

Caracterização tecnológica e sensorial de pães tipo forma com adição de farinha de linhaça marrom (*Linum usitatissimum* L.) e enzimas
Technological and sensory characterization of loaf bread with addition of brown linseed flour (*Linum usitatissimum* L.) and enzymes
Caracterización tecnológica y sensorial de los panes tipo forma con adición de harina de linaza marrón (*Linum usitatissimum* L.) y enzimas

Recebido: 15/12/2020 | Revisado: 17/11/2020 | Aceito: 21/12/2020 | Publicado: 27/12/2020

Cristiano Silva da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6366-0837>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: cristianocostanutri@gmail.com

Dorasilvia Ferreira Pontes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7256-6818>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: dora@ufc.br

Stella Regina Arcanjo Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0764-9406>

Universidade Federal do Piauí, Brasil

E-mail: stellaarcanjo@ufpi.edu.br

Maria Nilka de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0284-1677>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: nilka@ufc.br

Leiliane da Fonseca Lima Herculano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8444-0892>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: lflherculano@gmail.com

Ídila Maria da Silva Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5258-5248>

Universidade Estadual do Ceará, Brasil

E-mail: idila_araujo@yahoo.com.br

Luan Ícaro Freitas Pinto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6266-3673>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Brasil

E-mail: luanicaro@ifpi.edu.br

Márcia Maria Leal de Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3570-6954>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: mmlealmed@gmail.com

Marcos Venânces de Souza Leão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9976-1170>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: marcosleao1001@gmail.com

Maria Flavia Ferreira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0300-4915>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: mariaflaviaferreira@outlook.com

Resumo

Este trabalho objetivou elaborar pães tipo forma com farinha de trigo, farinha de linhaça e enzimas transglutaminase e xilanase. Foram realizados testes preliminares por meio de um delineamento inteiramente casualizado, substituindo-se parcialmente a farinha de trigo da formulação padrão dos pães por diferentes porcentagens de farinha de linhaça. A partir de um delineamento composto central rotacional adicionou-se enzimas transglutaminase e xilanase à uma formulação contendo linhaça. Ao final, obtiveram-se três formulações, formulação padrão com 100 % de farinha, formulação com 90 % de farinha de trigo, 10 % de farinha de linhaça, sem adição de enzimas e formulação com 90% de farinha de trigo, 10% de farinha de linhaça, com as enzimas transglutaminase e xilanase. Os pães provenientes dessas formulações foram analisados quanto às suas características instrumentais e sensoriais. O uso das enzimas transglutaminase e xilanase em quantidades iguais a 6,0 mg e 7,5 mg, respectivamente, provocou melhorias nos parâmetros tecnológicos dos pães, quanto à textura do miolo. Esses pães obtiveram aceitação sensorial favorável, com médias acima de 7, para os atributos de cor, aroma, sabor, textura e avaliação global. Incentiva-se o uso da farinha de linhaça marrom na formulação de pães tipo forma, como forma de melhorar sua qualidade nutricional. Em associação, as enzimas transglutaminase e xilanase, aplicadas em quantidades

viáveis, podem atuar como coadjuvantes na panificação, elevando a qualidade tecnológica do produto.

Palavras-chave: Alimento funcional; Análise sensorial; Panificação; Transglutaminase; Xilanase.

Abstract

This work aimed to prepare loaves of bread with wheat flour, flaxseed flour and transglutaminase and xylanase enzymes. Preliminary tests were carried out by means of a completely randomized design, partially replacing the wheat flour in the standard formulation of the breads with different percentages of flaxseed flour. From a central rotational composite design, transglutaminase and xylanase enzymes were added to a formulation containing flaxseed. At the end, three formulations were obtained, standard formulation with 100% flour, formulation with 90% wheat flour, 10% flaxseed flour, without adding enzymes and formulation with 90% wheat flour, 10% flaxseed flour, with the enzymes transglutaminase and xylanase. The breads from these formulations were analyzed for their instrumental and sensory characteristics. The use of the enzymes transglutaminase and xylanase in amounts equal to 6.0 mg and 7.5 mg, respectively, led to improvements in the technological parameters of the breads, as to the texture of the crumb. These breads obtained favorable sensory acceptance, with averages above 7, for the attributes of color, aroma, flavor, texture and overall evaluation. The use of brown flaxseed flour in the formulation of loaves of bread is encouraged, as a way to improve its nutritional quality. In combination, the enzymes transglutaminase and xylanase, applied in viable quantities, can act as adjuvants in baking, increasing the technological quality of the product.

Keywords: Functional food; Sensory analysis; Baked goods; Transglutaminase; Xylanase.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo la elaboración de hogazas de pan con harina de trigo, harina de linaza y enzimas transglutaminasa y xilanasa. Las pruebas preliminares se realizaron mediante un diseño completamente al azar, reemplazando parcialmente la harina de trigo en la formulación estándar de los panes por diferentes porcentajes de harina de linaza. A partir de un diseño compuesto rotacional central, se añadieron enzimas transglutaminasa y xilanasa a una formulación que contenía linaza. Al final se obtuvieron tres formulaciones, formulación estándar con 100% de harina, formulación con 90% de harina de trigo, 10% de harina de linaza, sin la adición de enzimas y formulación con 90% de harina de trigo, 10% harina de

linaza, con las enzimas transglutaminasa y xilanas. Los panes de estas formulaciones fueron analizados por sus características instrumentales y sensoriales. El uso de las enzimas transglutaminasa y xilanas en cantidades iguales a 6,0 mg y 7,5 mg, respectivamente, condujo a mejoras en los parámetros tecnológicos de los panes, en cuanto a la textura de la miga. Estos panes obtuvieron una aceptación sensorial favorable, con promedios superiores a 7, para los atributos de color, aroma, sabor, textura y valoración general. Se fomenta el uso de harina de linaza marrón en la formulación de hogazas de pan, como forma de mejorar su calidad nutricional. En combinación, las enzimas transglutaminasa y xilanas, aplicadas en cantidades viables, pueden actuar como coadyuvantes en el horneado, aumentando la calidad tecnológica del producto.

Palabras clave: Comida funcional; Análisis sensorial; Panificación; Transglutaminasa; Xilanas.

1. Introdução

O pão é um dos alimentos mais consumidos em todo o mundo, especialmente aqueles feitos de farinha de trigo (Carcea, Narducci, Turfani, & Aguzzi, 2018). Por isso serve como meio de adição de ingredientes que venham enriquecê-los de forma nutricional, e de processos ou adição de coadjuvantes que venham contribuir ou melhorar suas características tecnológicas e nutricionais. Tais alimentos podem conter compostos bioativos presentes naturalmente ou adicionados ao produto, com o propósito de fornecer efeitos benéficos sobre a saúde (Fuentes-Berrio, Acevedo Correa, & Gelvez-Ordoñez, 2015).

A linhaça é uma semente proveniente do linho, com provável origem na Ásia. Existem duas principais variedades de linhaça, a marrom e dourada, o que se deve ao teor e pigmentos presentes no revestimento interno da semente, mas ambas possuem teores semelhantes de macronutrientes e valor energético (Barroso et al., 2014, Nascimento, Oliveira, & Oliveira, 2020).

A linhaça possui ácidos graxos importantes para o organismo (ácido linolênico, ácido linoleico, ácido oleico), fibras alimentares (D-xilose, L-galactose, L-Rhamnose, ácido D-galacturônico, lignana), proteínas digestíveis e minerais. Devido os constituintes bioativos da linhaça, estudos clínicos e epidemiológicos têm mostrado que a mesma pode atuar na redução de doenças cardiovasculares, diabetes e constipação (Mishra, 2013, Parikh, Netticadan, & Pierce, 2018, Pontes et al., 2020).

No intuito de conferir aos pães com alto teor de fibra características próximas ao

produto padrão, tem-se buscado componentes que possam atuar fortalecendo a sua rede de glúten. Para tanto, vem se usando os agentes antioxidantes e as enzimas. Dentre estas, as α -amilases são mais empregadas, no entanto o uso de hemicelulases é crescente, atuando na hidrólise das ligações tipo β -1,4 de complexos hemicelulósicos. A transglutaminase também tem sido utilizada devido à capacidade de formar grandes polímeros insolúveis, permitindo ainda o incremento de novas fontes proteicas ao produto (Almeida, & Chang, 2012, Boukid et al., 2018, Ribotta, Pérez, Añón, & León, 2010).

As xilanases são enzimas hemicelulases consideradas aditivos verdes, sendo usadas como potencializadores tecnológicos em produtos à base de farinha integral, com maior conteúdo de fibras. Para minimizar os danos causados pelas fibras, as enzimas como as xilanases podem ser usadas, pois hidrolisam polissacarídeos não amiláceos, melhorando a massa e o pão (Ahmad et al. 2014, Courtin, Gelders, & Delcour, 2001, Yegin, Altinel, & Tuluk, 2018).

A enzima transglutaminase (TG) pertence à família das transferases, que é bastante usada na indústria de alimentos para melhorias de carnes, laticínios e produtos de panificação (Gaspar, & Góes-Favoni, 2015; Wang, Yu, Wang, & Xie, 2018). A TG catalisa a formação de ligações isopeptídicas entre um grupo γ -carboxiamida de uma glutamina e um grupo ϵ -amino de um resíduo de lisina (Wang et al., 2018). A enzima TG é produzida a partir de isolado de *Streptomyces mobaraensis* e de cepas de *Streptomyces* (Ceresino et al., 2018; Ceresino et al., 2019, Steffolani, Ribotta, Pérez, & León, 2010).

Devido suas propriedades funcionais, a linhaça tem sido adicionada aos pães tipo forma, para agregar valor nutricional aos mesmos. Assim, este trabalho objetivou estudar os efeitos da adição de farinha de linhaça marrom e enzimas, transglutaminase e xilanase, sobre os parâmetros tecnológicos e sensoriais de pães tipo forma.

2. Metodologia

Esta pesquisa foi desenvolvida nos Laboratórios de Tecnologia de Cereais e de Análise Sensorial da Universidade Federal do Ceará (UFC), e no Laboratório de Análise de Alimentos da Empresa Agroindústria Tropical (Ceará, Brasil).

2.1 Materiais

As sementes de linhaça marrom (Nativity Produtos Naturais), gordura vegetal, açúcar,

fermento biológico, sal foram adquiridos em comércio local de Fortaleza/CE. A farinha de trigo tipo 1 foi fornecida pelo Grande Moinho Cearense e as enzimas transglutaminase Glutemax TG (lote 092417) e xilanase Pentomax GF (lote J-825491116) foram cedidas pela empresa Prozyn®.

2.2 Obtenção da farinha de linhaça

As sementes de linhaça foram trituradas em processador de alimentos, depois peneiradas em tamis de malha de 0,84 mm e em seguida, acondicionadas em sacos de plástico, sob refrigeração a uma temperatura de 5 °C, em média, para análises posteriores. O percentual de rendimento da farinha de linhaça foi calculado subtraindo o peso das sementes *in natura* menos o peso da farinha de linhaça obtida, multiplicada por 100.

2.3 Formulações dos pães tipo forma

Foram realizados testes preliminares para adição de farinha de linhaça à formulação padrão de pães tipo forma. Por meio de um delineamento inteiramente casualizado (DIC), substituiu-se parcialmente a farinha de trigo da formulação padrão dos pães por diferentes porcentagens de farinha de linhaça (10%, 20%, 30%, 40% e 50%), em níveis determinados por Schoenlechner, Szatmári, Bagdi, & Tömösközi (2013). Após avaliação dos parâmetros volume específico (mL/g), densidade (g/mL) e parâmetros de textura escolheu-se a formulação com 10% de farinha de linhaça a qual se adicionou enzimas transglutaminase e xilanase em diferentes níveis aplicando-se um delineamento composto central rotacional (DCCR). Após avaliação do volume específico (ml/g), densidade (g/mL) e índice de expansão, elegeu-se a formulação com 6,0 mg de transglutaminase e 7,5 mg de xilanase (mg/100g de farinha de trigo). Portanto, ao final geraram-se três formulações, conforme apresenta a Tabela 1, em que F1 é formulação padrão de pão tipo forma, F2 é a formulação com adição de farinha de linhaça e sem adição de enzima e, F3 constituiu-se de 90% de farinha de trigo, 10% de farinha de linhaça, com adição das enzimas transglutaminase (6,0 mg/100 g de farinha de trigo) e xilanase (7,5 mg/100 g de farinha de trigo). A formulação padrão dos pães seguiu a metodologia de El-Dash (1978).

Tabela 1 - Formulações dos pães tipo forma adicionados de farinha de linhaça com e sem enzimas.

Ingredientes (%)	Formulações*		
	F1	F2	F3
Farinha de trigo	100,0	90,0	90,0
Farinha de linhaça	0	10,0	10,0
Açúcar	5,0	5,0	5,0
Gordura vegetal hidrogenada	3,0	3,0	3,0
Fermento biológico	2,0	2,0	2,0
Sal	1,75	1,75	1,75
Enzima transglutaminase	0	0	6,0
Enzima xilanase	0	0	7,5

*Formulações: F1: formulação padrão de pão tipo forma. F2: formulação de pão tipo forma com adição de farinha de linhaça e sem adição de enzimas. F3: 90% de farinha de trigo + 10% de farinha de linhaça com adição das enzimas transglutaminase (6,0 mg/100 g de farinha de trigo) e xilanase (7,5 mg/100 g de farinha de trigo).

Fonte: Autores.

Na elaboração dos pães seguiu-se o método convencional de massa direta. Usou-se balança semianalítica para pesar os ingredientes. Depois, os mesmos foram colocados na misturadora semi-industrial. Com exceção da água e do sal, misturou-se os ingredientes, por 1 minuto em velocidade baixa. Logo após, adicionou-se a água e misturou-se por 3 minutos na velocidade média e, por último, colocou-se o sal e misturou-se por 6 minutos em velocidade alta, para desenvolver completamente a massa. A massa foi moldada em porções de 200 g, fermentada por 90 minutos e assada em forno industrial de lastro Continental Advance Turbo® a 200 °C por 22 minutos. Em seguida, os pães foram resfriados a temperatura ambiente durante 30 minutos.

2.4 Análise de textura dos pães

A textura instrumental do miolo dos pães tipo forma foi realizada por meio do analisador de textura TA–XT2i (Stale Micro Systems) com probe de alumínio (P/35), pelo método de TPA (Texture Profile Analysis) aplicável para pão. Os testes foram realizados sob as seguintes condições: Velocidade do Pré-Teste: 2,0 mm/s; Velocidade do Teste: 2,0 mm/s; Velocidade do Pós-Teste: 2,0 mm/s; Distância: 10 mm; Tempo: 5 segundos; Força: 20g. Os

parâmetros mecânicos analisados foram firmeza (g); coesividade, elasticidade, gomosidade (g), mastigabilidade (g). A análise foi feita pela compressão do probe sobre fatias centrais dos pães dispostas horizontalmente na plataforma, em triplicata.

2.5 Análise de cor do miolo dos pães

A análise de cor do miolo dos pães foi determinada em colorímetro Chroma Meter CR-140 (Konica Minolta, Tóquio, Japão), padronizado com fonte de luz D65 (luz do dia incluindo a radiação UV) pelo método nº 14-22, AACC (2000). A área de mensuração do aparelho foi de 50 mm de diâmetro e o ângulo de medição de 0° C com especular incluída. Foi utilizado o sistema de cor CIELab onde L* (luminosidade – branco/preto), cromaticidade a* (eixo verde/vermelho) e cromaticidade b* (eixo azul/amarelo).

A partir dos valores de a* e b* calculou-se, por meio da equação 1, o Cromo (C*) que corresponde à saturação ou intensidade de cor. O valor de C* é zero no centro do diagrama de cromaticidade a*, b* (Konica Minolta, Tóquio, Japão) e aumenta conforme a distância desse ponto.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

Calculou-se também o ângulo de tonalidade (h*) ou ângulo *hue*, expresso em graus, por meio da equação 2. O ângulo de tonalidade h tem início no eixo +a* (vermelho) representando 0 grau; o eixo +b* (amarelo) representa 90°; o eixo -a* (verde) corresponde a 180° e o eixo -b* (azul) 270°.

$$h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (2)$$

Para a leitura da cor do miolo, o pão foi cortado no sentido transversal e tomou-se o cuidado de posicionar o canhão de leitura do equipamento exatamente no centro da fatia e imediatamente após o corte. As leituras foram realizadas em triplicata.

2.6 Análise sensorial

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFC, sob o parecer nº 2.481.597, atendendo as determinações da Resolução nº 466 de 12 de dezembro de

2012 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2012).

O teste foi aplicado a 60 avaliadores escolhidos ao acaso, não treinados e consumidores de pão tipo forma. Os participantes foram caracterizados quanto ao gênero e idade. As amostras foram mantidas em temperatura ambiente até o momento da análise. A degustação dos pães foi realizada em cabines individuais, usando iluminação controlada (luz branca, fluorescente). Uma amostra de cada formulação foi servida de forma balanceada (Macfie, Bratchell, Greenhoff, & Vallis, 1989 apud Queiroz, Rocha, Garruti, Silva, & Araújo, 2017), codificada com números aleatórios de três dígitos (Walkeling, & Macfie, 1995 apud Queiroz, Rocha, Garruti, Silva, & Araújo, 2017), em bandeja de isopor, acompanhada de água mineral em temperatura ambiente para limpeza do palato antes e após a degustação.

A avaliação global e dos atributos aparência, cor, aroma, sabor e textura foi avaliada por meio de uma escala hedônica verbal de 9 pontos, variando de 9 (“gostei muitíssimo”) a 1 (“desgostei muitíssimo”), com ponto intermediário 5 (“nem gostei, nem desgostei”). O teste de intenção de compra foi realizado utilizando escala verbal de 5 pontos, pré-definida em “certamente não compraria” = 1 a “certamente compraria” = 5 e, no ponto intermediário “tenho dúvidas se compraria” = 3 (região de indecisão).

2.7 Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste Shapiro-Wilk. Os dados dos parâmetros de textura, análise de cor, atributos sensoriais e intenção de compra foram analisados através da média, desvio padrão e teste de comparação de médias (Teste de Tukey) entre as amostras, adotando-se um nível de significância de 5% (p -valor $<0,05$). Utilizou-se o *software* Statistica 10.0 (Statsoft, USA). Os valores das médias dos atributos sensoriais e da intenção de compra foram associados aos mesmos conceitos utilizados no teste sensorial (atributos sensoriais: exemplo: 9 = gostei muitíssimo; intenção de compra: exemplo: 5 = certamente compraria).

3. Resultados e discussão

3.1 Análise de textura do miolo

Por meio da Tabela 2 podem ser visualizados os resultados dos parâmetros de textura dos pães. A formulação contendo enzimas e linhaça (F3) apresentou firmeza

significativamente menor em relação à formulação contendo apenas linhaça (F2). Em estudo realizado por Mohammadi, Azizi, Neyestani, Hosseini, & Mortazavian, (2015), a adição de goma guar e transglutaminase em pães, não foi capaz de alterar de forma significativa a firmeza do miolo, apresentando ainda diminuição no volume específico.

Tabela 2 – Análise de textura do miolo das formulações de pães tipo forma

Parâmetros	Formulações ¹		
	F1	F2	F3
Firmeza (g)	869,59±56,71 ^{2c3}	3753,39±37,73 ^a	1115,17±47,91 ^b
Elasticidade ⁴	0,88±0,02 ^a	0,85±0,06 ^a	0,76±0,07 ^a
Coesividade ⁴	0,62±0,02 ^a	0,42±0,02 ^b	0,42±0,01 ^b
Gomosidade (g)	557,52±15,83 ^b	1520,28±67,58 ^a	470,33±27,34 ^b
Mastigabilidade (g)	429,16±7,33 ^b	1344,85±70,91 ^a	359,30±54,06 ^c

¹ F1 (formulação padrão de pão tipo forma, sem linhaça e sem enzimas); F2 (pão tipo forma com 90% de farinha de trigo, 10% de farinha de linhaça e sem enzimas); F3 (formulação 90% de farinha de trigo, 10% de farinha de linhaça, e transglutaminase (6,0 mg/100 g de farinha de trigo) e xilanase (7,5 mg/100 g de farinha de trigo).

² Médias ± desvio padrão.

³ Letras iguais na horizontal indica que não há diferença significativa no nível de 5%.

⁴ Medida adimensional.

Fonte: Autores.

Schoenlechner et al. (2013) estudaram os efeitos da aplicação das enzimas transglutaminase e xilanase em pães com farinha de painço e observaram que a adição de xilanase contribuiu para reduzir a firmeza do miolo, enquanto que, a transglutaminase causou efeito contrário. A sinergia entre as enzimas também provocou um aumento na firmeza do produto. Os autores associaram tal efeito negativo da transglutaminase ao excesso de ligações proteicas formadas pela enzima.

Ao analisar a elasticidade, observou-se que as três formulações não apresentaram diferenças significativas para este parâmetro. Quanto à coesividade, a F2 e F3 mostraram resultados semelhantes, diferindo de forma significativa da formulação padrão (F1). A transglutaminase catalisa as ligações cruzadas das proteínas. Na panificação é usada como aditivo para farinha de trigo fraca, pois polimeriza as proteínas do glúten aumentando a elasticidade da massa, de uma forma irreversível, resultando numa massa mais elástica e com maior tolerância à fermentação (Gharibzahedi, Yousefi, & Chronakis, 2019, Ribotta et al., 2010, Silva et al., 2020).

A gomosidade da F3 mostrou-se significativamente inferior às demais formulações,. Este resultado indica que a formulação com adição de enzimas requer uma menor energia para desintegrar o alimento sólido em semissólido.

A mastigabilidade dos pães foi melhorada pela adição de enzimas, com valor significativamente menor quando comparado à formulação contendo apenas farinha de linhaça (F2) e à formulação padrão (F1). O valor superior de mastigabilidade da F2 pode ser resultado do teor de farinha de linhaça, o que não implica em um aspecto negativo, pois está relacionado ao teor de fibras maior que a formulação padrão.

As proteínas do trigo, gliadinas e gluteninas, agem como substrato para a transglutaminase (Larré et al, 2000). A adição de xilanase à farinha de trigo melhora as propriedades de manuseio da massa e da qualidade do pão (Courtin, & Delcour 2002, Ribotta et al., 2010).

Liu, Brennan, Serventi, & Brennan (2017) observaram que a adição de xilanase em sinergia com a alfa-amilase em pães, promoveu uma maior absorção de água, melhorando a estabilidade e extensibilidade do produto. Este fato deve-se à transferência de moléculas de água das arabinoxilanas hidrolisadas para a rede de glúten (Ghoshal, Shivare, & Banerjee, 2016).

Caballero, Gomez, & Rosell (2007) verificaram que a adição de xilanase e transglutaminase em pães promoveu um efeito positivo sobre o miolo, causando a diminuição da firmeza, gomosidade e mastigabilidade, assim como ocorreu na presente pesquisa.

3.2 Análise de cor do miolo

Por meio da Tabela 3 podem ser verificados os parâmetros referentes à cor do miolo dos pães.

Tabela 3 – Análise de cor do miolo de formulações de pães tipo forma.

Parâmetros	Formulações ¹		
	F1	F2	F3
L*	77,59±1,29 ^{2a3}	67,50±0,80 ^b	64,69±0,47 ^c
a*	-1,29±0,07 ^c	1,44±0,04 ^b	1,62±0,06 ^a
b*	22,10±0,22 ^a	17,45±0,11 ^b	17,14±0,19 ^b
h*	93,35±0,14 ^a	85,29±0,10 ^b	84,61±0,22 ^c
C*	22,14±0,22 ^a	17,52±0,12 ^b	17,22±0,19 ^b

¹ F1 (formulação padrão de pão tipo forma, sem linhaça e sem enzimas); F2 (pão tipo forma com 90% de farinha de trigo, 10% de farinha de linhaça e sem enzimas); F3 (formulação 90% de farinha de trigo, 10% de farinha de linhaça, e transglutaminase (6,0 mg/100 g de farinha de trigo) e xilanase (7,5 mg/100 g de farinha de trigo).

² Médias ± desvio padrão.

³ Letras iguais na horizontal indica que não há diferença significativa no nível de 5%.

Fonte: Autores.

Em relação à luminosidade (L*), cromaticidade (a*) e tonalidade (h*), as três formulações apresentaram diferença significativa ao nível de 5%. A análise do parâmetro L* mostrou que as formulações contendo linhaça apresentaram menor luminosidade, representando um produto de cor mais escura em relação ao padrão, o que se deve à presença da farinha de linhaça. Quanto mais próximo de 100 for o valor de L*, mais clara será a cor do pão (Alvarenga et al., 2020, Leão, Botelho, Oliveira, & Franca, 2018).

Quanto ao parâmetro de cromaticidade (a*), que abrange uma faixa com tonalidades de vermelho a verde, verificou-se que o pão da formulação F1 apresentou um valor igual a -1,29 tendendo para o verde, enquanto as formulações F2 e F3 foram positivas, tendendo ao vermelho.

As formulações F2 e F3 não diferiram entre si quanto à cromaticidade (b*), mas diferiram da formulação padrão. Esse parâmetro abrange uma faixa do amarelo (valores positivos) ao azul (valores negativos). Assim, as formulações contendo linhaça apresentaram uma tonalidade menos amarelada em relação à F1.

Quanto ao valor de croma (C*), as formulações F2 e F3 não apresentaram diferença estatística entre si, mas diferiram, ao nível de 5%, da formulação padrão, o que confere aos pães contendo linhaça uma menor intensidade em sua cor. A saturação refere-se à concentração do elemento corante, representando um valor quantitativo para sua intensidade. Assim, quanto maior o croma (C*), maior a saturação das cores perceptíveis aos humanos. Cores neutras possuem baixa saturação, enquanto cores puras possuem alta saturação e,

portanto, são mais brilhantes à percepção humana (Pathare, Opara, & Al-Said, 2013).

A tonalidade (h^*) do miolo dos pães variou de 84,61 a 93,35, mostrando diferença significativa ao nível de 5% entre as três formulações. Estas situaram-se próximas ao eixo $+b^*$, que corresponde a 90° . No entanto, F2 e F3 localizaram-se mais distantes desse eixo, o que indica que os pães com farinha de linhaça marrom tem uma menor tendência à coloração amarelada em comparação ao pão que contém apenas farinha de trigo. Esse resultado corrobora com a análise da cromaticidade (b^*). Enquanto o croma (C^*) mede a pureza ou saturação da cor, a tonalidade (h^*) indica a distinção ou variação de cor sutil existente (Rajasekar, Akoh, Martina, & Maclean, 2012).

Pourabedin et al., (2017) ao adicionaram 10% de farinha de linhaça em pães verificaram aumento no parâmetro b^* , com valor de 26,83, em comparação a 38,40 da formulação controle. No mesmo estudo a luminosidade (L^*) era maior no pão controle (91,60), em comparação àquele com linhaça (80,25). Em estudo realizado por Ghoshal et al., (2016), verificou-se que a adição de xilanase em pães integrais provocou aumento nas tonalidades vermelho e amarelo do produto. Além da presença da linhaça marrom, compostos como açúcares redutores, proteínas e carotenoides podem influenciar no escurecimento do miolo (Esteller, Lima, & Lannes, 2006).

3.3 Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial dos pães encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Análise sensorial das formulações de pães tipo forma.

Parâmetros	Formulações ¹		
	F1	F2	F3
Cor	7,75±1,39 ^{2a3}	7,60±1,60 ^a	7,76±1,66 ^a
Aroma	7,22±1,49 ^a	6,90±1,65 ^a	7,27±1,67 ^a
Sabor	7,48±1,46 ^a	7,47±1,46 ^a	7,23±1,56 ^a
Textura	7,60±1,33 ^a	7,30±1,86 ^a	7,48±1,63 ^a
Avaliação global	7,58±1,37 ^a	7,40±1,50 ^a	7,43±1,42 ^a
Intenção de compra	4,22±0,87 ^a	4,00±0,90 ^a	4,02±1,02 ^a

¹ F1 (formulação padrão de pão tipo forma, sem linhaça e sem enzimas); F2 (pão tipo forma com 90% de farinha de trigo, 10% de farinha de linhaça e sem enzimas); F3 (formulação 90% de farinha de trigo, 10% de farinha de linhaça, e transglutaminase (6,0 mg/100 g de farinha de trigo) e xilanase (7,5 mg/100 g de farinha de trigo).

² Médias ± desvio padrão.

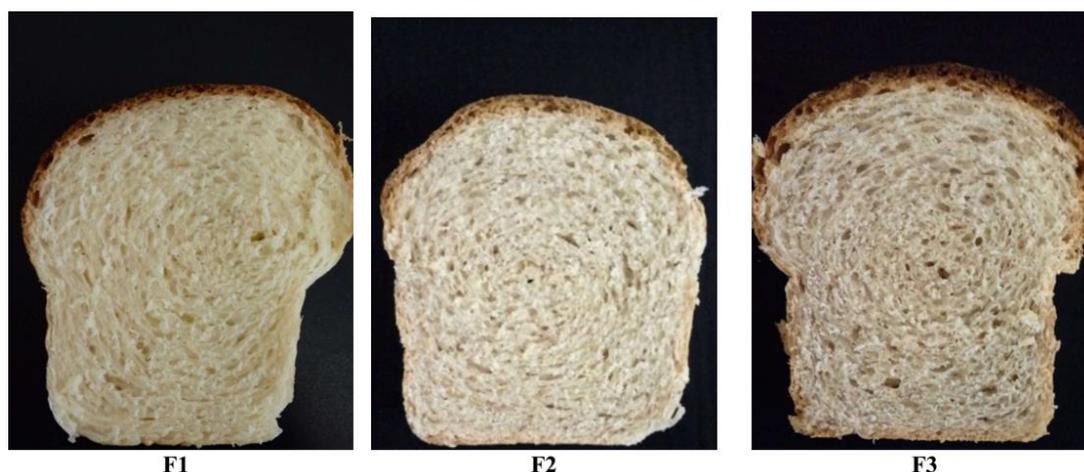
³ Letras iguais na horizontal indica que não há diferença significativa no nível de 5%.
Fonte: Autores.

A formulação de pão tipo forma adicionada de farinha de linhaça e enzimas (F3) alcançou médias superiores a 7 para os atributos cor, aroma, sabor, textura e avaliação global, sugerindo uma aceitação de moderada a alta por parte dos provadores. Em relação aos parâmetros sensoriais entre as três formulações dos pães, não houve diferença significativa em nível de 5%. Contudo, indica-se uma aceitabilidade positiva do produto com linhaça e enzimas pelos provadores. Quanto à aceitação global, verificou-se uma média próxima a 4, remetendo à opção provavelmente compraria.

Em estudo desenvolvido com pão integral adicionado de xilanase e transglutaminase, a formulação contendo enzimas apresentaram médias de 7,83; 7,06 e 6,96 para os parâmetros aroma, sabor e cor, respectivamente. Enquanto isso, a formulação controle apresentou valor inferior para o aroma (6,73) e cor (6,14) e média igual para o quesito sabor. Moura, & Canniati-Brazaca (2006), ao estudarem a adição de 5% de farinha de linhaça em pães observaram médias de 8,2 para cor, 7,5 para aroma, 6,8 para textura, 6,0 para sabor e 7,1 para avaliação global. Em comparação, a formulação controle mostrou médias superiores para a maioria dos parâmetros: 8,2 (cor), 8,4 (aroma), 7,5 (textura), 7,4 (sabor) e 8,0 (avaliação global).

A Figura 1 apresenta as imagens das formulações de pães.

Figura 1 – Formulações de pães tipo forma.



F1 (formulação padrão de pão tipo forma, sem linhaça e sem enzimas); F2 (pão tipo forma com 90% de farinha de trigo, 10% de farinha de linhaça e sem enzimas); F3 (formulação 90% de farinha de trigo, 10% de farinha de linhaça, e transglutaminase (6,0 mg/100 g de farinha de trigo) e xilanase (7,5 mg/100 g de farinha de trigo). Fonte: Autores.

4. Conclusão

A substituição de 10% de farinha de trigo por farinha de linhaça elaboração de pães tipo forma contribuiu para o aumento de proteína, lipídios, cinzas e compostos fenólicos totais no produto.

A incorporação da linhaça ao pão eleva o teor de compostos fenólicos e antioxidantes proporcionalmente à sua concentração. Dessa forma, pode-se enriquecer o pão tornando-o um alimento funcional. O enriquecimento do pão com linhaça traz benefícios à saúde do consumidor.

O uso das enzimas transglutaminase e xilanase em quantidades iguais a 6,0 e 7,5 mg/100 g de farinha de trigo, respectivamente, provocou melhorias na qualidade de pães tipo forma adicionado de farinha de linhaça, no que se refere aos seus parâmetros tecnológicos de textura do miolo. Esses pães obtiveram aceitação sensorial favorável, com médias acima de 7, para os atributos de cor, aroma, sabor, textura e avaliação global.

Desse modo, incentiva-se o incremento de farinha de linhaça marrom na formulação de pães tipo forma, como forma de melhorar sua qualidade nutricional. Em associação, as enzimas transglutaminase e xilanase, aplicadas em quantidades viáveis, podem atuar como coadjuvantes na panificação, elevando a qualidade tecnológica do produto.

Referências

AACC. (2000). *American Association of Cereal Chemists*. Approved methods of the AACC. (10a ed.), St. Paul, AACC.

Ahmad, Z., Butt, M. S., Ahmed, A., Riaz, M., Sabir, S. M., Farooq, U., & Rehman FU (2014) Effect of *Aspergillus niger* xylanase on dough characteristics and bread quality attributes. *Journal of Food Science and Technology*, 51:2445–2453. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0734-8>.

Almeida, E. L., & Chang, Y. K. (2012). Effect of the addition of enzymes on the quality of frozen pre-baked French bread substituted with whole wheat flour. *LTW – Food Science and Technology*, 49, 64-72. doi: 10.1016/j.lwt.2012.04.019.

Altuna, L., Ribotta, P. D., & Tadini, C. (2015). Effect of a combination of enzymes on a dough rheology and physical and sensory properties of bread enriched with resistant starch. *LWT – Food Science and Technology*, 64(2), 867-873. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.024>.

Alvarenga, F. B. M., Minighin, E. C., Macedo, M. C. C., Faria, N. C. de, Suzuki, A. H., Coelho, G. de O., Matos, T. T. S., Silva, M. V. T. da, Carvalho, P. L. A., & Fante, C. A. (2020). Development and sensory analysis of cheese breads added with chia or flaxseed seeds. *Research, Society and Development*, 9(11), e64491110080. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10080>.

Ankom. (2009). Technology method 2: rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Macedon.

AOAC. (2005). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. (18a ed.), Gaithersburg: AOAC International, 2005.

AOCS. (2005). American Oil Chemists' Society. Official. Method Am 5-04, Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Urbana: AOAC.

Barroso, A. K. M., Torres, A. G., Branco, V. N. C., Ferreira, A., Finotelli, P. V., Freitas, S. P., & Leão, M. H. M. da R. (2014). Linhaça marrom e dourada: propriedades químicas e funcionais das sementes e dos óleos prensados a frio. *Ciência Rural*, 44(1), 181-187. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000100029>.

Boukid, F., Carini, E., Curti, E., Bardini, G., Pizzigalli, E., & Vittadini, E. (2018) Effectiveness of vital gluten and transglutaminase in the improvement of physico-chemical properties of fresh bread. *LWT - Food Science and Technology*, 92, 465–470. doi: 10.1016/j.lwt.2018.02.059.

Brasil. (2012). Conselho Nacional de Saúde. Resolução n. 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília: *Diário Oficial da União*, (12), 59. 2012.

Caballero, P. A., Gómez, M., & Rosell, C. M. (2007). Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 42-53. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.007>.

Carcea, M., Narducci, V., Turfani, V., & Aguzzi, A. (2018) A survey of sodium chloride content in italian artisanal and industrial bread. *Foods*, 7(11), 181. doi: 10.3390/foods7110181.

Ceresino, E. B., Melo, R. R. de, Kuktaite, R., Hedenqvist, M.S., Zucchi, T. D., Johansson, E., & Sato, H. H. (2018). Transglutaminase from newly isolated *Streptomyces* sp. CBMAI 1617: Production optimization, characterization and evaluation in wheat protein and dough systems. *Food Chemistry*, 241, 403–410. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.010>.

Ceresino, E.B., Kuktaite, R., Sato, H. H., Hedenqvist, M. S., & Johansson, E. (2019). Impact of gluten separation process and transglutaminase source on gluten based dough properties. *Food Hydrocolloids*, 87, 661-669. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.010>.

Courtin, C. M., & Delcour, J. A. (2002). Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. *Journal of Cereal Science*, 35(3), 225–243. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0433>.

Courtin, C. M., Gelders, G. G., & Delcour, J. A (2001) Use of two endoxylanases with different substrate selectivity for understanding arabinoxylan functionality in wheat flour breadmaking. *Cereal Chemistry*, 78(5), 564–571. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2001.78.5.564>.

El-Dash, A. A. (1978). Standardized mixing and fermentation procedure for experiemntal baking test. *Cereal Chemistry*, 44(4), 436-446.

Esteller, M. S., Lima, A. C. O., & Lannes, S. C. S. (2006). Color measurement in hamburger buns with fat and sugar replacers. *LWT – Food Science and Technology*, 39, 184-187. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.12.012>.

- Fuentes-Berrio, L., Acevedo-Correa, D., & Gelvez-Ordóñez, V. M. (2015). Alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. *Revista del Decanato de Agronomía*, 13(2), 140-149. [https://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(13\)140-149](https://dx.doi.org/10.18684/BSAA(13)140-149).
- Gaspar, A. L. C., & Góes-Favoni, S. P. (2015). Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *Food Chemistry*, 171, 315-322. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.019>.
- Gharibzahedi, S. M. T., Yousefi, S., & Chronakis, I. S. (2019) Microbial transglutaminase in noodle and pasta processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(2), 313-327. doi: 10.1080/10408398.2017.1367643.
- Ghoshal, G., Shivare, U. S., & Banerjee, U. C. (2016). Thermo-mechanical and micro-structural properties of xylanase containing whole wheat bread. *Food Science and Human Wellness*, 5(4), 219-229. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.09.001>.
- Larré, C., Denery-Papini, S., Popineau, Y., Deshayes, G., Desserme, C., & Lefebvre, J. (2000). Biochemical analysis and rheological properties of gluten modified by transglutaminase. *Cereal Chemistry*, 77(2), 121-127. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2000.77.2.121>.
- Leão, D. P., Botelho, B. G., Oliveira, L. S., & Franca, A. S. (2018). Potential of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by microwave assisted extraction. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 575-580. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.037>.
- Liu, W., Brennan, M. A., Serventi, L., & Brennan, C. S. (2017). Effect of cellulase, xylanase and α -amylase combinations on the rheological properties of Chinese steamed bread dough enriched in wheat bran. *Food Chemistry*, 234, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.024>.
- Mishra, S. (2013). Flaxseed- bioactive compounds and health significance. *IOSR Journal Of Humanities And Social Science*, 17, 46-50. doi: 10.9790/0837-1734650.

Mohammadi, M., Azizi, M., Neyestani, T. R., Hosseini, H., & Mortazavian, A. (2015). Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 21, 1398-1402. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.06.013>.

Moura, N. C., & Canniatti-Brazaca, S. G. (2006). Avaliação da disponibilidade de ferro de feijão comum (*Phaesolus vulgaris* L.) em comparação com carne bovina. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(2), 270-276. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000200007>.

Nascimento, D. dos S., Oliveira, S. D., & Oliveira, M. E. G. de. (2020). Physicochemical characterization and sensory evaluation of potentially functional brownies made with brown flaxseed flour (*Linum usitatissimum*) and chia flour (*Salvia hispanica* L.). *Research, Society and Development*, 9(9), e215997146. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7146>.

Parikh, M., Netticadan, T., & Pierce, G. N. (2018). Flaxseed: its bioactive components and their cardiovascular benefits. *American Journal of Physiology: Heart and Circulatory Physiology*, 314(2), H146-H159. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00400.2017>.

Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36–60. doi: <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>.

Pontes, D. F., Oliveira, M. N. de, Herculano, L. da F. L., Costa, C. S. da, Medeiros, S. R. A., Valero-Cases, E., Perez, J. J. P., & Fernández, M. J. F. (2020). Influence of mucilages from seeds of chia (*Salvia hispanica* L.) and brown linseed (*Linum usitatissimum* L.) on the technological quality of bread. *Research, Society and Development*, 9(10), e6469108924. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8924>.

Pourabedin, M., Aarabi, A., & Rahbaran, S. (2017). Effect of flaxseed flour on rheological properties, staling and total phenol of Iranian toast. *Journal of Cereal Science*, 76, 173-178, 2017.

Queiroz, A. M., Rocha, R. F. J., Garruti, D. S., Silva, A. P. V., & Araújo, Í. M. S. (2017). Elaboração e caracterização de cookies sem glúten enriquecido com farinha de coco: uma

alternativa para celíacos. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, e2016097. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.9716>.

Rajasekar, D., Akoh, C. C., Martina, K. G., & Maclean, D. D. (2012). Physico-chemical characteristics of juice extracted by blender and mechanical press from pomegranate cultivars grown in Georgia. *Food Chemistry*, 133, 1383-1393. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.025>.

Ribotta, P. D., Pérez, G. T., Añón, M. C., & León, A. E. (2010). Optimization of additive combination for improved soy-wheat bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3, 395-405. DOI 10.1007/s11947-008-0080-z.

Santos, R. C. (2010). O valor energético dos alimentos: exemplo de uma determinação experimental, usando calorimetria de combustão. *Química Nova*, 33(1), 220-224. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100038>.

Schoenlechner, R., Szatmári, M., Bagdi, A., & Tömösközi, S. (2013). Optimisation of bread quality produced from wheat and proso millet (*Panicum miliaceum* L.) by adding emulsifiers, transglutaminase and xylanase. *LWT - Food Science and Technology*, 51, 361-366. doi:10.1016/j.lwt.2012.10.020.

Silva, H. A., Paiva, E. G., Lisboa, H. M., Duarte, E., Cavalcanti-Mata, M., Gusmão, T., & Rennan de Gusmão, R. de. (2020). Role of chitosan and transglutaminase on the elaboration of gluten-free bread. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1877-1886. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04223-5>.

Steffolani, M. E., Ribotta, P. D., Pérez, G. T., & León, A. E. (2010). Effect of glucose oxidase, transglutaminase, and pentosanase on wheat proteins: Relationship with dough properties and bread-making quality. *Journal of Cereal Science*, 51, 366-373. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.01.010>.

Wang, L., Yu, B., Wang, R., & Xie, Ji. (2018). Biotechnological routes for transglutaminase production: recent achievements, perspectives and limits. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 116-120. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.015>.

Yegin, S., Altinel, B., & Tuluk, K. (2018). A novel extremophilic xylanase produced on wheat bran from *Aureobasidium pullulans* NRRL Y-2311-1: effects on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 81, 389–397. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.012>.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Cristiano Silva da Costa – 25%

Dorasílvia Ferreira Pontes – 15%

Stella Regina Arcanjo Medeiros – 15%

Maria Nilka de Oliveira – 10%

Leiliane da Fonseca Lima Herculano – 5%

Ídila Maria da Silva Araújo – 10%

Luan Ícaro Freitas Pinto – 5%

Márcia Maria Leal de Medeiros – 5%

Marcos Venânces de Souza Leão – 5%

Maria Flavia Ferreira da Silva – 5%