 0,01^{a}	2,15 ± 0,09^{b}	15,31 ± 1,13^{a}
IMAC	5,41 ± 0,08^{b}	2,48 ± 0,09^{a}	6,01 ± 1,08^{b}
PR	6,01 ± 0,02^{a}	3,77 ± 0,10^{a}	4,99 ± 0,93^{b}
RMA	5,64 ± 0,01^{b}	2,96± 0,10^{b}	6,61± 0,61^{a}
RMAC	5,46 ± 0,01^{c}	3,16 ± 0,04^{b}	5,69 ± 0,59^{b}

PI- pão integral padrão; IMA- pão integral elaborado com fermentação natural; IMAC- pão integral elaborado com fermentação natural e cagaita PR- pão refinado padrão; RMA- pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAC- pão refinado elaborado com fermentação natural e cagaita. 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: os autores

As características tecnológicas das crostas e miolos dos pães obtidos estão apresentadas na Tabela 3.

A incorporação de massa ácida e cagaita resultou em pães com maior acidez que somente os elaborados com massa ácida e esses apresentaram acidez maior que o respectivo padrão, tanto para os pães refinados quanto para os integrais. A elevação da acidez é esperada com a utilização de massa ácida pela síntese de ácidos orgânicos, principalmente láctico, acético e succínico, pelas bactérias lácticas, sendo essa uma das principais características observadas com o emprego desse tipo de tecnologia (CORONA *et al.*, 2016). Característica essa com efeitos positivos sobre o produto, tais como sabor característico, aumento da biodisponibilidade de minerais, aumento da solubilidade da fração de glúten extraída da farinha de trigo e do seu poder de dilatação e aumento da vida de prateleira do produto (CHAVAN; CHAVAN, 2011). Além do fator biotecnológico, a incorporação de cagaita contribuiu ainda mais para a elevação da acidez devido aos ácidos presentes naturalmente no fruto, tais como málico e cítrico (SILVA *et al.*, 2019). Os valores de pH encontrados seguiram a tendência da acidez, com a diminuição do pH com o aumento do teor de ácidos presentes nas massas.

Pequenas variações foram observadas nos valores de atividade de água dentre as amostras. Embora tenha havido essas variações, todos os valores encontrados estão acima de 0,90, o que torna o alimento susceptível ao crescimento microbiano, principalmente fungos. Os valores encontrados são condizentes com a atividade de água comumente encontradas em pães de forma (NEVES et al., 2020)

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.

.

Tabela 3 – Características tecnológicas das crostas e miolos dos pães de cagaita

Amostra		Acidez titulável total (% de ácido lático, m/m)	pH	aw	Umidade (%, m/m)
PI	Crosta	0,42 ± 0,02^{c}	5,81 ± 0,02^{b}	0,9296 ± 0,0086^{b}	30,29 ± 0,64^{d}
	Miolo	0,41 ±0,05^{c}	5,92 ± 0,03^{a}	0,9535 ± 0,0003^{a}	37,10 ± 0,26^{b}
IMA	Crosta	0,53 ± 0,01^{b}	5,46 ± 0,04^{d}	0,9330 ± 0,0020^{b}	31,11 ± 0,37^{d}
	Miolo	0,60 ±0,04^{ab}	5,57 ± 0,03^{c}	0,9434 ± 0,0040^{ab}	35,45 ± 0,15^{c}
IMAC	Crosta	0,64 ± 0,02^{a}	5,36 ± 0,01^{e}	0,9365 ± 0,0070^{b}	34,39 ± 0,23^{c}
	Miolo	0,64 ± 0,02^{a}	5,35 ± 0,01^{e}	0,9535 ± 0,0084^{a}	38,94± 0,83^{a}
PR	Crosta	0,47 ± 0,04^{bc}	5,69 ± 0,03^{b}	0,9077 ± 0,0088^{b}	26,46 ± 0,84^{c}
	Miolo	0,48 ± 0,03^{bc}	5,91 ± 0,03^{a}	0,9440 ± 0,0095^{a}	35,64 ± 0,92^{a}
RMA	Crosta	0,46 ± 0,03^{c}	5,58 ± 0,02^{c}	0,9429 ± 0,0130^{ab}	35,51 ± 0,45^{a}
	Miolo	0,47 ± 0,01^{c}	5,54 ± 0,04^{c}	0,9263 ± 0,0096^{ab}	31,26 ± 0,38^{b}
RMAC	Crosta	0,56 ± 0,01^{a}	5,24 ± 0,02^{d}	0,9398 ± 0,0019^{a}	32,70 ± 0,33^{b}
	Miolo	0,55 ± 0,01^{ab}	5,25 ± 0,01^{d}	0,9520 ± 0,0107^{a}	37,11 ± 0,37^{a}

PI- pão integral padrão; IMA- pão integral elaborado com fermentação natural; IMAC- pão integral elaborado com fermentação natural e cagaita; PR- pão refinado padrão; RMA- pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAC- pão refinado elaborado com fermentação natural e cagaita. 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.

Os dados obtidos para as características de cor das crostas e miolos obtidos estão apresentados na Tabela 4.

A coloração do pão integral adicionado de massa ácida e polpa de cagaita apresentou-se mais escura que os demais pães integrais, dado à presença de pigmentos no fruto de cagaita, tais como os flavonols e os carotenoides (GONÇALVES; LAJOLO; GENOVESE, 2010). Com relação aos valores de *a** e *b**, para todas as formulações de pães integrais, as crostas apresentaram valores superiores aos do miolo. O delta E para a comparação da coloração das crostas foi menor

que 1,5 para os pães integrais sendo consideradas pouco distintas de acordo com Tiwaei *et al*. (2008). No entanto, os miolos dos pães com massa ácida e massa ácida e polpa foram maiores que 3, indicando diferenças muito distintas na coloração em relação ao padrão. Esse fato pode estar relacionado ao menor volume específicos dos pães, ocasionando a concentração dos pigmentos presentes.

Os pães obtidos de farinha refinada apresentaram delta E maior que 3 para as crostas e miolos, indicando que os pães acrescidos de massa ácida e massa ácida polpa de cagaita apresentaram diferenças muito distintas na coloração em relação ao pão refinado padrão. Tendo em vista que a farinha refinada é mais clara, a presença de polpa de cagaita oferece maiores alterações visíveis na cor comparado com a farinha integral. Senso assim, o miolo do pão RMAC apresentou a maior diferença em relação ao padrão. Esse fato pode ser mais bem visualizado na figura 1.

Tabela 4 - Características de cor da crosta e miolo dos pães de cagaita

Amostra		*L**	*a**	*b**	Delta E
PI	Crosta	67,41 ± 1,03^{a}	6,60 ± 0,45^{a}	21,49 ± 0,54^{a}	-
	Miolo	68,12 ± 0,92^{a}	5,25 ± 0,24^{b}	20,66 ± 0,61^{ab}	-
IMA	Crosta	66,71 ± 0,92^{a}	6,47 ± 0,41^{a}	20,98 ± 0,33^{a}	1,29 ± 0,55^{b}
	Miolo	68,46 ± 0,26^{a}	5,27 ± 0,07^{b}	19,74 ± 0,20^{b}	6,89 ± 0,75^{a}
IMAC	Crosta	61,54 ± 0,15^{b}	5,82 ± 0,32^{ab}	18,13 ± 0,54^{c}	1,25 ± 0,69^{b}
	Miolo	61,93 ± 0,21^{b}	5,02 ± 0,13^{b}	16,72 ± 0,09^{d}	7,40 ± 0,43^{a}
PR	Crosta	71,03 ± 1,32^{c}	6,06 ± 0,40^{a}	21,09 ± 0,61^{a}	-
	Miolo	79,71 ± 0,10^{a}	2,19 ± 0,02^{c}	19,57 ± 0,12^{b}	-
RMA	Crosta	79,05 ± 0,37^{a}	2,31 ± 0,05^{b}	19,84 ± 0,15^{b}	8,69 ± 0,93^{b}
	Miolo	77,36 ± 0,45^{b}	3,71 ± 0,35^{b}	21,39 ± 0,42^{a}	5,37 ± 0,95^{c}
RMAC	Crosta	69,52 ± 0,21^{c}	3,55 ± 0,03^{c}	16,74 ± 0,16^{c}	3,34 ± 0,75^{d}
	Miolo	70,094 ± 0,24^{c}	2,53 ± 0,07^{c}	14,15 ± 0,13^{d}	11,04 ± 0,12^{a}

PI - pão integral padrão; IMA - pão integral elaborado com fermentação natural; IMAC - pão integral elaborado com fermentação natural e cagaita; PR - pão refinado padrão; RMA - pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAC - pão refinado elaborado com fermentação natural e cagaita. 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. A variação visível de cor foi calculada em função da respectiva amostra padrão.

Figura 1 – Imagens das fatias dos pães integrais e refinados produzidos com massa ácida e cagaita

PI - pão integral padrão; IMA - pão integral elaborado com fermentação natural; IMAC - pão integral elaborado com fermentação natural e cagaita; PR - pão refinado padrão; RMA - pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAC - pão refinado elaborado com fermentação natural e cagaita.

As características das fatias, observadas por meio da análise de imagem, estão dispostas na Tabela 5.

A partir da observação dos dados foi evidente que os pães integrais não apresentaram diferenças para todas as características de imagem analisadas. Esse fato atesta que a utilização de massa ácida e massa ácida e cagaita não resultou em características indesejáveis ao pão, que poderiam comprometer a qualidade em uma avaliação visual, característica muito importante do ponto e vista do consumidor. Por sua vez, para os pães refinados, observou-se que houve uma redução da área total e % de ar para ambos os pães obtidos a partir da fermentação natural e uma redução do tamanho médio e perímetro dos alvéolos somente para os pães fermentados naturalmente, sem acréscimo de cagaita. Tal fato indica que houve uma menor incorporação de ar na massa durante a fermentação natural, resultando em diminuição da expansão das células de gás durante o salto de forno (NEVES; GOMES; SCHMIELE, 2020). Essa menor incorporação

pode estar relacionada à menor quantidade de micro-organismos disponíveis para a fermentação ou pela presença de células viáveis não cultiváveis em função do baixo pH, quando comparada à formulação padrão, resultando em menores quantidades de metabólitos, dentre eles, o CO_2. A presença de cagaita pode ter amenizado o fato pela presença de outros nutrientes que serviriam como propulsores da fermentação. Os resultados apresentados estão coerentes com o menor volume apresentados por pães refinados fermentados naturalmente. É esperado que pães de boa qualidade apresentem fatias bem aeradas, com grande quantidade de alvéolos, de tamanhos pequenos e distribuição uniforme. Fatias endurecidas, com alvéolos deficientes estão relacionadas a baixo volume dos pães (NEVES; GOMES; SCHMIELE, 2020).

As variações obtidas entre pães refinados e integrais são esperadas por caracterizarem o tipo de produto. Espera-se que pães obtidos a partir de farinhas integrais apresentem menores áreas total de alvéolos, com menor % de ar e maiores perímetros, uma vez que tendem a expandir menos, devido aos efeitos intrínsecos à farinha. Os perímetros se relacionam com a regularidade do contorno alveolar, sendo que menores perímetros estão associados a uma maior regularidade para uma mesma área. A circularidade é uma característica adimensional relacionada ao grau de compactação dos alvéolos, indicando a sua simetria. Varia de 0 a 1, sendo 1 correspondente a um círculo perfeito (Correa, 2012). A circularidade de todos os pães está muito próxima, favorecendo a semelhança visual das amostras.

Na tabela 6 estão dispostos os resultados encontrados para o teste de capacidade antioxidante dos pães.

Tabela 5 - Características da análise de imagem das fatias apresentadas por pães elaborados com massa ácida e acréscimo de cagaita

Amostra	Número de alvéolos	Tamanho médio dos alvéolos	Área Total (cm^2)	% de ar	Perímetro dos alvéolos (cm)	Circularidade
PI	247,00±39,95^{ns}	4,79 ±1,12^{ns}	11,52 ±1,08^{ns}	36,00 ±3,56^{ns}	0,93 ±0,16^{ns}	0,80 ±0,03^{ns}
IMA	256,33 ±21,50^{ns}	4,49± 0,35^{ns}	11,46 ±0,09^{ns}	35,67 ±0,26^{ns}	0,94 ±0,03^{ns}	0,79 ±0,01^{ns}
IMAC	264,00±28,05^{ns}	4,23± 0,81^{ns}	11,02 ±1,03^{ns}	34,53 ±3,22^{ns}	0,87 ±0,12^{ns}	0,80±0,01^{ns}
PR	248,00±8,66^{ns}	4,28± 0,12^{a}	10,62 ±0,51^{a}	33,28 ±1,59^{a}	0,87 ±0,02^{a}	0,80 ±0,02^{b}
RMA	258,33±47,27^{ns}	2,00± 0,05^{b}	5,19 ±1,06^{b}	16,19 ±3,29^{b}	0,47 ±0,02^{b}	0,89 ±0,01^{a}
RMAC	242,50±13,50^{ns}	3,23± 0,72^{a}	2,10 ±0,16^{c}	6,57 ±0,52^{c}	0,70 ±0,14^{a}	0,88 ±0,03^{a}

PI - pão integral padrão; IMA - pão integral elaborado com fermentação natural; IMAC - pão integral elaborado com fermentação natural e cagaita; PR - pão refinado padrão; RMA - pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAC - pão refinado elaborado com fermentação natural e cagaita. ns = não significativo. Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas sobrescritas, na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 95% de confiança, considerando a comparação entre os pães integrais e entre os pães de farinha refinada.

Tabela 6. Capacidade antioxidante (método ORAC) de pães de forma elaborados com fermentação natural e acrescidos de polpa de cagaita

Pães refinados	Atividade antioxidante (µmol de Trolox/g)
R	64,78 ± 4,69 ^{c}
RMA	87,82 ± 6,96 ^{b}
RMAC	105,83 ± 5,02 ^{a}
Pães integrais	**Atividade antioxidante (µmol de Trolox/g)**
I	84,63 ± 5,23 ^{c}
IMA	122,24 ± 5,63 ^{b}
IMAC	147,30 ± 4,35 ^{a}

PI - pão integral padrão; IMA - pão integral elaborado com fermentação natural; IMAC - pão integral elaborado com fermentação natural e cagaita; PR - pão refinado padrão; RMA - pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAC - pão refinado elaborado com fermentação natural e cagaita. 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.

A partir dos resultados apresentados foi possível observar que a fermentação natural contribuiu para o aumento da capacidade antioxidante dos pães, assim como o acréscimo de cagaita. Além disso, os pães integrais apresentaram maiores valores do que os refinados. É esperado que a fermentação natural resulte em efeitos positivos sob a capacidade antioxidante de pães pela incorporação de compostos bioativos como de fato ocorreu, sobretudo, pela liberação de compostos fenólicos como consequência da degradação da parede celular vegetal por enzimas endógenas, de origem microbiana (IRAKLI *et al.*, 2019). A adição de cagaita contribuiu para o acréscimo da capacidade antioxidante em virtude da composição do fruto, que contém flavonols sobretudo derivados de quercetina (DAZA *et al.*, 2017), concentração de compostos fenólicos de 150mg/100 g de fruto, além de vitamina C, 9,8 mg/100 g (GENOVESE *et al.*, 2008).

A capacidade antioxidante dos pães elaborados a partir de farinha integral apresentaram maiores teores de capacidade antioxidante em relação aos refinados. Tal fato se justifica pela presença de farelo e gérmen de trigo, produtos que contem em sua composição tocoferóis, fitoesteróis, policosanois, carotenoides, fenólicos, folatos, tiamina e riboflavina, no caso do gérmen (ZOU *et al.*, 2018) e ácidos fenólicos, incluindo o

ferúlico, vanílico, cumarico, cafeico e clorogênico, presentes no farelo (NA *et al.*, 2019).

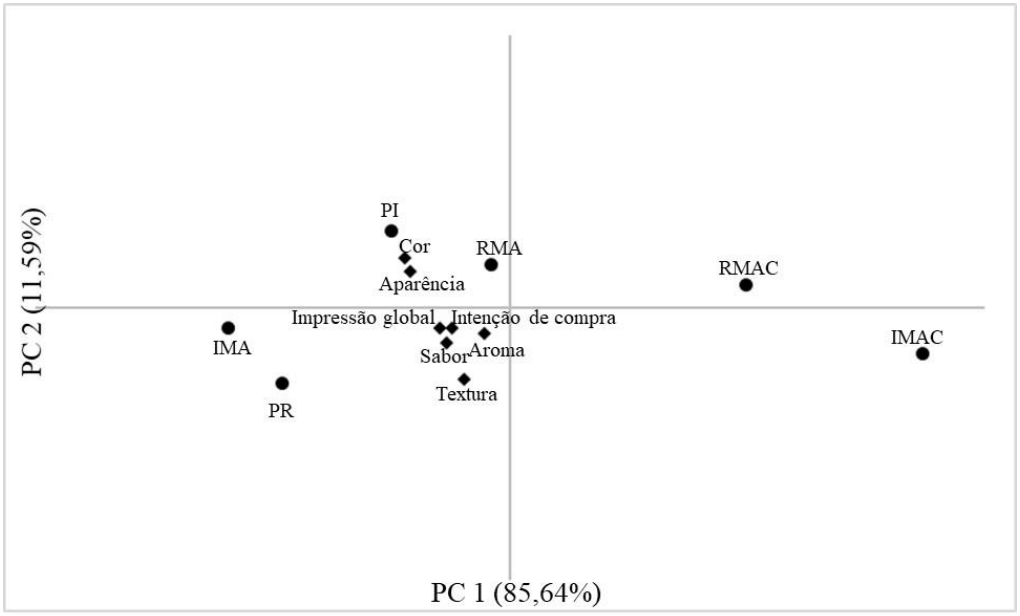
Os resultados obtidos para o teste sensorial dos pães de cagaita estão representados na Tabela 7 e o gráfico da componente principal 1 x componente principal 2, obtido por meio da Análise de Componentes Principais (PCA) para os mesmos resultados, estão representados na Figura 2.

Tabela 7. Média das notas atribuídas em análise sensorial de pães elaborados com fermentação natural e adição de polpa de cagaita.

Parâmetro	Refinado			Integral		
	Padrão	Massa ácida	Massa ácida e cagaita	Padrão	Massa ácida	Massa ácida e cagaita
Aparência	8,06 ± 1,18^{a}	8,18 ± 1,10^{a}	6,19 ± 1,88^{b}	7,83 ± 1,16^{a}	7,57± 1,28^{a}	6,84 ± 1,61^{b}
Cor	8,04 ± 1,02^{a}	8,12 ± 1,06^{a}	5,97 ± 1,76^{b}	7,67± 1,46 ^{a}	7,53 ± 1,24 ^{a}	6,77 ± 1,70 ^{a}
Aroma	7,14 ± 1,62 ^{a}	7,34 ± 1,39 ^{a}	6,91 ± 1,79 ^{a}	7,69 ± 1,47^{a}	7,12 ± 1,59^{b}	7,18 ± 1,54^{ab}
Sabor	6,80 ± 1,59^{ab}	7,32 ± 1,40^{a}	6,30 ± 1,95^{b}	7,63 ± 1,39^{a}	7,07 ± 1,63^{a}	6,35 ± 1,82^{b}
Textura	7,08 ± 1,65^{b}	7,91 ± 1,23^{a}	7,12 ± 1,67^{b}	7,92 ± 1,19^{a}	6,82 ± 1,75^{a}	6,79 ± 1,68^{a}
Impressão global	7,23 ± 1,24^{b}	7,76 ± 1,15^{a}	6,41 ± 1,66^{c}	7,77 ± 1,30^{a}	7,15 ± 1,44^{b}	6,74 ± 1,51^{b}
Intenção de compra	3,65 ± 1,13^{b}	4,17 ± 1,00^{a}	3,07 ± 1,26^{c}	4,14 ± 0,93^{a}	3,71 ± 1,00^{b}	3,23 ± 1,11^{c}

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.

Figura 2. Gráfico bidimensional (*scores* e *loadings*) da Análise de Componentes Principais realizada para os resultados de análise sensorial de pães de forma elaborados com fermentação natural e acréscimo de polpa de cagaita.



PI - pão integral padrão; IMA - pão integral elaborado com fermentação natural; IMAC - pão integral elaborado com fermentação natural e cagaita; PR - pão refinado padrão; RMA - pão refinado elaborado com fermentação natural; RMAC - pão refinado elaborado com fermentação natural e cagaita.

Em todos os atributos analisados, exceto aroma e textura, os pães de cagaita obtiveram notas inferiores aos padrões ou aos elaborados com massa ácida somente. Sugerindo que o acréscimo de cagaita pode ter ocasionado no estranhamento por parte dos consumidores, que não estão acostumados a ingerir pães com coloração, aroma e sabor tão exóticos. No entanto, os resultados não comprometem a viabilidade da produção uma vez que, em todos os atributos, as notas obtidas foram superiores o mínimo exigido para os produtos serem considerados bem aceitos (70%) (MINIM, 2013).

Observou-se que entre os pães de farinha refinada, os elaborados com massa ácida obtiveram notas superiores para textura, fato esperado no emprego desse tipo de tecnologia, para a qual o metabolismo das bactérias lácticas resulta na produção dextranas. Esses hidrocoloides naturais produzidos extracelularmente por bactérias lácticas são capazes de melhoras as propriedades reológicas da massa, alterando a absortividade de água pela farinha, aumentando a sensação de água na massa e a suavidade do miolo dos pães (WANG *et al.*, 2020).

A partir da Análise de Componentes Principais (PCA) é possível observar que a PC1, responsável por compreender 85,64% da variância total das amostras, foi capaz de dividir o universo amostral em dois grupos distintos, sendo um deles composto pelos ambos os pães acrescidos de cagaita (refinado e integral) e o outro, pelos demais pães. Esse fato confirma a informação de que esses pães obtiveram notas inferiores aos demais, sendo assim distinguidos. Ainda por meio

da PC1, é notória a correlação entre os atributos “aparência” e “cor”, mostrando que a coloração é um fator importante na avaliação da aparência dos pães pelos consumidores e a aparência pouco usual dos pães de cagaita, com coloração mais escura do que os consumidores estão acostumados, pode ter contribuído para as menores notas recebidas nesses atributos. Os atributos de “impressão global” e “intensão de compra” mostraram-se também com alta correlação, fato coerente para esse tipo de avaliação, na qual espera-se que o consumidor tenha intenção de comprar os produtos para os quais a avaliação foi positiva.

A CP2 foi capaz de abranger 11,58% da variância total e separou as amostras PI e RMA das demais, sendo elas influenciadas por maiores valores de aparência e cor. Sendo assim, é possível afirmar que, dentre os pães refinados, o RMA foi o mais bem avaliado sensorialmente, enquanto para os integrais, a melhor avaliação ficou com o padrão.

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 pela bolsa de estudos de M. P. Silveira e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de estudos de P. T. G. Gomes e L. A. Morais e pelo auxílio financeiro (projeto Universal, #424938/2016-2).

CONCLUSÕES

De maneira geral, a adição de massa ácida e cagaita na panificação resultou em pães com menores volumes específicos, texturas mais firmes e colorações distintas das formulações padrão. Essas caraterísticas são ainda mais visíveis para os pães refinados, onde a adição de massa ácida e cagaita resultou em maiores diferenças. No entanto, na análise de imagem das fatias, as diferenças entre as formulações não foram perceptíveis para os pães integrais, tornando a qualidade das formulações comparáveis entre si. A adição de massa ácida e cagaitas contribuiu para o aumento da capacidade antioxidante dos pães, favorecendo seu apelo funcional. Esse atributo foi ainda maior para os pães integrais. Os resultados da análise sensorial demostraram que, embora os pães acrescidos de cagaita obtiveram resultados em notas inferiores às suas respectivas formulações padrão, os valores obtidos foram suficientes para se considerar os produtos como bem aceitos. Assim, a aceitação dos consumidores não seria um fator limitante para a produção e comercialização de pães a partir da tecnologia e do desenvolvimento proposto por este estudo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS INTERNATIONAL (AACCI). Approved methods. 11 ed. St. Paul: AACC, 2010.

APLEVICZ, K. S.; MAZO, J. Z.; ILHA, E. C.; DINON, A. Z.; SANT´ANNA, E. S. Isolation and characterization of lactic acid bacteria and yeasts from the Brazilian grape sourdough. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, São Paulo, v.50, n.2, p.321–327, 2014.

CHAVAN, R. S.; CHAVAN, S. R. Sourdough Technology-A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Chicago, v.10, n.3, p.169–182, 2011.

CORREA, M. J. Efecto de celulosas modificadas y pectinas sobre la microestrutura y atributos de la calidad de la masa panaria. 2012. 311f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, 2012.

CORONA, O.; ALFONZO, A.; VENTIMIGLIA, G.; NASCA, A.; FRANCESCA, N.; MARTORANA, A.; MOSCHETTI, G.; SETTANNI, L. Industrial application of selected lactic acid bacteria isolated from local semolinas for typical sourdough bread production. Food Microbiology, v.59, p.43–56, 2016.

DAZA, L. D.; FUJITA, A.; GRANATO, D.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GENOVESE, M. I. Functional properties of encapsulated Cagaita (Eugenia dysenterica DC.) fruit extract. Food Bioscience, v. 18, p. 15–21, 2017.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC−Fluorescein) Assay. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.52, n.1, p.48–54, 2004.

DONADO-PESTANA, C. M.; SANTOS-DONADO, P. R.; DAZA, L. D.; BELCHIOR, T.; FESTUCCIA, W. T.; GENOVESE, M. I. Cagaita fruit (Eugenia dysenterica DC.) and obesity: Role of polyphenols on already established obesity. Food Research International, v.103, p.40–47, 2018.

GENOVESE, M. I.; SILVA PINTO, M.; GONÇALVES, A. E. S. S. ; LAJOLO, F. M. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Exotic Fruits and Commercial Frozen Pulps from Brazil. Food Science and Technology International, Chiccago, v.14, n.3, p.207–214, 2008.

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

GONÇALVES, A. E. S. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical Composition and Antioxidant/Antidiabetic Potential of Brazilian Native Fruits and Commercial Frozen Pulps. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington,v.58, n.8, p.4666–4674, 2010.

IRAKLI, M.; MYGDALIA, A.; CHATZOPOULOU, P.; KATSANTONIS, D. Impact of the combination of sourdough fermentation and hop extract addition on baking properties, antioxidant capacity and phenolics

bioaccessibility of rice bran-enhanced bread. Food Chemistry, v.285, p.231–239, 2019.

KOISTINEN, V. M.; MATTILA, O.; KATINA, K.; POUTANEN, K.; AURA, A. M.; HANHINEVA, K. Metabolic profiling of sourdough fermented wheat and rye bread. Scientific Reports, v.8, n.1, p.5684, 2018.

MINERVINI, F.; DE ANGELIS, M.; DI CAGNO, R.; PINTO, D.; SIRAGUSA, S.; RIZZELLO, C. G.; GOBBETTI, M. Robustness of Lactobacillus plantarum starters during daily propagation of wheat flour sourdough type I. Food Microbiology, v.27, n.7, p.897–908, 2010.

Minin, V. P. R. Análise sensorial: Estudo com consumidores. Editora Viçosa, 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 363p.

NA, Y. Z.; JIA, W. W.; ZHEN, S. C.; FAN, L. H.; BO, C. W.; PING, Z. Q.; GUI, L. Z.; XUAN, X.; JUAN, M. J.; KUN, Y.; TIAN, M.; MENG, Z. M.; HUI, W. Antioxidant and Anti-inflammatory Capacity of Ferulic Acid Released from Wheat Bran by Solid-state Fermentation of Aspergillus niger. Biomedical and Environmental Sciences, Vargem Grande Paulista, v.32, n.1, p.11–21, 2019.

NEVES, N. A.; GOMES, P. T. G.; SCHMIELE, M. 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, Vargem Grande Paulista, v.9, n.9, 2020.

ORTOLAN, F.; BRITES, L.; T. G.; MONTENEGRO, F. M.; SCHMIELE, M.; STEEL, C. J.; CLERICI, M. T. P. S.; ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K. 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, v.76, p.402–409, 2015.

PAESANI, C.; MOIRAGHI, M.; SCIARINI, L.; PÉREZ, G. T. Whole-flours from hard and soft wheat genotypes: study of the ability of prediction test to estimate whole flour end-use. Journal of Food Science and Technology, 2020. DOI 10.1007/s13197-020-04658-1.

PÉTEL, C.; ONNO, B.; PROST, C. Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review. Trends in Food Science & Technology, v.59, p.105–123, 2017.

REIS, A. F.; SCHMIELE, M.. Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v.22, p;1-12, 2019.

SAKANDAR, H. A.; HUSSAIN, R.; KUBOW, S.; SADIQ, F. A.; HUANG, W.; IMRAN, M. Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product. Journal of Food Processing and Preservation, v.43, n.3, 2019.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; PATRICIO, S. M. C.; STEEL, C. J.; CHANG, Y. K. 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, n. 1991, p. 2141–2150, 2012.

SIEPMANN, F. B.; RIPARI, V.; WASZCZYNSKYJ, N.; SPIER, M. R. Overview of Sourdough Technology: from Production to Marketing. Food and Bioprocess Technology, v.11, n.2, p.242–270, 2018.

SILVA, M.; FREITAS, L.; SOUZA, A.; ARAÚJO, R.; LACERDA, I.; PEREIRA, H.; AUGUSTI, R.; MELO, J. Antioxidant Activity and Metabolomic Analysis of Cagaitas (Eugenia dysenterica) using Paper Spray Mass Spectrometry. Journal of the Brazilian Chemical Society, Campinas, v.30, n.5, p.1034-1044, 2019.

TIWARI, B. K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; O'DONNELL, C. P.; CHENCHAIAH, M.; CULLEN, P. J. Effect of ozonation on the rheological and colour characteristics of hydrocolloid dispersions. Food Research International, v.41, n.10, p.1035–1043, 2008.

WANG, Y.; TRANI, A.; KNAAPILA, A.; HIETALA, S.; CODA, R.; KATINA, K.; MAINA, N. H. The effect of in situ produced dextran on flavour and texture perception of wholegrain sorghum bread. Food Hydrocolloids, v.106, p.105913, 2020.

ZOU, Y.; GAO, Y.; HE, H.; YANG, T. . Effect of roasting on physico-chemical properties, antioxidant capacity, and oxidative stability of wheat germ oil. LWT, v.90, p.246–253, 2018.

.