

Desenvolvimento de biscoitos *plant-based* livres de ingredientes alergênicos com farinha de arroz e beterraba

Development of plant-based cookies free of allergenic ingredients with rice flour and beetroot

Desarrollo de galletas vegetales libres de ingredientes alergénicos con harina de arroz y remolacha

Recebido: 28/11/2025 | Revisado: 07/12/2025 | Aceitado: 08/12/2025 | Publicado: 09/12/2025

Luiz Henrique Garcia Pires

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8849-8312>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: luizpires.aluno@unipampa.edu.br

João Matheus Soares Falcão

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5362-7096>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: joaofalcao.aluno@unipampa.edu.br

Leomar Hackbart da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7755-8788>

Universidade Federal do Pampa, Brasil

E-mail: leomarsilva@unipampa.edu.br

Paula Fernanda Pinto da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3296-5347>

Universidade Federal do Pampa

E-mail: paulacosta@unipampa.edu.br

Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição parcial da farinha de arroz (FA) por farinha de beterraba (FB) nas características tecnológicas de biscoitos isentos de glúten, leite e ovos. Foram desenvolvidas cinco formulações com diferentes proporções de FA e FB. Sendo F1 (100:0), F2 (98,5:1,5), F3 (97:3,0), F4 (95,5:4,5) e F5 (94:6,0). Avaliou-se a umidade, atividade de água (Aa), a cor das farinhas e do amido de milho (AM), além da umidade, Aa, volume específico (VE), textura e cor dos biscoitos. As farinhas e o AM apresentaram umidade entre 6,13% e 12,90%, dentro dos padrões, e Aa inferior a 0,63, o que inviabiliza o crescimento microbiano. A FB apresentou tonalidade vermelho-escura, enquanto FA e AM tenderam ao branco. A adição crescente de FB não apresentou comportamento linear em relação aos valores de umidade (12,68–17,24%) e de Aa (0,72–0,84). No entanto, aumentou o VE (de 1,32 para 1,57 cm³·g⁻¹), reduziu o fator de expansão (de 2,83 para 2,17) e a dureza (de 12,55 N para 7,59 N), conferindo menor crocância aos biscoitos. A incorporação de FB intensificou a coloração vermelha dos biscoitos, proporcional ao nível de substituição. A formulação com 3% de FB (F3) apresentou características tecnológicas aceitáveis, não influenciando no VE e na dureza, além de conferir tonalidade atrativa devido às betalainas, pigmentos naturais presentes na beterraba. Dessa forma, a substituição parcial da FA por FB mostra-se uma alternativa viável para a produção de biscoitos sem glúten, leite e ovos, com potencial de melhor valor nutricional.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* (L); Alimento sem leite; Livre de glúten; Biscoito sem ovos; Panificação.

Abstract

The objective was to evaluate the effect of partially replacing rice flour (RF) with beet flour (BF) on the technological characteristics of gluten-, milk-, and egg-free cookies. Five formulations with different proportions of RF and BF were developed: F1 (100:0), F2 (98.5:1.5), F3 (97:3.0), F4 (95.5:4.5), and F5 (94:6.0). Moisture, water activity (WA), and color of the flours and corn starch (CS) were evaluated, as well as moisture, WA, specific volume (SV), texture, and color of the cookies. The flours and CS had moisture content between 6.13% and 12.90%, within standards, and WA below 0.63, which prevents microbial growth. BF had a dark red hue, while RF and CS tended to be white. The increasing addition of BF did not show linear behavior in relation to moisture values (12.68–17.24%) and WA values (0.72–0.84). However, it increased SV (from 1.32 to 1.57 cm³·g⁻¹), reduced the expansion factor (from 2.83 to 2.17) and hardness (from 12.55 N to 7.59 N), making the cookies less crunchy. The incorporation of BF intensified the red color of the cookies, proportional to the level of substitution. The formulation with 3% BF (F3) presented acceptable technological characteristics, not influencing SV, and hardness, in addition to giving an attractive color due to betalains, natural pigments present in beetroot. Thus, the partial replacement of RF with BF proves to be a viable alternative to produce gluten-, milk-, and egg-free cookies with potentially better nutritional value.

Keywords: *Beta vulgaris* (L); Dairy-free food; Gluten-free; Egg-free biscuit; Bakery products.

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de la sustitución parcial de la harina de arroz (HA) por harina de remolacha (HB) en las características tecnológicas de las galletas sin gluten, leche ni huevos. Se desarrollaron cinco formulaciones con diferentes proporciones de HA y HB: F1 (100:0), F2 (98,5:1,5), F3 (97:3,0), F4 (95,5:4,5) y F5 (94:6,0). Se evaluaron la humedad, la actividad del agua (Aa) y el color de las harinas y del almidón de maíz (AM), además de la humedad, la Aa, el volumen específico (VE), la textura y el color de las galletas. Las harinas y la MA presentaron una humedad entre el 6,13 % y el 12,90 %, dentro de los estándares, y una Aa inferior a 0,63, lo que impide el crecimiento microbiano. La adición creciente de HB no mostró una relación lineal con el contenido de humedad (12,68-17,24 %) ni con la Aa (0,72-0,84). Sin embargo, aumentó el VE (de 1,32 a 1,57 cm³·g⁻¹), redujo el factor de expansión (de 2,83 a 2,17) y la dureza (de 12,55 N a 7,59 N), lo que resultó en una menor textura crujiente de las galletas. La incorporación de HB intensificó el color rojo de las galletas, proporcionalmente al nivel de sustitución. La formulación con un 3 % de HB (F3) presentó características tecnológicas aceptables, sin influir el VE y la dureza, además de conferir un tono atractivo debido a las betalaínas, pigmentos naturales presentes en la remolacha. De este modo, la sustitución parcial de la HA por HB se muestra como una alternativa viable para la producción de galletas sin gluten, leche ni huevos, con un potencial valor nutricional mejorado.

Palabras clave: *Beta vulgaris* (L); Alimento sin leche; Sin gluten; Galletas sin huevo; Panadería.

1. Introdução

A procura por produtos de panificação livres de alérgenos, como glúten, leite e ovos, tem apresentado crescimento significativo nos últimos anos, impulsionada por consumidores que seguem dietas restritivas, seja em função de condições de saúde ou por escolhas relacionadas a um estilo de vida (Xu et al., 2020). Contudo, o desenvolvimento de produtos isentos de glúten, lactose e ovos, que mantenham propriedades tecnológicas e sensoriais comparáveis às versões tradicionais, configura um desafio para a indústria de alimentos (Aspasia et al., 2022; Bradauskiene et al., 2021).

Os produtos de panificação sem glúten em geral apresentam menor teor de proteínas, fibras alimentares e minerais, além de, maior índice glicêmico, maior valor calórico, em comparação com os produtos convencionais elaborados com farinha de trigo. A utilização de matérias-primas alternativas, como a farinha de arroz, amido de milho e farinha de beterraba, pode ser uma alternativa viável para melhorar o valor nutricional de produtos sem glúten, pois fornecem carboidratos, proteínas, fibras alimentares, vitaminas e minerais (Bian et al. 2024; Ronie, Zainol & Mamat, 2021).

O amido de milho, constituído por amilose e amilopectina, é utilizado em produtos de panificação, sobretudo em biscoitos, devido às propriedades tecnológicas que confere à massa. Entre suas principais funções destacam-se a redução da dureza, o aumento da crocância, da expansão do produto e da retenção de umidade. Além disso, o amido contribui para a formação, estabilidade e textura da massa, desempenhando papel essencial em formulações sem glúten. Outro aspecto relevante é sua influência na absorção e retenção de água, fatores que impactam diretamente a maciez e a vida útil dos biscoitos (Dorokhovych & Hrytsevich, 2022; Sresatan, et al., 2024).

A farinha de arroz constitui uma alternativa para substituir a farinha de trigo em formulações destinadas a dietas isentas de glúten, em virtude de sua coloração clara, sabor neutro e caráter hipoalergênico. Todavia, apresenta limitações nutricionais, como baixos teores de proteínas e fibras alimentares, o que torna necessária a associação com outras fontes proteicas e fibrosas, a fim de promover o adequado equilíbrio nutricional dos produtos elaborados (Souza et al., 2013; Herculano et al., 2021).

A beterraba (*Beta vulgaris* L.), por sua vez, tem ganhado destaque como alimento funcional, por ser rica em fibras alimentares, minerais, vitaminas e compostos bioativos com ação antioxidante e anti-inflamatória (Hadipour et al., 2020; Ninfali & Angelino, 2013). A farinha de beterraba, obtida por secagem e moagem, apresenta coloração vermelha intensa devido à presença de betalaínas, podendo ser utilizada como corante natural em produtos de panificação (Brunatti, et al., 2023; Oliveira et al., 2013). As betalaínas, divididas em betacianinas (vermelhas) e betaxantinas (amareladas), possuem propriedades funcionais, como ação antimicrobiana e quimiopreventiva (Gengatharan et al., 2015). No entanto, sua estabilidade depende de fatores como pH, temperatura e atividade de água (Wasum & Gurak, 2023), sendo o ácido cítrico uma opção para o ajuste do

pH em formulações alimentícias. Além disso, a farinha de beterraba é considerada uma alternativa para melhorar o valor nutricional de produtos isentos de glúten.

Nas formulações de biscoitos, o leite desempenha papel fundamental na solubilização dos ingredientes, favorecendo a formação da massa, além de contribuir para a coloração da crosta e para a melhoria da textura do produto (Franco, 2017). Entretanto, visando atender às necessidades de consumidores com intolerância à lactose, alergia às proteínas do leite ou adeptos de dietas veganas, este ingrediente pode ser substituído por água. Embora proporcione características semelhantes de solubilidade, a substituição resulta em menor aporte nutricional.

A adição de ovos em formulações de biscoitos desempenha funções essenciais, atuando como emulsificante, contribuindo para a formação da estrutura e influenciando diretamente o sabor, a cor e a umidade do produto. Esses atributos impactam de maneira significativa na textura e nas propriedades sensoriais dos biscoitos. A produção de formulações sem ovos representa um desafio para a indústria alimentícia, uma vez que é necessário atender às demandas de consumidores com alergias as proteínas do ovo, como a ovalbumina e ovomucóide, sem comprometer a qualidade tecnológica e sensorial dos produtos (Patil et al., 2022; Jia et al., 2023; Pangestu, Wulandari & Soenarno, 2025).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características físico-química das matérias-primas e o efeito da substituição parcial da farinha de arroz (FA) por farinha de beterraba (FB), sob as características tecnológicas de formulações de biscoitos isentos de glúten, leite e ovos.

2. Metodologia

A pesquisa experimental foi conduzida em ambiente laboratorial, contemplando abordagens qualitativas e quantitativas (Pereira; Shitsuka; Parreira; Shitsuka, 2018). Para o tratamento dos dados, empregou-se estatística descritiva, com a utilização de gráficos, cálculo de médias, desvios-padrão, análise de ANOVA e regressão (Shitsuka et al., 2014; Vieira, 2021).

2.1 Materiais e métodos

As matérias-primas utilizadas para a elaboração dos biscoitos tipo *cookies*, tais como: farinha de arroz, farinha de beterraba, amido de milho, açúcar refinado, ovo, gordura vegetal interesterificada, fermento químico, sal refinado e o ácido cítrico foram adquiridos no comércio local.

2.2 Elaboração das formulações dos biscoitos tipo *cookies* com diferentes porcentagens de farinha de beterraba

Foram desenvolvidas cinco formulações com substituição parcial de farinha de arroz (FA) por farinha de beterraba (FB), nas seguintes proporções: F1 (100:0), F2 (98,5:1,5), F3 (97:3), F4 (95,5:4,5) e F5 (94:6), respectivamente. Os demais ingredientes permaneceram constantes nas diferentes formulações de biscoitos, conforme apresentado na Tabela 1.

2.3 Processamento dos biscoitos tipo *cookies*

No preparo das formulações, os ingredientes foram pesados em balança semianalítica e acondicionados em um recipiente de inox, onde foram misturados manualmente até a obtenção da massa homogeneia. Em seguida a massa foi dividida em porções de $15 \pm 0,10$ g, modelada manualmente em formato circular, colocadas em formas retangulares inoxidável previamente untada com gordura vegetal interesterificada e forrada com papel-manteiga. Os biscoitos foram assados em forno semi-industrial a gás, da marca Venâncio Twister, modelo FVT5D, a temperatura de 220°C durante 30 min. Em seguida os biscoitos foram resfriados a temperatura ambiente, acondicionados em embalagens de polietileno e armazenados por até 2 dias para a realização das análises.

Tabela 1 – Formulações dos biscoitos tipo cookies elaborados com diferentes porcentagens de farinha de arroz e farinha de beterraba.

Ingredientes (%)*	F1 (0%)	F2 (1,5%)	F3 (3%)	F4 (4,5%)	F5 (6%)
Farinha de arroz	100	98,5	97	95,5	94
Farinha de beterraba	0	1,5	3	4,5	6
Amido de milho	15	15	15	15	15
Gordura vegetal Interesterificada	30	30	30	30	30
Açúcar refinado	40	40	40	40	40
Água (mL)	80	80	80	80	80
Sal refinado	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fermento químico	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Ácido cítrico**	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

* A porcentagem dos ingredientes nas formulações é em relação a soma total de farinha de arroz e farinha de beterraba.

** O ácido cítrico foi adicionado para ajustar o pH das massas em torno de 6 e manter a coloração vermelha característica da farinha de beterraba. Fonte: Autoria própria (2025).

2.4 Avaliações físico-químicas das matérias-primas

A determinação do teor de umidade, das amostras das farinhas de arroz, beterraba e do amido de milho foi realizada em triplicata, utilizando-se o método gravimétrico de secagem em estufa com circulação forçada de ar a $105 \pm 1^\circ\text{C}$, até massa constante, segundo o método 44-15A, da AACC (2000). A atividade de água foi avaliada, em triplicata, utilizando-se o analisador de atividade de água por ponto de orvalho, com controle interno da temperatura da amostra, em $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$, modelo - Series 4TE, marca AquaLab.

A cor instrumental das matérias-primas foi determinada em triplicatas, pelo método de tri estímulos do sistema CIELab, utilizando o colorímetro marca Hunter Lab, modelo Color Quest II, onde L^* (luminosidade variando do branco ao preto), a^* (verde ao vermelho), b^* (azul ao amarelo), Croma (C^*) (mede a saturação da cor) e ângulo de tonalidade ($^\circ\text{hue}$). Os valores de croma foram calculados através da fórmula $C^* = [(a^2) + (b^2)]^{1/2}$, e o ângulo de tonalidade pela fórmula ($\text{hab} = \text{atan}[b^*/a^*]$), conforme descrito em Minolta (2007).

2.5 Avaliações dos biscoitos tipo cookies elaborados com diferentes porcentagens de farinha de beterraba

A análise física dos biscoitos consistiu na determinação do fator de expansão, calculado pela razão entre o diâmetro e a espessura. As medidas de diâmetro e espessura foram obtidas com o auxílio de um paquímetro digital, realizando-se quatro repetições para cada formulação.

A determinação do teor de umidade, das amostras de biscoitos foi realizada em triplicata, pelo método gravimétrico de secagem em estufa com circulação forçada de ar a $105 \pm 1^\circ\text{C}$, até massa constante, segundo o método 44-15A, da AACC (2000). A atividade de água foi avaliada, em triplicata, utilizando-se o analisador de atividade de água por ponto de orvalho, com controle interno da temperatura da amostra, em $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$, modelo - Series 4TE, marca AquaLab.

A análise de volume específico dos biscoitos foi determinada em triplicata pelo método de deslocamento de sementes de painço, sendo os resultados expressos em $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$, de acordo com o método 72-10 da AACC (2000).

A textura instrumental (dureza) dos biscoitos foi determinada utilizando Texturômetro, modelo CT3-4500, da marca Brookfield. Foram utilizadas as seguintes condições: Plataforma de teste retangular TA-JTPP, sonda de corte retangular TA47 (60 mm de comprimento e 30 mm de altura), teste: normal, força inicial: 4,5 g, deformação: 7 mm, velocidade do teste: 0,5 mm/s. A análise foi realizada em 8 repetições e os resultados expressos em Newtons (N).

A cor instrumental dos biscoitos foi determinada em triplicata, pelo método de tri estímulos do sistema CIELab, utilizando o colorímetro marca Hunter Lab, modelo Color Quest II, onde L* (luminosidade variando do branco ao preto), a* (verde ao vermelho), b* (azul ao amarelo), Croma (C*) (mede a saturação da cor) e ângulo de tonalidade (°hue). Os valores de croma foram calculados através da fórmula $C^* = [(a^2) + (b^2)]^{1/2}$, e o ângulo de tonalidade pela fórmula $(h_{ab} = \text{atan}[b^*/a^*])$, conforme descrito em Minolta (2007).

2.6 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o software Action Stat (Estatcamp, 2016), avaliando a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey para comparação das médias dos resultados obtidos nas análises das matérias-primas, considerando um nível de significância de 5%. Em relação aos resultados das análises das formulações dos biscoitos, estes foram submetidos à ANOVA, sendo que para as variáveis que apresentaram efeito significativo ($p \leq 0,05$), foi realizada a análise de regressão dos dados e calculou-se os coeficientes de regressão (R^2), sendo considerados adequados os modelos com $R^2 \geq 0,75$, os quais serviram de base para a construção dos gráficos e das respectivas linhas de tendência.

3. Resultados e Discussão

3.1 Avaliações físico-químicas das matérias-primas

As características físico-químicas, como o teor de umidade e a atividade de água, das matérias-primas influenciam na conservação, enquanto a coloração interfere nas propriedades sensoriais das farinhas, indicando sua aplicação em produtos de panificação. Na Tabela 2 encontram-se os resultados de umidade, atividade de água e dos parâmetros de cor das farinhas de arroz, beterraba e do amido de milho. Observa-se que os valores de umidade variaram entre 6,13% e 12,90% e estão de acordo com a RDC N° 711, de 1° de julho de 2022, que estabelece que o valor máximo de umidade é de 15% para amidos de cereais, farelos e farinhas (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2022).

Tabela 2 - Resultados da umidade, atividade de água e dos parâmetros de cor do amido de milho e das farinhas de arroz e beterraba.

Análises	Farinha de Arroz	Farinha de Beterraba	Amido de Milho
Umidade (%)	7,06 ± 0,22 ^b	6,13 ± 0,24 ^c	12,90 ± 0,18 ^a
Atividade de Água	0,25 ± 0,00 ^c	0,50 ± 0,00 ^b	0,63 ± 0,00 ^a
L*	90,74 ± 0,38 ^b	45,17 ± 0,18 ^c	98,54 ± 0,67 ^a
a*	0,14 ± 0,26 ^b	15,69 ± 0,39 ^a	-1,33 ± 0,02 ^c
b*	4,93 ± 0,13 ^b	4,28 ± 0,16 ^c	6,53 ± 0,24 ^a
C*	4,93 ± 0,11 ^c	16,26 ± 0,42 ^a	6,66 ± 0,23 ^b
°hue	88,31 ± 2,95 ^b	15,26 ± 0,20 ^c	101,55 ± 0,61 ^a

Valores expressos com a média aritmética de três repetições ± desvio padrão, seguida de mesma letra minúscula na linha, referente a cada parâmetro, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). L*=Luminosidade; a*= coordenadas cromáticas a; b*=coordenada cromática b; Croma (C*)=Saturação da cor e °hue=ângulo de tonalidade. Fonte: Autoria própria (2025).

Estudos realizados por Thakur et al. (2020) identificaram um teor de umidade de 10,85% na farinha de arroz. De forma semelhante, Sresatan et al. (2024) reportaram valores de 11,86% para a farinha de arroz e de 12,15% para o amido de milho. Enquanto Oliveira et al. (2013) verificaram um teor de 4,37% na farinha de beterraba. Esses níveis de umidade são considerados adequados para garantir a manutenção da qualidade e prevenir a deterioração de farinhas e amidos.

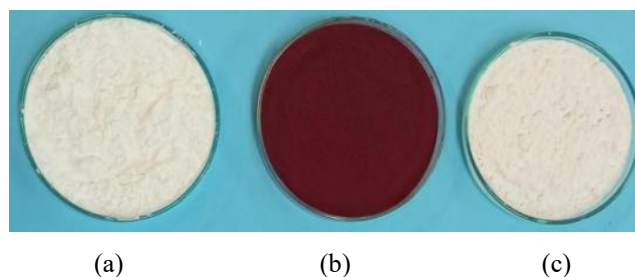
A atividade de água de um alimento corresponde à fração de água livre disponível, a qual é suscetível a diversas reações e alterações, incluindo o crescimento de microrganismos, bem como reações químicas, enzimáticas e não enzimáticas. Valores

de atividade de água acima de 0,60 já permitem o crescimento de leveduras osmofílicas, como *Saccharomyces rouxii*, e de alguns bolores, como *Aspergillus echinulatus* e *Monascus bisporus*. Nessa mesma faixa, também pode ocorrer oxidação lipídica (Damodaran, Parkin & Fennema, 2010). Na Tabela 2, observa-se que os valores de atividade de água da farinha de arroz, da farinha de beterraba e do amido de milho encontram-se abaixo de 0,63. Esse resultado indica baixa probabilidade de ocorrência de reações químicas indesejáveis, bem como de desenvolvimento microbiano, consequentemente maior tempo de conservação.

Estudos realizados por Ferreira et al (2022) que avaliaram as características físico-químicas da farinha de beterraba e encontraram valores para atividade de água de 0,57, sendo considerada dentro dos padrões para conservação.

Em relação aos parâmetros de cor, observa-se na Tabela 2 que a farinha de beterraba apresentou tonalidade vermelho-escura, caracterizada por menores valores de luminosidade (L), do parâmetro b (associado à tonalidade amarela) e do ângulo de tonalidade (°hue). Por outro lado, verificou-se aumento nos valores do parâmetro a* (indicando maior intensidade da cor vermelha) e do croma, em comparação ao amido de milho e à farinha de arroz, que tenderam à coloração branca (Figura 1) (Neves et al. 2021; Van Ngo, Kunyane & Luangsakul, 2024). A tonalidade entre o vermelho e o roxo da farinha de beterraba está relacionada aos elevados níveis de pigmentos betalaínicos, como as betacianinas e betaxantinas, que conferem coloração vermelha intensa e contribuem para as propriedades bioativas da farinha (Bian et al. 2024; Guamán-Balcázar et al. 2024).

Figura 1 - Imagens do amido de milho (a), da farinha de beterraba (b) e da farinha de arroz (c).



Fonte: Autoria própria (2025).

3.2 Avaliações físico-químicas dos biscoitos tipo *cookies*

As características físico-químicas dos biscoitos tipo *cookies*, tais como o teor de umidade e a atividade de água, desempenham papel fundamental na qualidade do produto. Esses parâmetros influenciam diretamente a conservação dos biscoitos, uma vez que níveis elevados de umidade ou atividade de água favorecem o crescimento de microrganismos e aceleram reações químicas indesejáveis, reduzindo a vida de prateleira. Além disso, afetam a aceitabilidade sensorial pelos consumidores, pois estão associados à textura, crocância e frescor dos biscoitos (Lima et al. 2019, Dorokhovych & Hrytsevich, 2022).

3.2.1 Teor de umidade e atividade de água dos biscoitos tipo *cookies* elaborados com diferentes porcentagens de farinha de beterraba

Na Tabela 3, observa-se que o aumento da adição de farinha de beterraba na formulação dos biscoitos tipo *cookies* não apresentou comportamento linear em relação aos valores de umidade, que variou entre 12,68% e 17,24%, pois a análise de regressão não apresentou modelo significativo ($p \leq 0,05$). O coeficiente de regressão foi de 0,65, indicando falta de ajuste do modelo aos dados, o que impossibilita a apresentação de uma equação representativa. Resultados semelhantes foram encontrados por Romero (2019), que apresentaram valores de 8,53% e 16,13% no desenvolvimento de biscoitos tipo *cookies* elaborados com farinha de arroz e farinha de soja.

Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos dos biscoitos tipo *cookie* elaborados com diferentes porcentagens de farinha de beterraba

Parâmetros	F1 (0%)	F2 (1,5%)	F3 (3%)	F4 (4,5%)	F5 (6%)
Umidade (%)	17,24 ± 0,38 ^{ns}	12,68 ± 1,48	12,74 ± 0,37	12,68 ± 0,81	16,58 ± 0,29
Atividade de Água	0,82 ± 0,00 ^{ns}	0,74 ± 0,02	0,79 ± 0,01	0,72 ± 0,00	0,84 ± 0,01

Valores expressos com a média aritmética de três repetições ± desvio padrão seguida de ns na linha indica que a análise de regressão não apresentou modelo significativo ($p \leq 0,05$). Formulações com substituição parcial de farinha de arroz (FA) por farinha de beterraba (FB), nas seguintes proporções: F1 (100:0), F2 (98,5:1,5), F3 (97:3), F4 (95,5:4,5) e F5 (94:6). Fonte: Autoria própria (2025).

A atividade de água de um alimento é a quantidade de água livre que é suscetível a várias reações e alterações no alimento, que pode ser por presença de microrganismos, reações químicas, enzimáticas e não enzimáticas, quanto menor a atividade de água, maior o tempo de conservação de um alimento. Segundo Damodaran et al. (2010), valores de atividade de água acima de 0,60 favorecem o desenvolvimento de bolores e acima de 0,85 fornecem o desenvolvimento de bactérias patogênicas.

Os valores de atividade de água dos biscoitos tipo *cookies* variaram entre 0,72 e 0,84 (Tabela 3), demonstrando esses resultados que os biscoitos apresentam valores no limite próximo ao máximo aceitável de atividade de água, sendo instáveis do ponto de vista microbiológico. Como medida de controle deve-se fazer o ajuste da temperatura e do tempo de forneamento para reduzir a atividade de água e aumentar a vida de prateleira dos biscoitos.

Estudos realizados por Lima et al. (2019) que avaliou formulações de biscoitos a base de farinha de resíduos de maracujá, abacaxi e melão, e analisaram quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos e encontraram valores de atividade de água de 0,43 a 0,49, sendo considerados adequados à conservação em temperatura ambiente.

3.2.2 Parâmetros tecnológicos dos biscoitos tipo *cookies* elaborados com diferentes porcentagens de farinha de beterraba

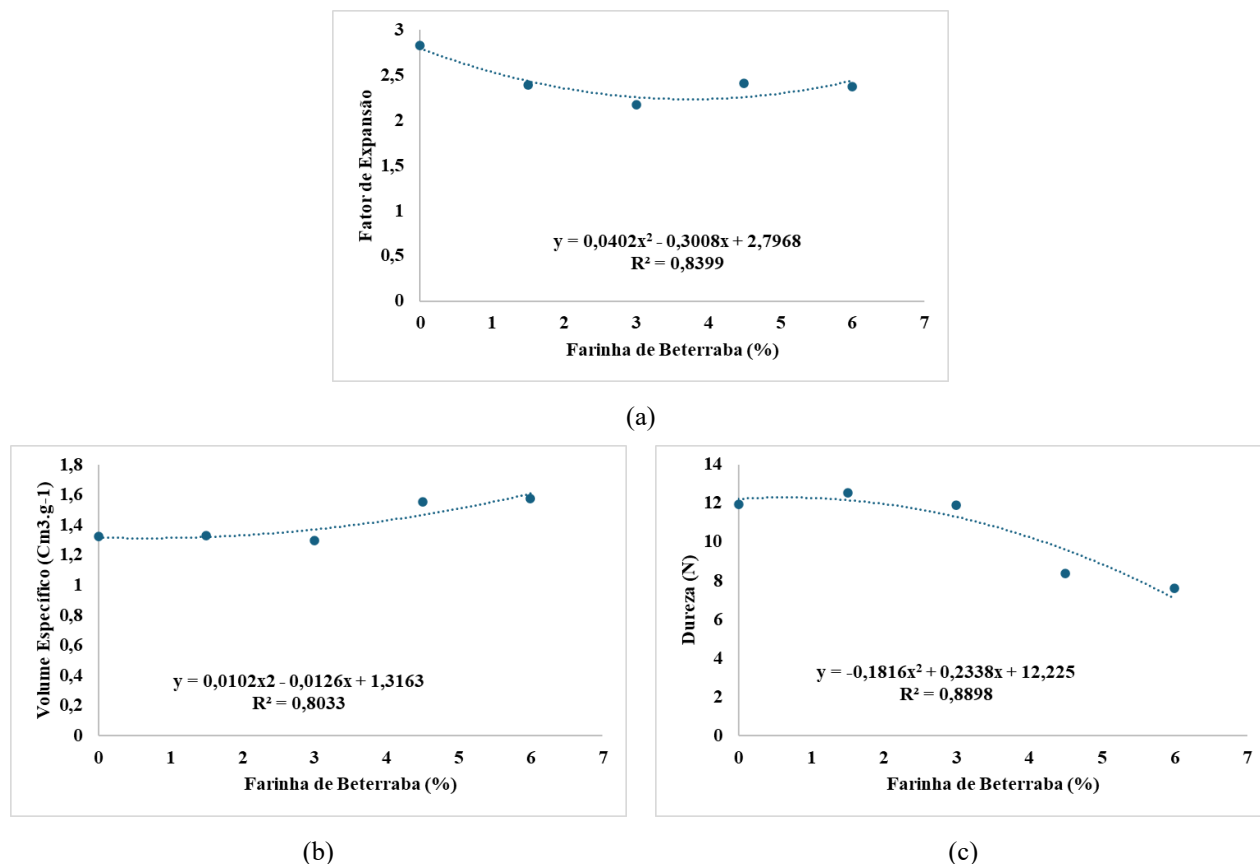
Entre as principais características tecnológicas dos biscoitos tipo *cookies* destaca-se o fator de expansão, o volume específico e a textura que influenciam diretamente no rendimento, na padronização de embalagem e na aceitação do produto pelos consumidores (Sresatan et al. 2024; Kim et al., 2025).

Na Figura 2a observa-se que o fator de expansão dos biscoitos tipo *cookies* variou entre 2,83 e 2,17, reduzindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) com a adição de farinha de beterraba. Esse comportamento está relacionado à adição de proteínas e fibras alimentares presentes na farinha de beterraba, que interfere na absorção e retenção de umidade tornando a massa mais densa. O fator de expansão é uma característica de qualidade importante na produção de biscoitos, pois está relacionado ao rendimento das formulações. Além disso, a farinha ou qualquer outro ingrediente que absorve água durante a mistura da massa pode reduzir o fator de expansão (Silva, 2021).

Em relação ao volume específico dos biscoitos tipo *cookies*, estudos indicam que uma menor densidade está associada a maior crocância. Isso ocorre porque massas mais aeradas tendem a produzir biscoitos menos compactos, enquanto massas com menor incorporação de ar resultam em produtos de maior dureza (Kim et al., 2025). Na Figura 2b observa-se que a adição de farinha de beterraba influenciou significativamente os valores de volume específico, que variaram de 1,32 cm³/g a 1,57 cm³/g, representando um aumento de aproximadamente 19% no volume dos biscoitos.

Esse efeito pode ser atribuído à presença de proteínas e fibras na farinha de beterraba, que favorecem maior absorção e retenção de água durante o forneamento, contribuindo para a expansão da massa e consequentemente maior volume específico. Resultados semelhantes foram observados por Mattos (2023), que avaliou biscoitos formulados com farinha de araticum.

Figura 2 - Resultados do fator de expansão (a), volume específico (b) e de dureza (c) dos biscoitos tipo cookies elaborados com diferentes porcentagens de adição de farinha de beterraba.



Formulações de biscoitos tipo cookies elaborados com substituição parcial de farinha de arroz por farinha de beterraba, nas seguintes proporções: F1 (100:0), F2 (98,5:1,5), F3 (97:3,0), F4 (95,5:4,5) e F5 (94:6,0). Fonte: Autoria própria (2025).

Em relação a textura observa-se na Figura 2c, que a adição da farinha de beterraba nas formulações dos biscoitos tipo cookies reduziu os valores de dureza, que variou entre 12,56N e 7,59N, apresentando um comportamento quadrático, ou seja, a adição da farinha de beterraba na formulação dos biscoitos até 3,0% não apresentou diferença significativa, mas ao aumentar esse valor para 4,5% houve uma redução significativa ($p \leq 0,05$) de 36% na dureza dos biscoitos. Isto ocorreu provavelmente pela maior adição de fibras presentes na farinha de beterraba (24%) e consequentemente houve uma maior retenção de umidade, o que reduziu a dureza e a crocância dos biscoitos (Dorokhovych e Hrytsevich, 2022; Sresatan et al. 2024).

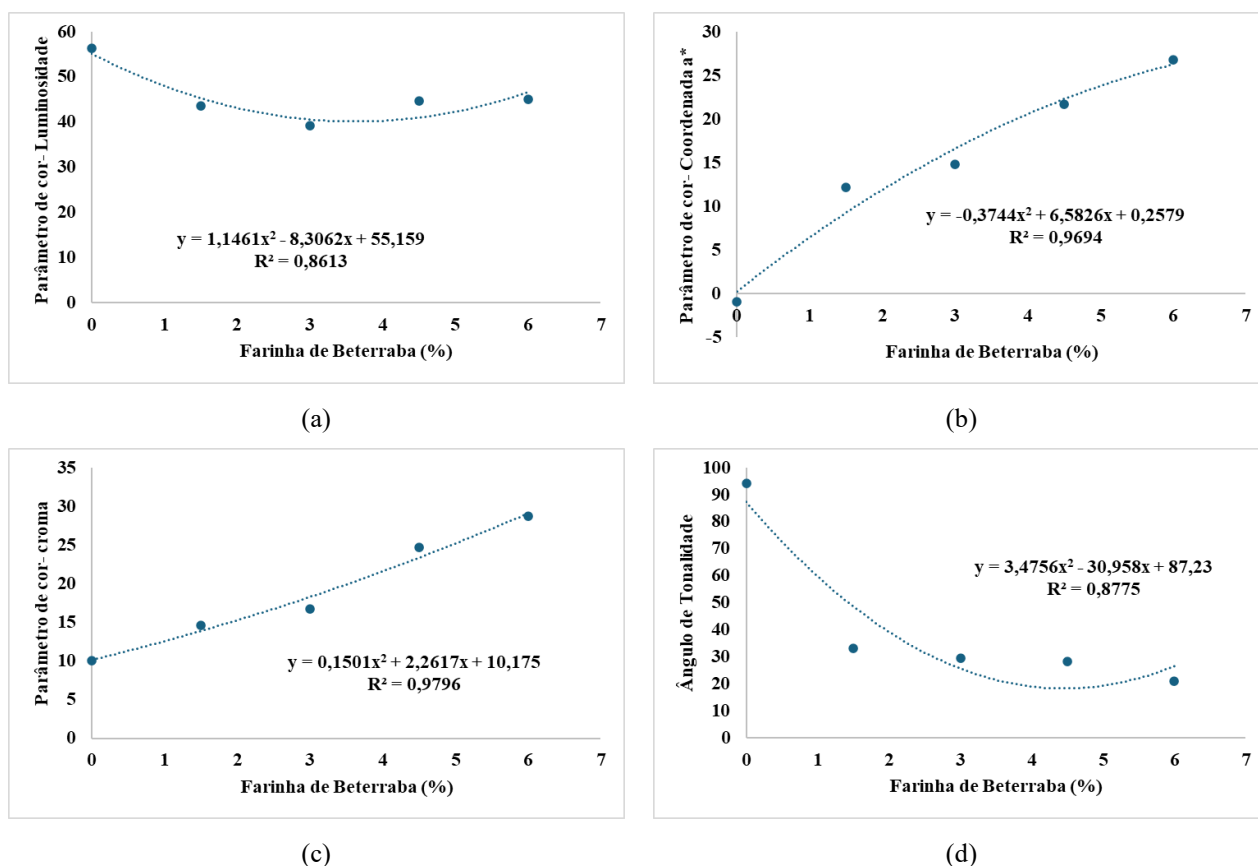
Estudos realizados por Oliveira et al. (2017) que avaliaram formulações de biscoitos tipo *cookie* elaboradas com farelo de feijão, farinha de arroz e amido de mandioca. Foram desenvolvidas três formulações contendo as seguintes proporções (em %, m/m) desses ingredientes, em relação à quantidade total de componentes amiláceos utilizados: formulação A (50:50:0), formulação B (41,7:41,7:16,6) e formulação C (33,3:33,3:33,4). Os autores observaram que a formulação A apresentou valores de dureza de 3177 ± 1016 g, significativamente superior aos das formulações B e C, que registraram 1974 ± 412 g e 1954 ± 510 g, respectivamente. Esses resultados indicam que houve uma redução na dureza dos biscoitos à medida que se aumentou a proporção de amido de mandioca nas formulações.

3.3 Parâmetros de cor instrumental dos biscoitos tipo cookies

A cor dos biscoitos é influenciada pela coloração da matéria-prima e pelas reações de escurecimento que ocorrem durante o forneamento. Em relação a coloração dos biscoitos a adição crescente de farinha de beterraba influenciou

significativamente ($p \leq 0,05$) nos parâmetros da cor (Figura 3), pois houve um aumento nos valores do parâmetro a^* da cor, que variou entre -0,91 a 26,85 e no croma que variou de 10,08 a 28,54. No entanto, reduziu os valores de luminosidade que variou de 56,27 a 39,11 e o ângulo de tonalidade de 94,29 para 20,87, porém não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) em relação aos valores do parâmetro b^* que variou entre 7,63 e 11,76 (R^2 de 0,34). Desta forma, observa-se que a adição de farinha de beterraba intensificou a coloração vermelha dos biscoitos (Figura 4).

Figura 3 – Parâmetros de cor instrumental: Luminosidade (a), parâmetro a^* da cor (b), croma (c) e ângulo de tonalidade (d) dos biscoitos elaborados com diferentes porcentagens de adição de farinha de beterraba



Formulações de biscoitos tipo cookies elaborados com substituição parcial de farinha de arroz por farinha de beterraba, nas seguintes proporções: F1 (100:0), F2 (98,5:1,5), F3 (97:3,0), F4 (95,5:4,5) e F5 (94:6,0). Fonte: Autoria própria (2025).

Os modelos de regressão para os parâmetros de cor dos biscoitos (L^* , a^* , C^* e Hue) foram significativos ($p < 0,05$) dentro das condições estudadas. Os coeficientes de regressão (R^2) foram de 0,86, 0,96, 0,97 e 0,77, respectivamente, indicando um bom ajuste do modelo aos dados, garantindo a validade das predições efetuadas. Os modelos completos de 2ª ordem estão apresentados na Figura 3.

Na Figura 4 estão apresentadas as fotografias das diferentes formulações dos biscoitos tipo cookies e observa-se que houve variação na coloração dos biscoitos, com intensificação da tonalidade vermelha proporcional a adição de farinha de beterraba. Isso se deve à presença de pigmentos (betalainas) termossensíveis presentes na farinha de beterraba, que em altas temperaturas se degradam durante o forneamento, tendendo a coloração vermelho mais claro (Silva, 2021).

Estudos demonstram que, quando incorporada aos alimentos, a farinha de beterraba confere coloração que varia do rosa ao vermelho em concentrações mais baixas, enquanto em concentrações mais elevadas tende a produzir tons mais escuros, por vezes arroxeados. Esse efeito ocorre devido à presença de pigmentos betalaínicos, como as betacianinas, responsáveis pela

coloração vermelho-violeta, e as betaxantinas, que conferem tons amarelo-alaranjados. Além de proporcionar uma coloração intensa e característica, esses compostos também contribuem para as propriedades bioativas da farinha. (Bian et al. 2024; Guamán-Balcázar et al. 2024; Otálora et al. 2020).

Figura 4 - Aparência dos biscoitos tipo cookies elaboração com diferentes porcentagens de farinha de beterraba .



Formulações de biscoitos tipo cookies elaborados com substituição parcial de farinha de arroz por farinha de beterraba, nas seguintes proporções: F1 (100:0), F2 (98,5:1,5), F3 (97:3,0), F4 (95,5:4,5) e F5 (94:6,0). Fonte: Autoria própria (2025).

A utilização das betalaínas como corante natural apresenta elevado potencial de aplicação em alimentos, pela sua atividade antioxidante e coloração vermelha. No entanto, a estabilidade das betalaínas são alteradas quando submetidas a altas temperaturas, presença de luz, oxigênio, umidade e pH. Em relação ao pH essas são estáveis na faixa de pH de 3 e 7, mantendo a coloração avermelhada (Wasum e Gurak, 2023).

O estudo de Kim et al. (2025) avaliou biscoitos de arroz com diferentes concentrações de extrato de beterraba (0, 2,5, 5,0 e 10 g), verificando que a qualidade e as propriedades antioxidantes variaram conforme a quantidade adicionada. A formulação com 5,0 g de extrato apresentou maior efeito antioxidante sem comprometer a aceitabilidade do consumidor, destacando-se como alternativa promissora para a produção de biscoitos de arroz.

4. Considerações Finais

Em relação as características físico-químicas das matérias-primas observaram-se que as farinhas e o amido de milho apresentaram umidade entre 6,13% e 12,90%, dentro dos padrões, e Aa inferior a 0,63, o que inviabiliza o crescimento microbiano e aumenta o tempo de conservação. A FB apresentou tonalidade vermelho-escura, devido às betalaínas, pigmentos naturais presentes na beterraba, enquanto FA e AM tenderam ao branco devido a maior concentração de amido.

A adição crescente de FB não apresentou comportamento linear em relação aos valores de umidade (12,68–17,24%) e de atividade de água (0,72–0,84). No entanto, promoveu aumento no volume específico (de 1,32 para 1,57 cm³·g⁻¹), redução do fator de expansão (de 2,83 para 2,17) e da dureza (de 12,55 N para 7,59 N), conferindo menor crocância aos biscoitos.

A incorporação de FB intensificou a coloração vermelha dos biscoitos, proporcional ao nível de substituição. A formulação com 3% de FB (F3) apresentou características tecnológicas aceitáveis, não influenciando no VE e na dureza, além de conferir tonalidade atrativa devido às betalaínas, pigmentos naturais presentes na beterraba. Dessa forma, a substituição parcial da FA por FB mostra-se uma alternativa viável para a produção de biscoitos sem glúten, leite e ovos, com potencial melhor valor nutricional, atendendo também às demandas de consumidores veganos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação e ao Núcleo de Pesquisa em Tecnologia de Grãos e Produtos Amiláceos da UNIPAMPA – Campus Itaqui, pelo apoio institucional que viabilizou a realização da pesquisa e a elaboração deste artigo.

Referências

- American Association of Cereal Chemists (AACC). (2000). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists* (9ª ed., Vol. 2).
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (2022). RDC nº 771, de 1º de julho de 2022. *Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães*. Diário Oficial da União. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-711-de-1-de-julho-de-2022-412858964>. Brasília, DF.
- Aspasia, S., Emmanuela-Kalliopi, K., Nikolaos, T., Eirini, S., Ioannis, S., & Anastasia, M. (2022). The gluten-free diet challenge in adults with coeliac disease: The Hellenic survey. *PEC Innovation*, 1, 100037. <https://doi.org/10.1016/j.pecinn.2022.100037>
- Bian, C., Ji, L., Xu, W., Dong, S., & Pan, N. (2024). Research progresses on bioactive substances of beets and their functions. *Molecules*, 29(19), 4756. <https://doi.org/10.3390/molecules29194756>
- Bradauskienė, V., Vaiciulytė-Funk, L., Martinaitienė, D., Andruskienė, J., Verma, A. K., Lima, J. P., ... & Catassi, C. (2023). Wheat consumption and prevalence of celiac disease: Correlation from a multilevel analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(1), 18–32. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1939650>
- Brunatti, A. C., et al. (2023). Desenvolvimento artesanal de cookie com farinha de beterraba: Análise sobre a influência da temperatura na sua composição físico-química. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 9(5), 1726–1741. <https://doi.org/10.51891/rease.v9i5.9909>
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2010). *Química de alimentos de Fennema* (4ª ed.). Artmed.
- Dorokhovych, V., & Hrytsevich, M. (2022). The use of corn and tapioca starch in the production of low-protein cookies for patients with phenylketonuria. Scientific Works of National University of Food Technologies. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2022-28-3-14>.
- Estatcamp. (2016). *Software Action*. Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade. <http://www.portalaction.com.br/>
- Ferreira, D. M., et al. (2022). Caracterização químico-física de biscoito formulado com ou sem farinha de hibisco. *Research, Society and Development*, 11(2), e49011226094. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.26094>
- Franco, L. H. E. (2017). *Desenvolvimento de brownie funcional sem glúten e sem lactose* (Monografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- Gengatharan, A., Dykes, G. A., & Choo, W. S. (2015). Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 645–649. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.052>
- Guamán-Balcázar, M. D. C., Montero, M., Celi, A., Montes, A., Carrera, C., Pereyra, C., & Meneses, M. Á. (2024). Encapsulation of phenolic compounds extracted from beet by-products: Analysis of physical and chemical properties. *Foods*, 13(18), 2859. <https://doi.org/10.3390/foods13182859>
- Hadipour, E., et al. (2020). Biological effects of red beetroot and betalains: A review. *Phytotherapy Research*, 34(8), 1847–1867. <https://doi.org/10.1002/ptr.6653>
- Herculano, L. D. F. L., Pontes, A. C. B., Rodrigues, C. L. J., Barroso, L. P., de Oliveira, M. N., Medeiros, S. R. A., & Moreira, A. C. D. S. N. (2021). Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 62905–62924. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-595>
- Jia, J., Deng, X., Jia, X., Guo, C., Liu, X., Liu, Y., & Duan, X. (2023). Comparison and evaluation of *L. reuteri* and *L. rhamnosus*-fermented egg yolk on the physicochemical and flavor properties of cookies. *Food Chemistry: X*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.101096>.
- Kim, S., Kim, E., Nam, J., & Jang, H. (2025). Quality characteristics and antioxidant activities of rice cookies supplemented with red beet extracts. *Food Science and Biotechnology*, 34(9), 1889–1896. <https://doi.org/10.1007/s10068-024-01805-8>
- Lima, A. R. N., et al. (2019). Caracterização físico-química e microbiológica de biscoitos confeccionados com farinha de resíduos de frutas. *Research, Society and Development*, 8(11), e198111452. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i11.1452>
- Mattos, C. A. B. de. (2023). *Elaboração e análises físicas e físico-químicas de biscoitos tipo cookies enriquecidos com farinha de araticum (Annona neosalicifolia H. Rainer)*. (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul).
- Minolta Co., Ltd. (2007). *Color communication: Color control from feeling to instrumentation*. Minolta.
- Neves, E. C. A., Moysés, B. A., Neves, D. A., Campelo, P. H., & Clerici, M. T. P. S. (2021). Sustainable and regional gastronomy: Cassava leaves as a potential ingredient for gluten-free biscuits. *Research, Society and Development*, 10(3), e12010313071. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13071>
- Ninfali, P., & Angelino, D. (2013). Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* cicla and rubra. *Fitoterapia*, 89, 188–199. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2013.06.004>
- Oliveira, D. I., et al. (2017). Biscoitos tipo cookie sem glúten formulados com farelo de feijão, farinha de arroz e amido de mandioca. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 11(2). <https://doi.org/10.3895/rbta.v11n2.5752>
- Oliveira, L. P., et al. (2013). Avaliação e composição nutricional da farinha de beterraba e sua utilização no preparo de sobremesas. *Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde*, 2(1), 13–19. <https://doi.org/10.33362/ries.v2i1.158>
- Otálora, C., Bonifazi, E., Fissore, E., Basanta, F., & Gerschenson, L. (2020). Thermal stability of betalains in by-products of the blanching and cutting of *Beta vulgaris* L. var conditiva. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 70, 15–24. <https://doi.org/10.31883/pjfn/116415>

- Pangestu, M., Wulandari, Z., & Soenarno, M. (2025). Physicochemical, Microbiological, and Organoleptic Characteristics of Cookies During Storage with Egg Yolk Powder Formulation. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. <https://doi.org/10.29244/jipthp.13.1.28-33>.
- Patil, S., Rao, B., Matondkar, M., Bhushette, P., & Sonawane, S. (2022). Review on understanding of egg yolk as functional ingredients. *Journal of microbiology, biotechnology, and food sciences*. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.4627>.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia_Pesquisa-Cientifica.
- Romero, L. I. (2019). *Elaboração de biscoitos tipo cookies à base de farinha de arroz e farinha de soja* (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pampa).
- Ronie, M. E., Zainol, M. K., & Mamat, H. (2021). A review on the recent applications of gluten-free flour, functional ingredients, and novel technologies approach in the development of gluten-free bakery products. *Food Research (Malaysia)*, 5, 43–54. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(5\).721](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(5).721)
- Silva, K. S. (2021). *Elaboração e caracterização de biscoitos doces a partir da farinha de beterraba* (Trabalho de Conclusão de Curso, ICA-UFGM).
- Souza, T. A. C., Júnior, M. S. S., Campos, M. R. H., Souza, T. S. C., Dias, T., & Fiorda, F. A. (2013). Bolos sem glúten à base de arroz quebrado e casca de mandioca. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(2), 717–727. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p717>
- Shitsuka, R. et al. (2014). Matemática fundamental para tecnologia. (2.ed). Editora Érica.
- Sresatan, P., Dhamvithee, P., Nualkaekul, S., Hudthagosol, C., & Sanporkha, P. (2024). Optimization of Rice Flour, Corn Starch and Modified Tapioca Starch to Produce Gluten Free Cookies. *Natural and Life Sciences Communications*. <https://doi.org/10.12982/nlsc.2024.024>.
- Thakur, A., Vaidya, D., Kaushal, M., Verma, A., & Gupta, A. (2020). Mineral composition physicochemical properties, FTIR spectra and scanning electron microscopy of rice flour. *J. Vitam. Miner*, 9, 219-328.
- Van Ngo, T., Kunyane, K., & Luangsakul, N. (2024). Insight into the nutritional, physicochemical, functional, antioxidative properties and in vitro gastrointestinal digestibility of selected Thai rice: Comparative and multivariate studies. *Current Research in Food Science*, 8, 100735. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2024.100735>
- Vieira, S. (2021). Introdução à bioestatística. Editora GEN/Guanabara Koogan.
- Wasum, M. de M., & Gurak, P. D. (2023). Talos de beterraba (*Beta vulgaris* L.): Uma alternativa para obtenção de corante natural. *Brazilian Journal of Development*, 9(5), 14980–14994. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n5-034>
- Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., & Li, Y. (2020). Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 200–213. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.017>