

ORIGINAL ARTICLE

Avaliação de atributos tecnológicos de pão francês com adição de farinhas de vegetais

Evaluation of technological attributes of french bread with added vegetable flour

Alana Maria Gheno¹, Jenyfer Pamela Geadicke¹, Leidiani Müller¹, Fernanda Stoffel¹, Roberta Garcia Barbosa^{1*} 

¹Instituto Federal de Santa Catarina, São Miguel do Oeste/SC – Brasil

*Corresponding Author: Roberta Garcia Barbosa, Instituto Federal de Santa Catarina, Rua 22 de abril, nº 2440, Bairro São Luiz, CEP: 89900-000, São Miguel do Oeste/SC – Brasil, e-mail: rogarciafarma@hotmail.com

Cite as: Gheno, A. M., Geadicke, J. P., Müller, L., Stoffel, F., & Barbosa, R. C. (2022). Evaluation of technological attributes of french bread with added vegetable flour. *Brazilian Journal of Food Technology*, 25, e2021113. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11321>

Resumo

O pão francês é considerado um dos produtos de panificação com maior consumo no Brasil, correspondendo a 53% do consumo de pães no Brasil, e está presente na alimentação de indivíduos de todas as classes sociais. O uso de farinhas de vegetais em pães vem sendo estudado a fim de obter produtos enriquecidos com fibras e com melhorias sensoriais de sabor, cor e textura. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de farinhas de cenoura e de casca de jabuticaba-açu na formulação de pão francês após assamento, por meio do planejamento fatorial completo 2², sendo investigadas as seguintes respostas variáveis: pH, atividade de água, firmeza, volume específico, perda de massa, umidade e cor da casca e do miolo. Adicionalmente, para fins de comparação, foi elaborado um pão controle sem adição de farinhas de vegetais e, nos demais ensaios, foram adicionadas as duas farinhas em cada formulação em concentrações diferentes. Por meio da análise de variância dos coeficientes de regressão, observaram-se efeitos significativos das farinhas sobre os parâmetros de luminosidade (L*) da crosta, cor do miolo a* e cor do miolo b*. Nos demais atributos de pH, atividade de água, firmeza, volume específico, perda de massa, umidade, luminosidade do miolo, cor da crosta a* e cor da crosta b*, não foram observados efeitos significativos por análise de variância dos coeficientes de regressão. Conclui-se que a adição de farinhas de cenoura e de casca de jabuticaba-açu nos níveis de 2% a 6% na formulação do pão francês, sugerindo uma melhoria nutricional sem perdas tecnológicas.

Palavras-chave: Farinha; Cenoura; Jabuticaba-açu; Planejamento fatorial; Panificação; Aspectos tecnológicos.

Abstract

French bread is considered one of the bakery products that has the highest consumption in Brazil, corresponding to 53% of the consumption of breads in the country, and is present in the feeding of individuals from all social classes. The use of vegetable flours in breads has been studied in order to obtain products enriched with fibers and with sensory improvements of flavor, color and texture. Thus, this study aimed to evaluate the effect of the addition of carrot flour and jabuticaba-açu peel flour on the formulation of French bread after baking through complete factorial planning 2², and the variable answers were investigated as following: pH, water activity, firmness, specific volume, mass loss, moisture, and bread crumb and crust color. Additionally, for comparison purposes, a control bread was prepared without the addition of vegetable flours, and in the other tests (no control) were added to the two flours in each formulation at different concentrations. Through the analysis of variance of the regression coefficients, significant effects of flours on the luminosity parameters (L*) of the crust, crumb color a* and crumb



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a [licença Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

color b* were observed. In the attributes of pH, water activity, firmness, specific volume, mass loss, moisture, crumb luminosity, color of the crust a* and color of the crust b* no significant effects were observed by analysis of variance of regression coefficients. It is concluded that carrot and jabuticaba-açu peel flours can be added at levels of 2% to 6% to the formulation of French bread, suggesting a nutritional improvement without technological losses.

Keywords: Vegetable; Carrot; Jabuticaba-açu; Factorial planning; Bakery; Technological aspects.

1 Introdução

O pão é um dos alimentos mais consumidos no mundo e está disponível no mercado de várias formas, tais como assado, congelado de massa crua, congelado de massa pré-assada, entre outras formas. O pão francês é o produto de maior importância nas padarias, correspondendo a um consumo de 53%, quando comparado aos demais pães comercializados no País (Johann, 2018). Além disso, oferecer o pão de massa congelada é uma tendência na indústria de panificação. A massa pode ser produzida em larga escala e enviada a varejistas e consumidores que irão adquirir produtos de padaria e o pão fresco para fornecer. Nos últimos anos, essa tecnologia vem sendo extensivamente estudada, pois fornece excelentes produtos, melhorias nas condições de trabalho com diminuição de custos, porém pode promover deterioração provocada pelo congelamento, o qual danifica a rede de glúten e que interfere no tempo de fermentação (Ding et al., 2020; Wu et al., 2022).

Com o passar dos anos, os consumidores vêm buscando alimentos saudáveis que atendam às necessidades do perfil de cada indivíduo, como, por exemplo, alimentos/pães com maior teor de fibras, pães sem glúten, sem gorduras, sem lactose e sem ou com redução de açúcares, além da adição de farinhas integrais. Diante disso, a indústria de panificação vem investindo, por meio de pesquisas, na possível adição de farinhas com a presença de fibras em produtos panificáveis, com o objetivo de enriquecer os mesmos (Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria, 2017).

As farinhas de vegetais são utilizadas para agregar as formulações, tendo a capacidade de reter líquidos e gorduras devido à presença de fibras. No entanto, por não possuir glúten em sua composição, essas farinhas são utilizadas em pequenas porcentagens, ou seja, em concentrações menores que 10%, mas com grande efeito no produto (Saad et al., 2011).

As farinhas de vegetais, como milho, cenoura e jabuticaba, vêm sendo estudadas para aplicação em alimentos como alternativas saudáveis. Além de ricas em fibras, as farinhas desses vegetais apresentam em sua composição carotenoides, vitaminas e minerais, que são essenciais para o organismo humano (Oliveira et al., 2018; Santana, 2007). Embora muitos autores reportem a aplicação de farinha de vegetais em produtos, como macarrão, pão de fôrma e biscoitos, ainda há poucos estudos sobre a aplicação da farinha da casca da jabuticaba e de farinha de cenoura em pão francês congelado (Santana, 2007; Sousa, 2008; Ferreira et al., 2020).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da adição das farinhas de vegetais (cenoura e casca de jabuticaba-açu) nos atributos tecnológicos do pão francês após o assamento, por meio do planejamento fatorial 2², sendo avaliadas as variáveis resposta pH, atividade de água, firmeza, volume específico, perda de massa, umidade e cor da casca e do miolo. Além disso, a partir dos resultados obtidos, objetivou-se determinar a concentração ideal de farinha de vegetais, auxiliando as indústrias de panificação no desenvolvimento de produtos enriquecidos.

2 Material e métodos

2.1 Materiais

Os seguintes ingredientes foram utilizados na formulação dos pães: farinha de cenoura (*Daucus carota*) (Duas Rodas, Jaraguá do Sul-SC), farinha de casca de jabuticaba-açu (*Myrciaria cauliflora*) (Comercial Elmar, São Paulo-SP), farinha de trigo (Specht, Joaçaba-SC), farinha de milho (Santore, São Miguel do

Oeste-SC), açúcar cristal (Usina Bela Vista, Pontal-SP), sal marinho (Sal Garça, Mossoró-RN), glúten vital (Granotec, Araucária-PR), mix de aditivos e enzimas, emulsificantes e melhoradores (Palssgard Candon, Marechal Candido Rondon-PR), fermento biológico fresco (Itaiquara, Chapecó-SC). A água utilizada foi proveniente de coleta de poço artesiano com tratamento no local do processamento (empresa Dipães, Paraíso-SC) e o gelo foi proveniente de fabricação em máquina própria.

Todos os ensaios para preparação dos pães foram realizados no Laboratório de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) da Indústria Dipães, localizada em Paraíso-SC. Em seguida, foram encaminhados para o Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Campus São Miguel do Oeste, para as análises.

2.2 Métodos

2.2.1 Planejamento fatorial

Para avaliar o efeito da adição de farinhas de cenoura (x_1) e de casca de jaboticaba-açu (x_2) (Figura 1) e sua interação ($x_1 \times x_2$) nos atributos tecnológicos do pão francês, foi realizado um planejamento fatorial completo 2^2 com três repetições do ponto central, totalizando sete ensaios.



Figura 1. Imagem da farinha de cenoura (x_1) e da farinha de casca de jaboticaba- açu (x_2).

Após testes preliminares, os níveis das variáveis independentes foram estabelecidos em inferiores (-1) e superiores (+1), como sendo 2% e 6%, respectivamente, e 4%, o ponto central, para ambas as farinhas (Tabela 1). Além disso, foi realizado um ensaio controle, sem adição de farinhas de vegetais e fora do planejamento fatorial, para fins de comparação. Além das farinhas avaliadas, a farinha de milho foi adicionada em concentração padrão em todas as formulações para melhoria das características nutricionais do pão francês elaborado. As funções respostas avaliadas foram determinadas.

2.2.2 Preparação dos pães

Os pães foram preparados conforme a seguinte formulação base (também denominada controle): farinha de trigo (100%), água/gelo (65%), farinha de milho (11%), fermento biológico seco (2,7%), sal (1,8%), açúcar (0,7%), glúten vital (0,4%), enzimas e aditivos (0,4%). A farinha de milho foi adicionada para enriquecimento nutricional e sensorial da massa, não sofrendo alterações em sua concentração entre as diferentes formulações. As farinhas de cenoura e de casca de jabuticaba-açu foram adicionadas conforme planejamento fatorial proposto, em substituição à farinha de trigo (Tabela 1). Os ingredientes foram calculados com base na farinha de trigo (100%).

Tabela 1. Formulações e níveis do planejamento fatorial.

Produto	Controle	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5, 6 e 7
Farinha de trigo*	100%	92%	96%	92%	88%	92%
Farinha de cenoura**	0%	6%	2%	2%	6%	4%
Farinha de jabuticaba-açu**	0%	2%	2%	6%	6%	4%
SUBTOTAL				100%		
Farinha de milho	11%	11%	11%	11%	11%	11%
Açúcar	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%
Sal refinado	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%
Glúten vital	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
Aditivos e enzimas	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
Fermento	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%
Água/gelo	65%	65%	65%	65%	65%	65%
TOTAL				182%		

*Percentuais de ingredientes adicionados na formulação com base na farinha de trigo da formulação (100%). **As farinhas de cenoura e de jabuticaba-açu foram adicionadas em substituição à farinha de trigo da formulação.

O preparo da massa dos pães francês foi realizado pela pesagem dos ingredientes em balança semianalítica e com o processo de massa direta em amassadeira (modelo espiral, marca Famag, Santo André-SP) com batimento de sete minutos em velocidade lenta e quatro minutos na velocidade rápida. As farinhas de vegetais foram adicionadas juntamente com os ingredientes secos e posteriormente foram adicionados água e gelo. A massa foi cilindrada em cilindro automático (modelo CLA – 600, marca Progresso, Colombo-PR), até atingir o ponto de véu. Após essa etapa, a massa foi cortada em tiras e modelada em modeladora (modelo MPS 350, marca Gpaniz Ltda., Caxias do Sul-RS), da qual foram obtidas unidades com 75 g cada, sendo estas colocadas em monoblocos e, em seguida, encaminhadas ao túnel de congelamento termostático por ar forçado. No túnel, com capacidade de atingir a temperatura de -20 °C, os pães foram submetidos ao congelamento em aproximadamente uma hora. Os pães congelados foram armazenados na câmara de estocagem à temperatura entre -18 °C e -30 °C por 24 horas. Para a etapa de preparo para análises, os pães foram colocados em esteiras, permanecendo em temperatura ambiente para descongelamento por uma hora. Em seguida, a esteira foi colocada em estufa climática de fermentação sob temperatura de 32 °C para crescimento dos pães. Após esse processo, foram assados em forno elétrico (modelo turbo, marca Tedesco, Caxias do Sul-RS) a 160 °C por 15 minutos sem vapor, e deixados à temperatura ambiente para resfriamento. Após embalagem, foram colocados em caixa térmica e transportados até o Campus do Instituto Federal de Santa Catarina, em São Miguel do Oeste-SC, onde foram submetidos às análises, no tempo de três horas após assamento.

2.2.3 Determinação do pH

Para a realização da medida do pH, foi utilizado o potenciômetro (modelo Mpa210, marca MS Tecnopon Equipamentos Especiais, São Paulo, Brasil), previamente calibrado com solução tampão, de acordo com o manual do equipamento. A determinação ocorreu em triplicata, com a utilização de 10 g de cada amostra fragmentados e homogeneizados em um Becker com 90 mL de água destilada.

2.2.4 Atividade de água

A avaliação da atividade de água foi realizada com a amostra fragmentada do pão inteiro (casca + miolo) determinada em triplicata, por meio do uso do equipamento Labmaster AW NEO (Tecnal, São Paulo, Brasil), previamente calibrado.

2.2.5 Firmeza

A determinação de firmeza dos pães foi avaliada com base no método padrão da AACC International Method (74-09) (American Association of Cereal Chemists, 1988), com o uso do Texturômetro TA. XT Plus (Stable Micro Systems, Texture Exponent 32 software, Surrey, Reino Unido), com célula de carga de 50 kg e probe cilíndrico de 40 mm de diâmetro. Os pães foram medidos e cortados transversalmente no centro, correspondendo a uma fatia de 2,5 cm de espessura. A análise de firmeza foi realizada em quintuplicata, em temperatura ambiente, por meio de compressão de 40% (10 mm) no centro geométrico da amostra, com velocidade de compressão de 1,7 mm/s.

2.2.6 Volume específico

A determinação do volume específico (VE) do produto final foi realizada em triplicata conforme o método da AACC International Method (10-11) (American Association of Cereal Chemists, 2000) com o deslocamento de sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.). Os resultados obtidos foram expressos em cm³/g por meio de cálculos, de acordo com as medidas obtidas entre a diferença do volume deslocado (Vd) e do volume inicial (Vi) em cm³ dividida pela massa do pão (g), conforme Equação 1.

$$VE \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \right) = \frac{Vd - Vi}{\text{massa do pão (g)}} \quad (1)$$

2.2.7 Perda de massa

A determinação de perda de massa foi realizada de acordo com a metodologia de Nascimento et al. (2014), a qual consiste em pesar os pães franceses antes que eles fossem levados à estufa de crescimento e após assamento, logo que estivessem à temperatura ambiente, a fim de verificar a perda de umidade no assamento, sendo realizada em triplicata. A perda de massa foi expressa em porcentagem e calculada utilizando a Equação 2, em que “Pm” corresponde ao peso da massa e “Pp”, à massa do pão.

$$\text{Perda de massa \%} = \frac{Pm - Pp}{Pm} \times 100 \quad (2)$$

2.2.8 Umidade

A umidade foi determinada pelo método de secagem em estufa, de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (2008). Para isso, foram pesados 2 g de amostra do pão inteiro (casca + miolo) previamente fragmentados e contidos em cadinhos, sendo então levados para a estufa, passando por aquecimento a uma temperatura de 105 °C até a obtenção de peso constante.

2.2.9 Cor

Para avaliação da cor dos pães, foi utilizado o colorímetro digital Delta Vista (marca Delta Color, São Leopoldo-RS), dotado de sistema de leituras de três parâmetros, o CIE $L^* a^* b^*$, em que o parâmetro L^* representa a luminosidade das amostras, que variam de 0 a 100; o parâmetro a^* representa a cor relacionada ao verde (-) vermelho (+), e o parâmetro b^* é associado às cores azul (-) e amarelo (+). Para a medição da cor da casca dos pães franceses, foram escolhidos cinco pontos e, em seguida, foi mensurado um ponto central aleatório da casca do produto e efetuou-se um corte transversal no pão para a realização da leitura de cinco pontos do miolo. Os resultados foram obtidos em quintuplicata, utilizando a metodologia adaptada de Feitosa et al. (2013).

2.2.10 Análise estatística

A expressão dos resultados foi efetuada como a média dos valores obtidos para as determinações das variáveis respostas dos ensaios. As variáveis independentes e dependentes foram ajustadas a um modelo matemático e examinadas quanto à qualidade do ajuste, por meio da análise de variância ($p < 0,05$), a fim de avaliar a significância dos efeitos e das interações das variáveis independentes em cada resposta, utilizando o software Statistica 10.0 (Statsoft, USA).

Para comparação dos resultados dos pães obtidos nos ensaios do planejamento fatorial com o ensaio controle, os valores determinados foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA) utilizando o software Statistica 10.0 (Statsoft, USA). Para comparação da amostra controle com cada ensaio individualmente, foi utilizada uma planilha do Microsoft Excel, à qual foi aplicado o teste T-Student, por meio da análise de duas amostras presumindo variâncias diferentes em 5% de significância.

3 Resultados e discussão

Os pães franceses congelados foram produzidos com diferentes concentrações de farinha de cenoura (x_1) e jabuticaba-açu (x_2), utilizando um planejamento fatorial 2^2 . Os valores das respostas avaliadas constam na Tabela 2 e os valores de coeficiente de regressão do modelo constam na Tabela 3.

Tabela 2. Atributos tecnológicos do pão francês congelado preparado com planejamento fatorial 2^2 com três pontos centrais.

Funções de respostas	Ensaio							
	Controle	1	2	3	4	5	6	7
Mistura x_1	0	- 1 (2%)	+1 (6%)	-1 (2%)	+1 (6%)	0 (4%)	0 (4%)	0 (4%)
Mistura x_2	0	- 1 (2%)	-1 (2%)	+1 (6%)	+1 (6%)	0 (4%)	0 (4%)	0 (4%)
pH	5,50 ± 0,04	5,40 ± 0,04	5,30 ± 0,04	5,30 ± 0,06	5,20 ± 0,01	5,30 ± 0,01	5,30 ± 0,02	5,36 ± 0,01
Aw	0,929 ± 0,00	0,936 ± 0,00	0,942 ± 0,00	0,927 ± 0,00	0,928 ± 0,00	0,932 ± 0,00	0,929 ± 0,00	0,939 ± 0,00
Firmeza (g)	133,5 ± 12,4	261,1 ± 23,5	271,3 ± 34,5	165,8 ± 16,2	405,0 ± 45,1	196,7 ± 36,0	177,1 ± 17,9	145,2 ± 13,2
VE (cm ³ /g)	7,53 ± 0,73	4,88 ± 0,61	6,06 ± 0,39	5,79 ± 0,37	4,80 ± 0,34	4,75 ± 1,05	5,24 ± 0,85	6,01 ± 0,30
Perda massa (%)	16,14 ± 1,21	15,99 ± 2,16	16,15 ± 1,99	15,56 ± 0,73	11,99 ± 0,78	17,47 ± 0,63	16,23 ± 0,58	16,42 ± 1,66
Umidade (%)	29,24 ± 0,78	31,50 ± 0,38	31,60 ± 0,28	34,11 ± 0,50	32,26 ± 0,21	32,12 ± 0,48	31,70 ± 0,36	33,57 ± 0,20
Cor Crosta L^*	58,84 ± 2,06	58,87 ± 2,39	54,23 ± 0,89	57,46 ± 0,85	49,20 ± 0,21	53,07 ± 1,83	56,32 ± 0,90	56,51 ± 0,79
Cor Crosta a^*	9,39 ± 0,88	12,21 ± 1,21	12,93 ± 0,14	11,02 ± 0,59	14,12 ± 0,67	13,04 ± 0,48	11,98 ± 0,24	10,88 ± 0,67
Cor Crosta b^*	33,63 ± 1,05	36,25 ± 0,21	34,50 ± 0,26	30,86 ± 0,94	33,95 ± 0,68	35,24 ± 0,30	34,73 ± 0,19	32,94 ± 0,87
Cor Miolo L^*	65,31 ± 1,03	65,40 ± 0,42	61,37 ± 0,73	61,54 ± 0,42	55,31 ± 0,96	58,51 ± 0,99	57,57 ± 0,81	57,08 ± 0,96
Cor Miolo a^*	-0,56 ± 0,02	0,84 ± 0,15	1,07 ± 0,09	3,12 ± 0,03	3,90 ± 0,10	2,26 ± 0,07	2,29 ± 0,06	1,98 ± 0,05
Cor Miolo b^*	9,39 ± 0,11	11,58 ± 0,29	14,14 ± 0,52	9,50 ± 0,13	13,16 ± 0,39	11,50 ± 0,25	11,61 ± 0,39	10,54 ± 0,25

x_1 : farinha de cenoura; x_2 : farinha de jabuticaba-açu; Aw: atividade de água; VE: volume específico.

Controle (sem adição de farinhas de cenoura e/ou jabuticaba): fora do planejamento fatorial.

Tabela 3. Coeficientes de regressão do modelo.

Funções de respostas	Coeficiente de regressão (Efeito)			Erro padrão	T _{calc}			p-valor			Coeficientes de determinação	
	x ₁	x ₂	x ₁ x ₂		x ₁	x ₂	x ₁ x ₂	x ₁	x ₂	x ₁ x ₂	R ²	Ajustada R ²
pH	-0,05	-0,06	0,00	0,002	-2,93	-3,10	0,08	0,06	0,05	0,93	0,86	0,72
Aw	0,002	-0,005	-0,001	0,002	0,83	-2,61	-0,45	0,46	0,08	0,68	0,72	0,44
Firmeza (g)	62,35	9,60	57,24	40,26	1,55	0,24	1,41	0,22	0,83	0,25	0,60	0,20
VE (cm ³ /g)	0,04	-0,09	-0,54	0,26	0,16	-0,33	-2,10	0,86	0,75	0,13	0,60	0,20
Perda massa (%)	-0,86	-1,15	-0,92	0,73	-1,18	-1,58	-1,27	0,31	0,20	0,28	0,65	0,30
Umidade (%)	-0,44	0,82	-0,49	0,40	-1,10	2,03	-1,21	0,34	0,12	0,30	0,70	0,38
Crosta L*	-3,22	-1,61	-0,90	0,80	-4,04	-2,02	-1,12	0,027*	0,13	0,34	0,88	0,77
Crosta a*	0,95	0,00	0,58	0,49	1,91	0,002	1,20	0,15	0,10	0,32	0,63	0,26
Crosta b*	0,33	-1,49	1,21	0,52	0,63	-2,86	2,33	0,55	0,06	0,10	0,82	0,65
Miolo L*	-2,56	-2,47	-0,55	1,24	-2,06	-2,00	-0,45	0,13	0,14	0,69	0,74	0,48
Miolo a*	0,25	1,27	0,14	0,06	3,40	17,21	1,86	0,042*	0,0004*	0,16	0,99	0,98
Miolo b*	1,54	-0,75	0,27	0,41	3,79	-1,86	0,67	0,032*	0,16	0,55	0,86	0,72

x₁: farinha de cenoura; x₂: farinha de jabuticaba-açu; x₁x₂: interação entre as variáveis independentes; Aw: atividade de água; VE: volume específico. *Valores de $p < 0,05$.

As determinações realizadas na amostra controle, a qual não possui adição de farinha de vegetais, também estão apresentados na Tabela 2. Entretanto, os resultados estatísticos foram suprimidos, sendo apenas abordados na sequência das discussões do trabalho.

O valor de pH dos pães com adição de farinhas variou de 5,20 a 5,41 para os diferentes ensaios e, com valor de 5,50, para o pão controle (Tabela 2). Analisando os coeficientes de regressão (Tabela 3), observou-se que nenhuma das farinhas adicionadas sozinhas e sua interação apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) sobre o pH dos pães, demonstrando não haver mudança na tendência para deterioração enzimática e microbiológica entre os ensaios. Schoenberger (2018), ao avaliar as características de farinhas de cascas de jabuticabas cultivadas em municípios do extremo oeste catarinense, obteve valores de pH que variaram entre 2,94 e 3,25, ou seja, é uma farinha de caráter ácido. Santana (2007), ao desenvolver pães de fôrma adicionados de polpa de cenoura e beterraba, obteve valores de pH em uma faixa de 4,68 a 5,49, que, comparados com o presente estudo, contemplam a faixa de pH obtida nos resultados.

A atividade de água (Aw) determinada nos pães obtidos nos ensaios apresentou uma faixa de variação de 0,927 a 0,942. Foi verificado pela análise de coeficientes de regressão (Tabela 3) que nenhuma das farinhas e sua interação apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) sobre a Aw dos pães. Da mesma forma, ao comparar cada ensaio individualmente com o pão controle, observou-se que a atividade água não diferiu estatisticamente dos ensaios, com exceção dos ensaios 1 e 7, não sendo possível estabelecer uma correlação entre o aumento dos níveis das farinhas com o aumento da atividade de água. A manutenção da atividade de água igual ao pão controle indica não haver maior tendência na ação enzimática ou deterioração microbiológica com a adição das farinhas de vegetais (Ferreira et al., 2020).

Ferreira et al. (2020), ao realizarem um estudo de adição da casca de jabuticaba para o enriquecimento nutricional de pães integrais, obtiveram valores de atividade de água entre 0,92 e 0,93, estando de acordo com os resultados determinados nos ensaios do presente estudo.

Wanderley et al. (2018), ao avaliarem a atividade de água em pão francês enriquecido com farinha de gergelim, obtiveram resultados variados de 0,45 e 0,55. Verificaram, dessa forma, que quanto maior a adição de farinha de gergelim, maior a atividade de água. Contudo, no presente estudo, esse comportamento não foi observado com o aumento das farinhas de jabuticaba-açu e cenoura. O efeito do aumento da atividade de água foi justificado, segundo os autores, pelos fatores de concentração e proporção de ingredientes utilizados na formulação padrão, bem como pela presença das fibras, que possuem a capacidade de absorver água (Wanderley et al., 2018).

Os resultados de firmeza dos pães obtidos nos ensaios apresentaram valores de 145,18 a 404,98 g. Ao analisar a Tabela 3, com os resultados da análise de coeficientes de regressão, verificou-se que nenhuma das farinhas e sua interação apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) sobre a firmeza dos pães. Ao comparar cada ensaio com o pão controle, constatou-se que apenas o ensaio 7 não apresentou diferença significativa. Verificou-se, também, por meio dos resultados, que os pães do ensaio 4, com maiores porcentagens de farinhas, apresentaram-se menos macios que os demais ensaios, provavelmente devido ao conteúdo de fibras presentes nas farinhas.

O aumento na firmeza dos pães adicionados de farinhas de vegetais já foi reportando anteriormente (Ferreira et al., 2020). Os autores avaliaram a textura instrumental de pães enriquecidos com farinha do albedo de maracujá amarelo e farinha da casca de jabuticaba durante armazenamento. Verificaram que a adição das farinhas conferiu aumento na firmeza dos pães e que quanto maior o acréscimo da farinha do albedo de maracujá na formulação, maior foi a firmeza do pão.

O volume específico determinado nos ensaios variou de 4,75 a 6,06 cm³/g, valores menores do que o obtido na amostra controle (7,53 cm³/g). Foi observado, pela análise de coeficientes de regressão (Tabela 3), que nenhuma das farinhas e sua interação apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) sobre o volume específico dos pães. Este resultado indica que a substituição de farinha de trigo por farinha de vegetais não influenciou negativamente o volume final do pão francês.

Feitosa et al. (2013) citam que geralmente são encontrados volumes específicos de 5,0 cm³/g para pão francês adicionados de melhoradores, valor dentro da faixa obtida neste estudo. Estes autores, ao analisarem a qualidade de pães em diversas panificadoras, consideraram satisfatórios os valores situados no intervalo entre 5,0 e 8,0 cm³/g. Dessa forma, os resultados de volume específico encontrados neste trabalho mostraram-se satisfatórios tendo em vista que os pães elaborados passaram por um processo de congelamento da massa, o que poderia causar danos na formação do glúten na massa e na deterioração do fermento, e interferir neste resultado. Porém, os dados de firmeza obtidos foram comparados com os de um pão tradicional, sem a utilização da tecnologia do congelamento de massas.

Sanz-Penella et al. (2012), para realizar o melhoramento nutricional dos pães, empregaram a farinha integral de amaranto e verificaram, assim, que o volume dos pães diminuía com o aumento da adição da farinha.

A perda de massa durante o assamento dos pães é uma medida que determina a capacidade que a massa possui em reter água, pois estas perdas ocorrem devido à evaporação dos líquidos presentes, principalmente a água (Huerta et al., 2019). A perda de massa verificada neste estudo teve resultados que variaram entre 11,99% e 17,47%. Ao analisar os coeficientes de regressão na Tabela 3, averiguou-se que nenhuma das farinhas e suas interações apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) sobre a perda de massa dos pães. Todavia, ao comparar a perda de massa dos pães controle com cada um dos ensaios, verificou-se que a adição da maior concentração de farinhas de cenoura (6%) e jabuticaba-açu (6%), como o ocorrido no ensaio 4, resultou na menor perda de massa.

Santos et al. (2018), ao avaliarem a perda de massa durante o forneamento em pães integrais, obtiveram perdas de 38,48 e 29,47 g, para os tratamentos controle e com a adição de 3% de farinha mista proveniente das cascas e sementes do mamão da cultivar Havaí, respectivamente. Observaram que a perda de massa foi menor nos pães adicionados com a farinha mista e isso ocorreu devido à maior capacidade de absorção de água por meio das fibras solúveis, o que, conseqüentemente, diminuiu a quantidade de água livre disponível na massa. No presente estudo, como mencionado anteriormente, o pão formulado com a maior concentração de farinhas (Ensaio 4) apresentou a menor perda de massa, atribuída ao teor de fibras das farinhas adicionadas.

Observou-se, pela Tabela 2, que os valores de umidade dos pães franceses variaram entre 31,50% a 34,11%. Por meio da análise dos coeficientes de regressão (Tabela 3), constatou-se que nenhuma das farinhas e sua interação apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) sobre a umidade dos pães, fator interessante ao desenvolvimento de produtos de panificação. Porém, em comparação dos 7 ensaios com a amostra controle, observou-se que os valores de umidade de todos os ensaios obtiveram maiores teores de umidade, o que pode ser atribuído à maior absorção de água pelas farinhas durante o batimento (Coelho & Salas-Mellado, 2015).

Ao analisarem pães adicionados de farinha ou sementes de chia, Coelho & Salas-Mellado (2015) obtiveram um teor de umidade de 37,2% e 38,0%, respectivamente. O teor de umidade do pão adicionado de farinha, assim como no presente trabalho, não diferiu da amostra controle, sem a adição de chia.

Segundo Esteller & Lannes (2005), os pães tradicionais apresentam um teor de umidade de 30%, valor próximo ao obtido para o pão controle, neste estudo. Porém, a umidade obtida nos ensaios foi um pouco maior do que o teor estabelecido por Esteller, o que pode estar associado com a alta capacidade de absorção que as fibras dos vegetais possuem (Almeida et al., 2013).

Na determinação da luminosidade (L^*) da crosta dos pães nos ensaios, foram obtidos valores de 49,20 a 58,87. Analisando os coeficientes de regressão (Tabela 3), observou-se que o efeito da adição da farinha de jabuticaba e sua interação com a farinha de cenoura não foi significativo ($p > 0,05$). No entanto, a farinha de cenoura teve efeito significativo e antagonístico ($p = 0,027$) sobre a luminosidade da crosta. Este resultado indica que quanto menor a concentração de farinha de cenoura adicionada nos pães, maior a luminosidade da crosta. Ao observar a Tabela 2, verifica-se, nos ensaios 1 e 3, em que se tem a menor concentração de farinha de cenoura, foram obtidos os maiores valores de luminosidade, que são $58,87 \pm 0,89$ e $57,46 \pm 0,85$, respectivamente. Note-se que, no ensaio 4, que possui a maior concentração das farinhas, foi obtido a menor luminosidade ($49,20 \pm 0,21$). Apesar disso, ao observar os coeficientes de determinação, pode-se afirmar que o modelo proposto foi significativo ($R^2 = 0,88$; $p = 0,000003$; erro padrão = 0,60; $t_{\text{calc}} = 91,20$), indicando que houve um bom ajuste dos dados experimentais, ou seja, pode ser utilizado para prever a luminosidade da crosta. O modelo obtido pode ser descrito pela Equação 3.

$$Y (L^* \text{ da crosta}) = 55,1 - 3,22x_1 - 1,61x_2 - 0,90x_1x_2 \quad (3)$$

Observando-se a Figura 2, nota-se que, para obter um pão com luminosidade da crosta semelhante ao pão controle, devem-se utilizar menores concentrações de farinha de cenoura, ou seja, 2% ($x_1 = -1$). Também, de acordo com o gráfico, confirma-se que a farinha de jabuticaba não apresentou influência sobre a luminosidade da crosta.

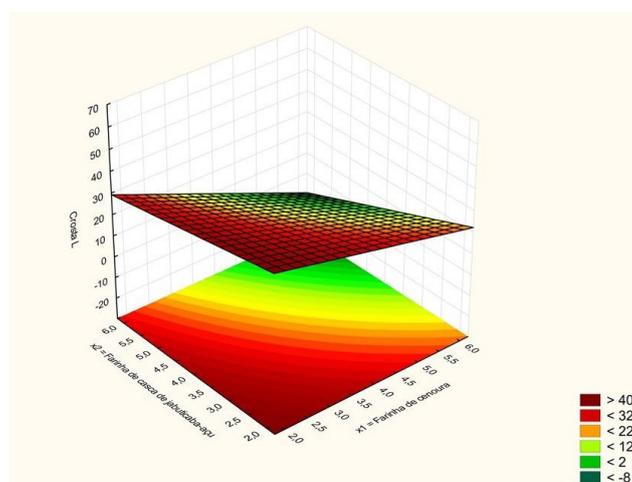


Figura 2. Superfície de resposta da luminosidade (L) da crosta (x_1 = Farinha de cenoura; x_2 = farinha de casca de jabuticaba-açu).

Por meio da Tabela 2, verifica-se que o parâmetro cromático a^* da crosta teve resultados que variaram de 10,88 a 14,12. Ao analisar os coeficientes de regressão na Tabela 3, observou-se que nenhuma das farinhas e sua interação apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) sobre a^* da crosta dos pães. Ainda para o parâmetro cromático a^* da crosta, foi verificado que os ensaios 1, 4 e 5 diferiram significativamente da amostra controle, por apresentarem maiores valores de a^* , remetendo, assim, a uma coloração mais avermelhada da crosta (Esteller & Lannes, 2005).

Callegari (2015), ao estudar a adição de farinha de okara e linhaça em pão francês em relação à sua coloração, obteve, para o parâmetro cromático a^* na crosta dos pães, resultados que constataram que não houve diferença significativa para nenhuma das amostras, ou seja, todos os pães apresentaram maior tendência à coloração vermelha, sendo os valores encontrados para o pão com farinha de okara 6,16, pão controle 6,91 e pão com farinha de linhaça 7,46, valores abaixo dos obtidos para os ensaios e controle, no presente estudo.

O parâmetro cromático b^* da crosta obteve resultados variantes de 30,86 a 36,25, como pode ser observado na Tabela 2. Ao analisar a Tabela 3, notou-se, por meio dos coeficientes de regressão obtidos, que nenhuma das farinhas e sua interação apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) sobre b^* da crosta dos pães. Esse comportamento também foi verificado ao comparar cada ensaio individualmente com o pão controle. Ainda no estudo de Callegari (2015), em relação ao parâmetro cromático b^* da crosta, observou-se que todos os pães apresentaram a tendência em serem mais amarelos.

Na determinação da luminosidade do miolo, foram obtidos resultados que variaram de 55,31 a 65,40. Quando observados os valores obtidos na Tabela 3, verificou-se, por meio dos coeficientes de regressão, que nenhuma das farinhas e sua interação apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) sobre a luminosidade do miolo dos pães. Coelho & Salas-Mellado (2015), ao produzir um pão enriquecido com chia, verificou que a luminosidade do miolo diminuiu significativamente com a adição de chia, tendendo a uma coloração mais escura, sendo esse efeito foi mais pronunciado para a formulação de pão adicionada de 7,8% de farinha.

Os resultados para o parâmetro cromático a^* do miolo variaram de 0,84 a 3,90 (Tabela 2). Foi constatado, por meio da análise dos coeficientes de regressão (Tabela 3), que as farinhas de cenoura e de jabuticaba possuem efeito positivo (sinérgico) e significativo ($p = 0,042$ e $p = 0,0004$, respectivamente) sobre a^* do miolo. Porém, o efeito da interação não foi significativo ($p > 0,05$). Verifica-se também que o valor do coeficiente da farinha de jabuticaba é maior, tendo maior influência sobre a tonalidade do miolo dos pães, resultando na coloração mais avermelhada.

Ao observar a Tabela 2, verifica-se que, nos ensaios 3 e 4, que possuem a maior concentração de farinha de jabuticaba, foram obtidos os maiores valores de a^* do miolo, que são 3,12 e 3,90, respectivamente. No entanto, para obter um pão com características semelhantes ao controle, busca-se utilizar menores níveis de farinhas de jabuticaba-açu e cenoura, conforme pode ser visualizado na Figura 3.

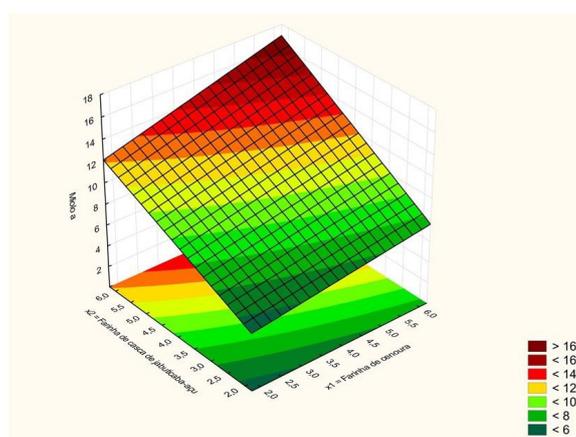


Figura 3. Superfície de resposta do parâmetro cromático a^* do miolo (x_1 = Farinha de cenoura; x_2 = Farinha de casca de jabuticaba-açu).

Adicionalmente, de acordo com os coeficientes de determinação, pode-se afirmar que o modelo proposto foi significativo ($R^2 = 0,98$; $p = 0,000036$; erro padrão = 0,055; $t_{\text{calc}} = 39,46$), indicando que houve um bom ajuste dos dados experimentais, ou seja, pode ser utilizado para prever o parâmetro cromático a^* do miolo, por meio da Equação 4.

$$Y(a^* \text{ do miolo}) = 2,21 + 0,25x_1 + 1,27x_2 + 0,14x_1x_2 \quad (4)$$

Na determinação do parâmetro cromático b^* do miolo, foram obtidos valores entre 9,50 e 13,16 (Tabela 2). Conforme análise dos coeficientes de regressão (Tabela 3), observou-se que o efeito da adição da farinha de jabuticaba e da sua interação com a farinha de cenoura não foi significativo ($p > 0,05$). Porém, a adição de farinha de cenoura possuiu efeitos positivos (sinérgico) e significativos ($p = 0,032$) sobre o b^* do miolo. Assim, quanto maior a concentração de farinha de cenoura, maior será o valor de b^* do miolo, ou seja, mais amarelado ficará. Conforme os resultados obtidos na Tabela 2, verifica-se que quanto maiores as concentrações de farinha de cenoura [$x_1 = +1$ (6%)] (Ensaio: 2 e 4), maiores foram os valores de b^* determinados, sendo $14,44 \pm 0,52$ e $13,15 \pm 0,39$, respectivamente. No entanto, para a obtenção de um pão com característica semelhante ao controle, seria necessária a adição de níveis menores de farinhas, como pode ser visualizado na superfície de resposta, na Figura 4. Por outro lado, se o objetivo for obter um pão com cor do miolo mais amarelada, seria indicada a aplicação de maiores concentrações de farinha de cenoura, obtendo assim um produto com coloração mais amarelada, característica de pães com adição de vegetais.

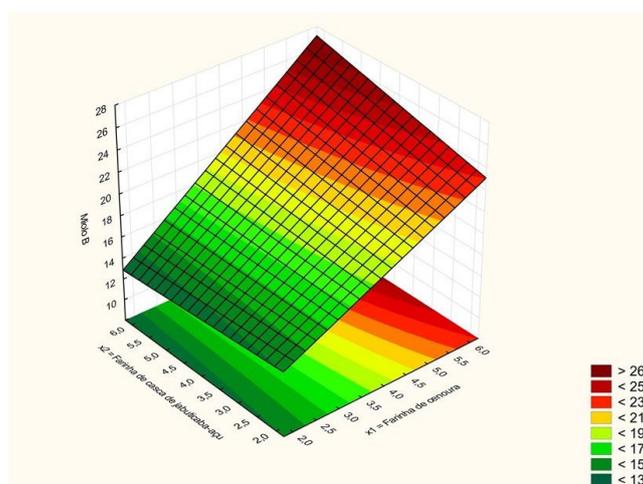


Figura 4. Superfície de resposta do parâmetro cromático b^* do miolo (x_1 = Farinha de cenoura; x_2 = Farinha de casca de jabuticaba-açú).

Quanto ao ajuste do modelo matemático proposto, foi verificado que este foi significativo ($R^2 = 0,86$; $p = 0,00041$; erro padrão = 0,31; $t_{\text{calc}} = 37,80$), podendo assim ser utilizado para prever o parâmetro cromático b^* do miolo, através da Equação 5.

$$Y(b^* \text{ do miolo}) = 11,72 + 1,55x_1 - 0,75x_2 + 0,27x_1x_2 \quad (5)$$

4 Conclusão

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, concluiu-se que não foram observados efeitos significativos pela adição de farinha de vegetais sobre os parâmetros de pH, a_w , firmeza, volume específico, perda de massa e umidade do pão francês. A adição de ambas as farinhas teve efeitos significativos apenas sobre os parâmetros cromáticos de luminosidade da crosta e b^* do miolo, e sobre o parâmetro a^* do miolo. Percebe-se que, a concentração ideal de farinha de vegetais depende da característica almejada do pão.

Desta forma, recomenda-se a adição de concentrações de até 2% de farinhas de cenoura e de casca de jabuticaba-açu em formulação de pães, para manutenção das características de cor semelhantes ao controle

Para obter um produto com parâmetros cromáticos mais característicos de adição de vegetais (tonalidade amarelada), pode-se adicionar farinhas de cenoura e de casca de jabuticaba-açu nos níveis de 2% a 6%, sem alteração dos demais parâmetros avaliados do pão francês, sugerindo uma melhoria nutricional para estes produtos sem perdas tecnológicas.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus São Miguel do Oeste e aos professores que contribuíram com o trabalho. Agradecemos ao apoio recebido da Dipães – Indústria de pães Ltda., pela disponibilização das matérias-primas, dos ingredientes e do espaço para elaboração dos ensaios, bem como aos profissionais que apoiaram a execução do trabalho.

Referências

- Almeida, E. L., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2013). Dietary fibre sources in frozen part-baked bread: influence on technological quality. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 53(1), 262-270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.01.008>
- American Association of Cereal Chemists – AACC. (1988). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists* (74-09). Saint Paul: AACC.
- American Association of Cereal Chemists – AACC. (2000). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists* (10. ed.). (10-11). Saint Paul: AACC.
- Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria – ABIP. (2017). *Estudo de tendências: Perspectiva para panificação e confeitaria*. Recuperado em 03 março de 2022, de <http://www.abip.org.br/site/visao-do-setor-de-panificacao-e-confeitaria-para-o-futuro/>
- Callegari, F. L. (2015). *Estudo tecnológico comparativo de pães francês com adição de farinha de okara e com farinha de linhaça* (Dissertação de mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba.
- Coelho, M. S., & Salas-Mellado, M. (2015). Effects of substituting chia (*Salvia Hispanica* L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 60(2), 729-736. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.033>
- Ding, X., Li, T., Zhang, H., Guan, C., Qian, J., & Zhou, X. (2020). Effect of barley antifreeze protein on dough and bread during freezing and freeze-thaw cycles. *Foods*, 9(11), 1698. PMID:33228238. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9111698>
- Esteller, M. S., & Lannes, S. C. S. (2005). Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. *Food Science and Technology*, 25(4), 802-806. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000400028>
- Feitosa, L. R., Maciel, J. F., Barreto, T., & Moreira, R. (2013). Avaliação de qualidade do pão tipo francês por métodos instrumentais e sensoriais. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(2), 693-704. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p693>
- Ferreira, S. P. L., Jardim, F. B. B., Fonseca, C. R., & Costa, L. L. (2020). Whole-grain pan bread with the addition of jabuticaba peel flour. *Ciência Rural*, 50(8), e20190623. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20190623>
- Huerta, K. M., Boeira, C. P., Soquetta, M. B., Alves, J. S., Kubota, E. H., & Rosa, C. S. (2019). The effect of chia (*Salvia hispanica* L.) flour as a substitute for fat in gluten-free bread. *Nutrition & Food Science*, 49(4), 517-527. <http://dx.doi.org/10.1108/NFS-08-2018-0240>
- Instituto Adolfo Lutz (2008). *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz* (Vol. 1). São Paulo: IMESP. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.
- Johann, V. C. (2018). *O padrão de qualidade do pão francês na visão dos consumidores do Rio Grande do Sul* (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Nascimento, A. B., Fiates, G. M. R., Anjos, A., & Teixeira, E. (2014). Gluten-free is not enough – perception and suggestions of celiac consumers. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(4), 394-398. PMID:24832676. <http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2013.879286>
- Oliveira, F. C., Marques, T. R., Machado, G. H. A., Carvalho, T. C. L., Caetano, A. A., Batista, L. R., & Corrêa, A. D. (2018). Jabuticaba skin extracts: Phenolic compounds and antibacterial activity. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21, e2017108. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.10817>
- Saad, S. M. I., Cruz, A. G., & Faria, J. A. F. (2011). *Probióticos e prebióticos em alimentos. Fundamentos e aplicações tecnológicas*. São Paulo: Varela.
- Santana, B. F. (2007). *Desenvolvimento de novos produtos: Pão de forma com polpa de cenoura e beterraba* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Santos, C. M., Rocha, D. A., Madeira, R. A. V., Queiroz, E. R., Mendonça, M. M., Pereira, J., & Abreu, C. M. P. (2018). Preparação, caracterização e análise sensorial de pão integral enriquecido com farinha de subprodutos do mamão. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21, e2017120. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.12017>

Sanz-Penella, J. M., Wronkowska, M., Soral, M., Soral-Smietana, M., & Harosa, M. (2012). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 50(2), 678-685. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.031>

Schoenberger, P. C. (2018). *Teor de antocianinas por diferentes temperaturas de secagem em farinha da casca da jaboticabaçu* (Trabalho de conclusão de curso). Instituto Federal de Santa Catarina, São Miguel do Oeste. Recuperado em 03 de março de 2022, de <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1378>

Sousa, R. M. D. (2008). *Aproveitamento do resíduo oriundo do processamento mínimo de cenoura no desenvolvimento de novos produtos alimentícios* (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília, Brasília.

Wanderley, R. O. S., Wanderley, P. A., Silva, W. A., Paiva, A. C. C., & Oliveira, J. P. M. (2018, Maio 7-9). Caracterização físico-química de pão francês enriquecido com farinha de gergelim *Sesamum indicum* L. In S. R. Cruz (Ed.), *III Simpósio Nacional de Estudos para a Produção Vegetal no Semiárido* (pp. 1-4). Campina Grande: Realize Editora. Recuperado em 03 de março de 2022, de <http://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/40328>

Wu, G., Liu, X., Hu, Z., Wang, K., & Zhao, L. (2022). Impact of xanthan gum on gluten microstructure and bread quality during the freeze-thaw storage. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 162, 113450. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113450>

Financiamento: Nenhum.

Received: June 24, 2021; Accepted: Oct. 04, 2022

Associate Editor: Sílvia P. M. Germer.