

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JORDANA FORTUNA GOMES

**INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA FARINHA DE TRIGO POR
FARINHA DE LENTILHA GERMINADA E NÃO GERMINADA NAS
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE PÃES**

MEDIANEIRA

2025

JORDANA FORTUNA GOMES

**INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA FARINHA DE TRIGO POR
FARINHA DE LENTILHA GERMINADA E NÃO GERMINADA NAS
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE PÃES**

**Influence of partial replacement of wheat flour by germinated and
ungerminated lentil flour on the technological properties of bread**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de alimentos da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Nádia Cristiane Steinmacher.

MEDIANEIRA

2025



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JORDANA FORTUNA GOMES

**INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA FARINHA DE TRIGO POR
FARINHA DE LENTILHA GERMINADA E NÃO GERMINADA NAS
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE PÃES**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de alimentos da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Nádia Cristiane Steinmacher.

Data de aprovação: 06/Fevereiro/2025

Nádia Cristiane Steinmacher
Doutorado em Ciência de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Gláucia Cristina Moreira
Doutorado em Agronomia/Horticultura
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Carolina Castilho Garcia
Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

MEDIANEIRA

2025

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos e amigos, por todo apoio e carinho que permitiram que chegasse até essa conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre abençoar e iluminar meu caminho, por me dar forças para sempre superar as dificuldades e seguir em frente. Aos meus avós, Maria e Manoel por zelarem e me guiarem, meus anjos do céu.

Agradeço aos meus pais, Cheila e Valdir por sempre acreditarem em mim, serem meu porto seguro e nunca medirem esforços para realização dos meus sonhos. Se cheguei até aqui e me tornei o que sou hoje, devo isso a eles. Aos meus irmãos, Júlia e Miguel, por sempre me apoiarem em todas as minhas escolhas e tornarem minha jornada mais leve e feliz. À minha avó, Marilene e à minha tia, Aparecida por todo carinho e fé no meu potencial, minha eterna fonte de amor.

Às minhas amigas, Elisa e Mariane, por estarem ao meu lado nos momentos mais desafiadores e por celebrarem comigo cada pequena conquista. Vocês tornaram essa caminhada mais leve e divertida, com risadas e parceria que me incentivaram a seguir em frente.

Agradeço à minha orientadora, Nádia Cristiane Steinmacher, por toda dedicação, paciência e orientação durante a realização do projeto. À professora Elciane Zanatta, por disponibilizar a estufa de secagem para o andamento do trabalho e a todo corpo docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira, por todos os recursos e ensinamentos.

Este trabalho é fruto de uma caminhada que nunca trilhei sozinha, e por isso dedico a toda a minha família e amigos, com todo o meu coração, esta conquista.

RESUMO

A lentilha (*Lens culinaris*) é uma leguminosa que tem despertado o interesse da indústria alimentícia, devido ao seu alto teor em fibras e proteínas. Quando submetida ao processo de germinação, aumenta-se a disponibilidade de seus nutrientes, o que favorece a formulação de alimentos com potencial anticancerígeno, anti-inflamatório e controle da obesidade. O objetivo do estudo foi avaliar as características físico-químicas, nutricionais e aplicação tecnológica da farinha de lentilha germinada e não germinada na produção de pães, com o intuito de fornecer opções de lanches mais nutritivos que alcancem a população em geral. As farinhas foram obtidas a partir de sementes de lentilha através do processo de secagem em estufa com circulação de ar. As análises realizadas nas farinhas de lentilha germinada e não germinada foram as análises centesimais, granulometria, atividade de água, pH, capacidade de absorção de água e cor, já nos pães com substituição de 15% foram realizadas análises de cor, volume específico e firmeza. Os resultados obtidos, apontaram que a farinha de lentilha germinada e não germinada melhorou as propriedades nutricionais no produto final, apresentando um aumento no teor de proteínas e diminuição no de lipídios e carboidratos sem afetar a cor, firmeza e volume específico dos pães. A substituição parcial da farinha de lentilha demonstrou potencial para substituição da farinha de trigo, melhorando o desenvolvimento de produtos de panificação com maior valor nutricional.

Palavras-chave: Germinação; pão; lentilha; substituição;

ABSTRACT

The lentil (*Lens culinaris*) is a legume that has gained interest in the food industry due to its high fiber and protein content. When subjected to the germination process, the availability of its nutrients increases, which favors the formulation of foods with potential anticancer, anti-inflammatory, and obesity-controlling properties. The aim of this study was to evaluate the physicochemical, nutritional characteristics and technological application of germinated and non-germinated lentil flour in bread production, with the intention of providing more nutritious snack options accessible to the general population. The flours were obtained from lentil seeds through a drying process in an oven with air circulation. The analyses performed on germinated and non-germinated lentil flours included proximate composition, granulometry, water activity, pH, water absorption capacity, and color. In the bread with a 15% flour substitution, color, specific volume, and firmness analyses were carried out. The results indicated that both germinated and non-germinated lentil flour improved the nutritional properties of the final product, showing an increase in protein content and a reduction in lipid and carbohydrate content without affecting the color, firmness, or specific volume of the bread. The partial substitution of wheat flour with lentil flour demonstrated potential for improving bakery products with higher nutritional value.

Keywords: Germination; bread; lentil; replacement

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formação da rede de glúten.	18
Figura 2 - Lentilha após o processo de germinação.....	24
Figura 3 - Lentilhas não germinadas secas.....	24
Figura 4 - Etapas da produção dos pães.	27
Figura 5 – Aspecto visual da farinha de lentilha germinada (esquerda) e da não germinada (direita).	35
Figura 6 – Comparação visual dos pães.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ingredientes e suas quantidades em gramas, utilizados na elaboração dos pães.....	27
Tabela 2 - Composição centesimal das farinhas.....	29
Tabela 3 - Médias das análises de atividade de água e pH.	31
Tabela 4 - Capacidade de absorção de água das farinhas de lentilha.....	33
Tabela 5 - Parâmetros de cor das farinhas.	34
Tabela 6 - Parâmetros de cor do miolo dos pães.....	35
Tabela 7 - Volume específico e firmeza dos pães.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivo específico.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Perfil atual dos consumidores sobre os produtos de panificação	16
3.2	Farinha de trigo	17
3.3	Leguminosas: lentilha.....	19
3.4	Germinação.....	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1	Material.....	23
4.2	Germinação e secagem da lentilha.....	23
4.3	Produção da farinha.....	24
4.4	Caracterização das farinhas de lentilha	25
4.4.1	Análises físico-químicas	25
4.4.2	Granulometria.....	25
4.4.3	Capacidade de absorção de água (CAA)	25
4.4.4	Cor.....	26
4.5	Desenvolvimento dos pães	26
4.6	Produção dos pães	26
4.7	Avaliação das propriedades dos pães	28
4.7.1	Volume específico	28
4.7.2	Cor do miolo	28
4.7.3	Atividade de água.....	28

4.7.4	Firmeza dos pães.....	28
4.7.5	Análise estatística.....	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1	Análises das farinhas.....	29
5.1.1	Características físico-químicas.....	29
5.1.2	Atividade de água e pH	31
5.1.3	Granulometria.....	32
5.1.4	Capacidade de absorção de água (CAA)	33
5.1.5	Cor.....	34
5.2	Análises realizadas nos pães	35
5.2.1	Cor do miolo	35
5.2.2	Volume específico e firmeza	36
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

O pão surgiu na antiguidade e continua sendo muito consumido na atualidade, por ser prático e apresentar custo reduzido. Esse produto vem sendo alvo de constantes mudanças visando ao aprimoramento do sabor e melhora nas qualidades nutricionais (Lima, 2020). Os produtos de panificação são amplamente consumidos no mundo, com o pão sendo o mais popular devido à sua significativa contribuição nutricional na dieta humana (Velázquez, 2012).

A maioria das pessoas preferem e consomem o pão branco, cujo valor nutricional é limitado por ser produzido com farinha de trigo refinada. Além disso, devido à grande variação na qualidade da farinha de trigo utilizada na panificação, é costumeiro adicionar diferentes tipos de aditivos à farinha de trigo, especialmente produtos químicos, para melhorar a qualidade do produto do ponto de vista tecnológico (Ciudad-Mulero *et al.*, 2020).

Atualmente, uma das tendências na panificação é melhorar a qualidade nutricional do pão, substituindo parcialmente a farinha de trigo por outros tipos de farinha, sem afetar a qualidade dos produtos. Tentativas são realizadas para equilibrar o conteúdo de vitaminas, minerais e fibras perdidas durante o refino do trigo, sem adicionar qualquer composto químico aos produtos de panificação. Para corrigir essas deficiências nutricionais, diferentes farinhas de grãos podem ser utilizadas na panificação. Então, uma das possibilidades é a substituição parcial do trigo por matérias-primas que não aparecem nos pães tradicionais (Almeida; Chang; Steel, 2013; Torbica; Belović; Tomić, 2019). Um importante grupo agrícola dessas matérias-primas são as leguminosas, que são uma valiosa fonte de proteínas com um perfil equilibrado de aminoácidos, carboidratos, fibras, vitaminas, minerais e fitoquímicos com um efeito positivo na saúde (Boukid *et al.*, 2019; Fan; Beta, 2019). Leguminosas são ingredientes alimentares viáveis para múltiplas aplicações alimentícias, graças ao seu alto valor nutricional, sustentabilidade e economia. São uma excelente fonte de micronutrientes e macronutrientes, amido resistente e compostos bioativos, ácidos fenólicos e flavonoides, além de apresentarem vários efeitos benéficos na saúde humana e na prevenção de doenças (Bresciani *et al.*, 2021).

As farinhas de leguminosas, apresentam perfil de aminoácidos que complementa as características das farinhas de cereais, aumentando o valor proteico. A substituição parcial da farinha de trigo por diferentes tipos de leguminosas melhora não só o valor nutricional do pão, mas também diminui o índice glicêmico, aumentando o teor de fibras, o conteúdo mineral e a qualidade das proteínas (Erbersdobler; Barth; Jahreis, 2017). No entanto, a adição parcial de farinhas de leguminosas tem a desvantagem de conter alguns fatores antinutritivos, como taninos, fitatos ou inibidores de tripsina, que podem afetar o valor nutricional do pão (Atudorei; Codina, 2020). Além disso, o nível de adição é limitado devido ao efeito de diluição do glúten, o que afeta a estrutura viscoelástica da massa e a sua capacidade de reter gases durante a fermentação, o que pode levar a produtos de panificação de baixa qualidade (Belc *et al.*, 2021).

Dessa forma, é mais conveniente utilizar farinhas de leguminosas na forma germinada, processo que tem um efeito positivo no perfil nutricional das leguminosas, e também no seu perfil sensorial. A germinação das leguminosas promove diversas mudanças positivas, como a redução de fatores antinutricionais, o aumento do teor de proteínas e a melhoria na disponibilidade de minerais como sódio, magnésio, ferro e zinco, além da diminuição dos níveis de lipídios e carboidratos (Atudorei; Stroe; Codina, 2021).

Portanto, a utilização dessas farinhas de leguminosas como substitutos parciais da farinha de trigo é justificada tanto por aspectos nutricionais quanto sensoriais, principalmente na forma germinada, podendo melhorar a qualidade dos produtos de panificação até mesmo do ponto de vista tecnológico.

A lentilha (*Lens culinaris*) é uma das leguminosas mais produzidas e consumidas mundialmente, tendo especial relevância para a alimentação humana por ser fonte de diversos nutrientes e minerais, além de antioxidantes naturais. Essa leguminosa pode conter mais de 28% de proteína e apresenta constituintes químicos distribuídos por diferentes partes, sendo as fibras concentradas na casca, enquanto proteínas e lipídeos estão em maior concentração nos cotilédones. A lentilha possui ação preventiva em doenças crônicas não transmissíveis, sendo elas diabetes mellitus, doenças cardiovasculares e cânceres em geral. Esse grão é fonte de substâncias antioxidantes, tais como compostos fenólicos, ácido ascórbico e tocoferol (Bragança, 2020).

Este estudo avaliou o impacto da substituição de 15% da farinha de trigo por farinha de lentilha germinada e não germinada, focando nas propriedades físico-químicas e tecnológicas do pão.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de lentilha germinada e não germinada na produção de pães, estudando as características físico-químicas, nutricionais e tecnológicas dos produtos obtidos.

2.2 Objetivo específico

- Definir condições e realizar a germinação da lentilha;
- Produzir farinhas de lentilha germinada e não germinada;
- Caracterizar as farinhas produzidas e comparar a de lentilha germinada e com a farinha de lentilha não germinada;
- Elaborar pães tradicionais utilizando 100% de farinha de trigo e pães com substituição parcial de 15% da farinha de trigo pelas farinhas de lentilha;
- Comparar as composições físico-químicas, nutricionais e tecnológicas dos pães preparados com a adição das farinhas de lentilha germinada e não germinada com a amostra controle.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Perfil atual dos consumidores sobre os produtos de panificação

Segundo Lauschner *et al.* (2016), o desenvolvimento de um produto alimentício é um mercado em ascensão, já que os desejos e necessidades da população se transformam diariamente, de acordo com o sabor ou sua característica funcional. A inovação tem conquistado novas percepções e mudanças nesses alimentos, uma vez que o comércio está cada vez mais competitivo. A indústria de alimentos é um dos centros da economia do país e antes do lançamento de uma nova mercadoria, os responsáveis pela Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) das empresas elaboram uma série de processos para verificar as preferências que os consumidores procurariam em um novo produto.

A sociedade tem demonstrado mudanças nos hábitos alimentares que influenciam a demanda de consumo dos produtos alimentícios. Os consumidores dão preferência aos produtos que extrapolam a função de suprir as necessidades nutricionais, ou seja, é dada preferência àqueles alimentos que possam exercer funções específicas, que contribuam com a saúde e bem-estar (Kaur; Singh, 2017). Nesse contexto, estão os alimentos funcionais, os quais baseiam-se em ingredientes que possuem componentes ativos que atuam controlando e/ou modulando funções metabólicas e fisiológicas no organismo, produzindo benefícios à saúde do consumidor (Brasil, 1999).

A farinha de trigo é o principal ingrediente utilizado na fabricação de uma variedade de alimentos, que fazem parte do hábito alimentar de boa parte da população global (Scheuer *et al.*, 2011), tais como produtos de panificação e confeitaria.

O trigo é um cereal pequeno e de formato variável constituído por três partes: pericarpo, gérmen e endosperma. O pericarpo constitui a camada externa do grão e é rica em fibras e sais minerais. O gérmen é a parte embrionária do grão, onde se encontra grande parte dos lipídeos e dos compostos básicos à germinação. O

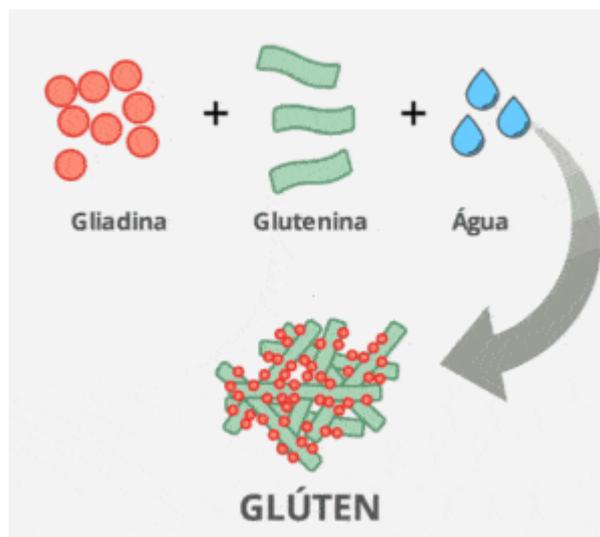
endosperma é a parte interior do grão, da qual se extrai a farinha, representando cerca de 87 a 89% da planta (Scheuer *et al.*, 2011).

3.2 Farinha de trigo

A farinha de trigo é obtida por processo de trituração ou moagem dos grãos de trigo. Seu uso é apropriado para a produção de uma variedade de alimentos saborosos que fazem parte da maioria das dietas mundiais, uma vez que contribui para a ingestão alimentar energética e de proteína, e é considerado uma fonte básica de carboidratos para a maioria das pessoas. A farinha de trigo tem a capacidade de gerar uma rede viscoelástica devido à presença de um complexo proteico denominado glúten, que confere às massas características como elasticidade, extensibilidade e capacidade de absorção de água, permitindo o desenvolvimento de produtos de panificação de alta qualidade, com características texturais, tecnológicas e sensoriais muito marcantes. As massas com glúten são capazes de reter o gás carbônico produzido durante o processo de fermentação, possibilitando a produção de pães e outros produtos de panificação volumosos, macios e crocantes (Gil-Humanes *et al.*, 2014; Vieira *et al.*, 2015).

Segundo Aquino (2012), das proteínas totais do trigo, 15% correspondem a globulinas e albuminas e 85% às gliadinas e gluteninas. O trigo é o único cereal que apresenta gliadinas e gluteninas em quantidade adequada para formar o glúten. Devido ao valor tecnológico do glúten, o trigo é o cereal mais utilizado em produtos de panificação convencionais.

O glúten é o complexo proteico insolúvel formado na etapa de mistura dos ingredientes das massas à base de certos cereais, mediante hidratação das proteínas do trigo, submetidas à ação mecânica, como mostra a Figura 1. As proteínas do trigo formadoras de glúten são as gliadinas, que proporcionam capacidade de expansão à massa, e as gluteninas, responsáveis pelas propriedades de elasticidade da massa. Elas são denominadas proteínas de armazenamento e conferem à farinha a viscoelasticidade suficiente para a produção dos produtos de panificação (Saueressig; Kaminski; Escobar, 2016).

Figura 1 - Formação da rede de glúten.

Fonte: <https://www.madrepaesartesana.com.br/autolise/> (2019)

A farinha de trigo apresenta carboidratos e algumas proteínas, mas não fornece minerais suficientes, especialmente cálcio, zinco e ferro, que geralmente são separados durante o processo de moagem (Agrahar-Murugkar, 2020). No Brasil, a farinha de trigo é fortificada através da incorporação de ferro e ácido fólico, com o objetivo de reforçar o seu valor nutritivo na prevenção ou correção de possíveis deficiências nutricionais. O enriquecimento da farinha de trigo existe desde o ano de 2002, e se tornou obrigatório para combater dois graves problemas de saúde pública no país: a anemia por deficiência de ferro e a má formação do feto quando a mãe não consome ácido fólico suficiente (Brasil, 2002).

Considerando que farinhas são produtos provenientes de partes comestíveis de uma variedade de espécies vegetais como, cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas, através de processos tecnológicos considerados seguros a produção de alimentos (Brasil, 2005b), uma maneira de contornar a insuficiência nutricional da farinha de trigo e, conseqüentemente, dos produtos de panificação fabricados com ela, é substituí-la parcialmente por farinhas de fontes que tragam aporte nutricional ao alimento.

O uso de diferentes fontes alternativas para substituir a farinha de trigo na produção de pães tem sido amplamente explorado ao longo dos últimos anos. A maioria dos estudos realizados sobre o uso de farinhas alternativas para fins de fabricação de pães visa determinar o efeito de substituição da farinha de trigo na qualidade de pães. A substituição da farinha de trigo implica mudanças na rede de

glúten e concentração de amido. Para combater essa falta, diferentes melhoradores, são aplicados para aumentar a absorção de água da massa, induzir o fortalecimento e aumentar a capacidade da massa de reter gás (Alcântara; Carvalho; Vanin, 2020).

A técnica de substituição da farinha de trigo, entretanto, representa um desafio tecnológico na fabricação de produtos de panificação, devido às suas propriedades reológicas (Comettant-Rabanal *et al.*, 2021), já que a rede de glúten é enfraquecida.

3.3 Leguminosas: lentilha

As leguminosas são importantes fontes de proteínas alimentares. O enriquecimento com farinhas de leguminosas é um meio eficaz para melhorar a qualidade nutricional dos alimentos à base de cereais, pois sabe-se bem que a composição de aminoácidos das leguminosas é complementar à de cereais (Boye *et al.*, 2010).

Leguminosas são alimentos importantes na prevenção de fatores de risco em doenças crônicas não transmissíveis como obesidade, hipertensão, diabetes tipo II, câncer, entre outros (Vaz Patto *et al.*, 2015). Esses vegetais têm perfil nutricional contendo carboidratos (50%-60%), proteínas (17%-25%), fibras alimentares (3%-8%), gorduras (1%-6%), minerais e vitaminas; e também são fonte de antioxidantes naturais, como compostos fenólicos, vitamina C e tocoferóis (Dueñas *et al.*, 2016).

Segundo Rui *et al.* (2012), as leguminosas são uma parte importante da dieta equilibrada devido às proteínas de origem vegetal, fibras, carboidratos, minerais e vitaminas.

Desse modo, alguns estudos apresentam o enriquecimento da farinha de trigo por meio da adição de diferentes grupos de alimentos, como por exemplo a adição de cereais, sementes oleaginosas, ervas e leguminosas, consideradas boas fontes adicionais de minerais e fibras solúveis, e que podem ser utilizadas como ingredientes na elaboração de alimentos com bom perfil nutricional (Agrahar-Murugkar, 2020).

A lentilha (*Lens culinaris*), foco do presente trabalho, é uma leguminosa pouco usada no país, apesar do seu alto valor nutricional. As lentilhas apresentam conteúdo significativo de vitaminas, minerais, carboidratos, fibras alimentares e baixo índice glicêmico (Wang *et al.*, 2009). Também são ricas em proteínas (21– 31%) que contêm

todos os aminoácidos essenciais (39,3 g de aminoácidos essenciais por 100 g de proteína) (Monnet *et al.*, 2019). Além disso, lentilhas contêm muitos micronutrientes, dos quais destacam-se a vitamina B9, o zinco e o ferro (Romano *et al.*, 2021).

Estudos demonstraram que o consumo de lentilhas traz benefícios nas doenças cardiovasculares e na prevenção do câncer (Asif *et al.*, 2013).

O consumo regular de lentilhas é assim capaz de enriquecer a nutrição humana, bem como prevenir e reduzir o desenvolvimento de doenças crônicas, como doenças cardiovasculares, câncer, excesso de peso e obesidade, síndrome metabólica e diabetes (Asif *et al.*, 2013).

As lentilhas são, portanto, vitais para melhorar a nutrição das pessoas especialmente nos países em desenvolvimento. Apesar dos efeitos benéficos do consumo de lentilha à saúde humana, seu consumo é por vezes limitado pela presença de alguns constituintes antinutricionais, como as saponinas. Saponinas são compostos naturais presentes nas leguminosas que reduzem a biodisponibilidade de micronutrientes quando em altos níveis. Para potencializar o consumo das lentilhas como alimento humano, é necessária a retirada de seus antinutrientes, o que pode ser feito por cozimento, imersão e germinação (Burbano *et al.*, 1997).

3.4 Germinação

O processo de germinação de grãos é uma prática que teve início no ano 8.000 a.C. O trigo antigo e outros grãos, uma vez recolhidos, eram armazenados em condições úmidas que faziam com que as sementes germinassem ou brotassem. Os grãos brotados eram então moídos, produzindo pães que eram alimento fácil de transportar. Em meados de 1700, os marinheiros consumiam sementes germinadas para combater o escorbuto, doença que afetava particularmente marinheiros desnutridos (Finnie; Brovelli; Nelson, 2019).

O processo de germinação começa com a absorção de água pela semente e termina com o crescimento do eixo embrionário, no qual ocorre a produção do embrião através do tegumento que caracteriza o alimento germinado (Dziki; Gawlik-Dziki, 2019).

A qualidade nutricional da semente é melhorada após sua germinação, o que pode indicar efeitos benéficos para a saúde com o consumo regular de grãos germinados. Grãos germinados são alimentos funcionais, que, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), na resolução 18, de 04/04/1999, são quaisquer alimentos ou ingredientes que, além das funções nutricionais básicas, quando consumidos como parte da dieta usual, produzem efeitos metabólicos e / ou fisiológicos e / ou benéficos para a saúde e devem ser seguros para consumo sem supervisão médica (ANVISA, 1999)

Além disso, o processo de germinação influencia as propriedades tecnológicas pelas mudanças enzimáticas por decorrentes de eventos fisiológicos, entre eles fatores internos e externos. Como fatores internos tem-se os inibidores e promotores da germinação e como fatores externos, luz, temperatura, água, gases e substrato. Esses fatores influenciam propriedades tecnológicas como solubilidade, absorção de água, formação de espuma e emulsificação (Ding; Feng, 2019).

Segundo Benítez *et al.* (2013), a germinação tem demonstrado que os brotos podem melhorar os valores nutricionais dos grãos, contribuindo com a absorção dos aminoácidos, açúcares simples, ácidos orgânicos e compostos bioativos pelo aumento da atividade de enzimas. Essas propriedades nutricionais configuram estratégias para a indústria alimentícia, que precisa oferecer produtos com maiores contribuições nutricionais.

Além de melhorar as características nutricionais, as características físico-químicas também apresentam mudanças que poderiam ser valorizadas na indústria dos alimentos. É um processo promissor para melhorar as funcionalidades tecnológicas como por exemplo, a solubilidade, absorção de água, formação de espuma e emulsão, de sementes relacionando-se com degradação de proteína e amido pela ação de enzimas ativadas durante a germinação (Singh, A.; Sharma; Singh, B., 2017).

A técnica da germinação é um processo fácil e econômico que disponibiliza uma série de compostos ativos em algumas leguminosas e cereais e que mostrou efeitos sobre a fração de fibras solúveis e insolúveis, causando um aumento significativo desses elementos (Dueñas *et al.*, 2016). Como o interesse dos consumidores e da indústria por alimentos funcionais aumenta a cada dia, muitos estudos e pesquisas estão sendo desenvolvidos com foco na formulação de produtos alimentícios que permitam melhorar o perfil nutricional dos alimentos. O papel das

leguminosas e dos cereais germinados tornou-se, portanto, importante para uma dieta sustentável e equilibrada, pois em consequência da germinação, as proteínas são hidrolisadas e, assim, a digestibilidade é melhorada (Devi; Kushwaha; Kumar, 2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Material

A lentilha (*Lens culinaris*) e os demais ingredientes utilizados na produção de pães, nomeadamente, farinha de trigo, levedura, margarina, sal, leite e ovos, foram comprados no comércio local em Medianeira, Paraná. Os reagentes disponíveis utilizados nas análises foram fornecidos pelo Departamento de Engenharia de Alimentos (DAALM) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Medianeira.

4.2 Germinação e secagem da lentilha

A produção dos brotos de lentilha baseou-se no procedimento utilizado para a produção de brotos de feijão Mungo-verde (Moyashi), como proposto por Vieira e Lopes (2001), em virtude de sua semelhança com a lentilha.

As sementes foram lavadas com água em um recipiente de vidro de tamanho suficiente para permitir que sementes de baixa qualidade, quebradas e restos de cascas ficassem na superfície e para serem descartadas. Este procedimento foi repetido três vezes. Após a lavagem, as sementes foram desinfectadas a partir de uma solução de hipoclorito de sódio a 2% de cloro. Em sequência, as sementes foram transferidas para um recipiente de vidro com volume de água quatro vezes maior do que o ocupado por elas, onde ficaram embebidas durante 12 horas no período noturno. O recipiente foi coberto por uma tela fina presa através de um elástico, para permitir a ventilação necessária.

Após o repouso de 12 horas, foi feito o descarte da água e as sementes foram lavadas novamente, três vezes, com grande volume de água para eliminação de qualquer resíduo de hipoclorito de sódio. As lentilhas foram colocadas em panos de algodão e mantidas em BOD com temperatura controlada, durante 24 h a 30°C. A Figura 2, mostra as lentilhas que foram submetidas ao processo de germinação mostrando o crescimento dos brotos nos grãos.

Figura 2 - Lentilha após o processo de germinação.



Fonte: Autoria própria (2024).

A secagem foi realizada em estufa com controlador de temperatura e circulação de ar (Modelo CE-205/100, CIENLAB, São Paulo, Brasil). A lentilha não germinada foi seca a 60° C por 36h e a lentilha germinada, a 60 °C por 60 h. A Figura 3 mostra as lentilhas não germinadas após o processo de secagem em estufa.

Figura 3 - Lentilhas não germinadas secas.



Fonte: Autoria própria (2024).

4.3 Produção da farinha

Para a produção da farinha, as amostras secas de lentilha germinada e não germinada foram moídas em liquidificador doméstico (Mondial Power- L-550). Em seguida, foi realizado o peneiramento (Bertel Indústria Metalúrgica Ltda. Caieiras, São

Paulo, Brasil) e as amostras foram armazenadas em sacos plásticos, em câmara de refrigeração à temperatura de 15 °C até serem utilizadas.

4.4 Caracterização das farinhas de lentilha

4.4.1 Análises físico-químicas

Para a caracterização da farinha foram as realizadas análises em triplicata, segundo a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008): A umidade, pelo método de secagem em estufa de 105 °C; teor de cinzas, por incineração, em mufla a 550 °C; teor de lipídios, pelo método de Soxhlet, utilizando o éter de petróleo como solvente; teor de proteínas, pelo método de Kjeldahl, com fator de correção de 5,75 e teor de carboidratos, por diferença.

4.4.2 Granulometria

Para determinar a granulometria das farinhas de lentilha germinada e não germinada foi utilizado método oficial n° 66-20 da *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 2000). Em um agitador de peneiras (Bertel Indústria Metalúrgica Ltda. Caieiras, São Paulo, Brasil), aproximadamente 100 g de cada farinha foi peneirada com vibração programada e controladas por 15 minutos em um conjunto de peneiras com 20, 35, 50, 80 e 100 “*Mesh Tyler*” (abertura da malha de 850, 500, 340, 180 e 150 µm, respectivamente) e a base. Então a quantidade retida em cada peneira e base foi pesada e expressa em percentagem (%) conforme Equação (1).

$$\text{Farinha retida (\%)} = \frac{(\text{massa de farinha retida (g)} \cdot 100)}{\text{massa total da farinha}} \quad (\text{Equação 1})$$

4.4.3 Capacidade de absorção de água (CAA)

A CAA foi determinada de acordo com a metodologia de Beuchat, (1977) e Köhn *et al.*, (2014), com adaptações. Em duplicata foram adicionados separadamente 1,50 g da farinha de lentilha germinada e não germinada em tubos centrífugos

contendo 15mL de água destilada. Em seguida, os tubos foram deixados em repouso por 30 minutos à 25°C. Por fim, foi realizada a agitação das amostras em vórtex a 2600 rpm, durante 30 minutos (Centrífuga CT 5000-R, Cientec, Piracicaba, São Paulo). O sobrenadante foi escorrido cuidadosamente por 20 minutos e descartado. Por fim, foi pesado o tubo com o resíduo em balança analítica (SHIMADZU, BL-3200H, São Paulo). Os resultados foram expressos pela relação da massa de água absorvida (g) por massa inicial da amostra (g), conforme a Equação (2).

$$CAA (\%) = \left(\frac{\text{Massa de água absorvida (g)}}{\text{Massa inicial de amostra (g)}} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

4.4.4 Cor

A cor das farinhas, foi obtida com o auxílio do colorímetro Konica Minolta, utilizando o sistema CIEL*a*b*, por refletância da luz (Chroma meter CR-400, Konica Minolta, Japão). Os parâmetros de cor avaliados foram a luminosidade (L* = 100 para claro e 0 para escuro), e as coordenadas de cromaticidade a*, (-) para verde e (+) para vermelho e b*, (-) para azul e (+) para amarelo, com iluminante D65 e 10° de ângulo de observação.

4.5 Desenvolvimento dos pães

Foram elaboradas três formulações de pães: pão de lentilha não germinada, pão de lentilha germinada e pão com farinha de trigo, denominado pão controle. A substituição da farinha de trigo por farinha de lentilha germinada e não germinada foi realizada na concentração de 15%. A preparação foi desenvolvida de acordo com as Boas Práticas de Fabricação (BPF) com o intuito de garantir a segurança alimentar.

4.6 Produção dos pães

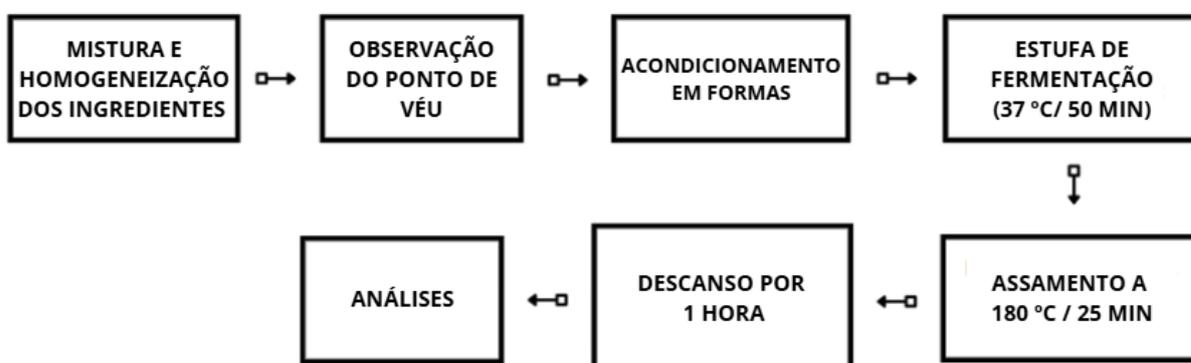
Os pães foram elaborados com os ingredientes nas proporções apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Ingredientes e suas quantidades em gramas, utilizados na elaboração dos pães.

Ingredientes	Controle	Germinada	Não Germinada
Farinha de trigo	1000	850	850
Farinha de lentilha	850	150	150
Açúcar	50	50	50
Margarina 80% sem sal	50	50	50
Leite Integral	550	550	550
Fermento Biológico Seco	10	10	10
Sal	20	20	20
Ovos	50	50	50

Fonte: Autoria própria (2024).

Após mistura e homogeneização dos ingredientes até a observação do ponto de véu, as massas foram acondicionadas em formas, levadas para a estufa de fermentação por 50 minutos (37 °C) e assadas em forno industrial a 180 °C por 25 minutos. Após o assamento, os pães foram desenhados e deixados em repouso à temperatura ambiente por um período de 1 hora até o momento das análises. A etapa de processamento dos pães foi esquematizada no fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 4 - Etapas da produção dos pães.

Fonte: Autoria própria (2025).

4.7 Avaliação das propriedades dos pães

4.7.1 Volume específico

Após 1 hora de resfriamento dos pães em temperatura ambiente, o volume foi determinado pela técnica de deslocamento de sementes. O volume específico foi calculado pela razão entre o volume deslocado e sua massa (mL/g). Duas repetições foram realizadas por tratamento.

4.7.2 Cor do miolo

A cor do miolo dos pães, determinada um dia após sua produção, foi obtida auxílio do colorímetro Konica Minolta, utilizando o sistema CIEL*a*b*, por refletância da luz (Chroma meter CR-400, Konica Minolta, Japão). Os parâmetros de cor avaliados foram a luminosidade (L^* = 100 para claro e 0 para escuro), e as coordenadas de cromaticidade a^* , (-) para verde e (+) para vermelho e b^* , (-) para azul e (+) para amarelo, com iluminante D65 e 10° de ângulo de observação.

4.7.3 Atividade de água

A atividade de água dos pães foi determinada um dia após sua produção. A análise foi realizada em duplicata, com uma porção do miolo do pão inserida no equipamento Aqualab – Modelo 4TE a temperatura ambiente.

4.7.4 Firmeza dos pães

A firmeza dos pães foi avaliada utilizando um texturômetro TA-HDplus (Stable Micro System, Inglaterra) após um dia da produção dos pães. Para o teste, foi utilizado o probe cilíndrico de 36 mm, com compressão de 40% das fatias de 25mm de pães. A firmeza dos pães foi avaliada de acordo com o método da AACC 74-09 (AACC, 1995).

4.7.5 Análise estatística

O estudo estatístico dos dados das análises de caracterização físico-química e tecnológica, foi realizado pela análise de variância (ANOVA) e para a comparação entre as médias, teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão médio (DPM), com o auxílio do software Statistica® versão 12.0 e da tabulação pelo Excel®, versão 2024.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises das farinhas

5.1.1 Características físico-químicas

Os resultados das análises de umidade e teores de cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos das farinhas estão apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 - Composição centesimal das farinhas.

Farinha	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteína (%)	Carboidratos (%)
Trigo	13,33 \pm 0,21 ^c	0,68 \pm 0,03 ^b	2,48 \pm 0,53 ^a	12,00 \pm 1,41 ^c	71,50 \pm 0,70 ^a
Germinada	18,55 \pm 0,85 ^b	2,40 \pm 0,14 ^a	0,56 \pm 0,36 ^c	21,39 \pm 0,18 ^a	56,50 \pm 0,95 ^b
Não Germinada	20,57 \pm 0,40 ^a	3,05 \pm 0,03 ^a	1,36 \pm 0,37 ^b	19,87 \pm 0,67 ^b	55,80 \pm 0,97 ^b

Resultados expressos como média \pm desvio padrão. Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Fonte: Autoria própria (2024)

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, observou-se que os resultados da composição centesimal da farinha de trigo estão conforme o estipulado pela Instrução Normativa n°8/2005 do Ministério da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento (MAPA) (Brasil, 2005). Verificou-se que a umidade, os teores de cinzas e proteínas atenderam os teores especificados, tendo menos que 15%, 0,8% e mínimo de 7,5%, respectivamente. Em contrapartida, umidade e o teor de cinzas das farinhas de lentilha germinada e não germinada não atenderam os parâmetros indicados pela legislação brasileira.

Verificou-se que na análise de umidade, os resultados obtidos apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$). Em relação ao controle, as farinhas de lentilha obtiveram um aumento no teor de umidade, assemelhando-se com os resultados obtidos por Rosa-Millán *et al.*, (2019). Esses autores avaliaram os efeitos da germinação em feijões pretos (*Phaseolus vulgaris L.*) e verificam o aumento do teor de umidade (10,9 a 12,0 g/100 g) após o processo de germinação. Segundo os autores, o aumento do teor de umidade poderia estar relacionado com a quantidade de água adicionada para lavagem das sementes e com o tempo de secagem da lentilha germinada (60 horas) comparada com a lentilha não germinada (36 horas). É muito importante controlar o teor de umidade da farinha, pois esse parâmetro influencia os padrões de qualidade, já que alimentos com alta umidade são propícios à deterioração, desenvolvimento microbiano, reduzindo o tempo de *shelf life*.

O teor de cinzas das farinhas apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), concordando com os resultados obtidos no estudo de Rosa-Millán *et al.* (2019), em que o teor de cinzas para farinha de feijão preto não germinado e para farinha de feijão germinado foi de de 2,5 g/100g e 3,3 g/100g, respectivamente. Quantificar o teor de cinzas é importante para o padrão de qualidade, pois é um indicador do teor de minerais presentes nas farinhas. Quanto maior o teor de cinzas presentes nas farinhas, maior a concentração de casca, o que afeta sua cor e a dos produtos finais com elas obtidos. Para uso industrial farinhas que apresentam baixo teor de cinzas (< 1%) resultam em melhor qualidade do produto. Benayad (2020) e Millar *et al.* (2019) afirmam que a água usada no processo germinação e na lavagem dos grãos de lentilha pode influenciar no aumento do teor de minerais refletindo no resultado de teor de cinzas nas farinhas (Benayad, 2020; Millar *et al.*, 2019).

É possível observar que a farinha de lentilha germinada e não germinada possuem teores significativamente mais elevados de proteínas quando comparadas à farinha de trigo, ($p < 0,05$). Por outro lado, o teor de carboidratos da farinha de trigo

mostrou-se significativamente maior do das farinhas de lentilha germinada e não germinada ($p < 0,05$).

O conteúdo de lipídios diferiu significativamente ($p > 0,05$) dentre as amostras, observou-se que a farinha de lentilha germinada e não germinada resultaram em teor ligeiramente menor do que o controle. Esse resultado era esperado, já que a lentilha é conhecida pelo alto teor de proteínas e baixo teor de lipídeos. Esse comportamento também foi observado para o feijão preto germinado e não germinado no estudo de Rosa-Millán *et al.* (2019).

Segundo Migliozi *et al.* (2015), as lentilhas são ricas em proteínas e fibras, apresentando baixo teor de lipídios. Podem ser uma fonte complementar na ingestão de proteínas, e no presente estudo, complementa nutricionalmente o trigo pela adição de farinha de lentilha germinada e não germinada usada na panificação. Os dados apresentados na Tabela 2 apontam melhor qualidade nutricional das farinhas de lentilha, por apresentarem também maior teor de proteínas e de cinzas e menor de lipídios e carboidratos. O consumo de carboidratos acompanhado de proteínas é relacionado com a liberação mais lenta da glicose no sangue, favorecendo uma resposta de insulina mais estável (Chung *et al.* (2008).

5.1.2 Atividade de água e pH

Os resultados das análises de atividade de água e pH estão descritos na Tabela 3:

Tabela 3 - Médias das análises de atividade de água e pH.

Formulação	Atividade de água	pH
Controle	0,956±0,01 ^a	6,53±0,12 ^a
Germinada	0,216±0,03 ^b	6,40±0,02 ^a
Não Germinada	0,140±0,02 ^c	6,39±0,01 ^a

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Fonte: Autoria própria (2024)

A atividade de água (a_w) foi um parâmetro que apresentou diferença significativa ($p < 0.05$) nas farinhas, estando de acordo com o estudo de Ghumman; Kaur; Singh (2016), onde avaliaram o impacto da germinação nas características da farinha de lentilha (*Lens culinaris*) e feijão-de-cabra (*Macrotyloma uniflorum* L.), verificando que os teores de atividade de água para as farinhas germinadas e não germinadas variaram de 0,216 g/g a 0,140 g/g, respectivamente. O teor de ambas as farinhas aumentaram significativamente quando comparado com a farinha de trigo, ainda mais após a germinação.

Os valores da atividade de água são muito importantes na tecnologia de alimentos para avaliar a suscetibilidade dos alimentos à deterioração e, portanto, a vida útil do produto. O aumento na atividade de água pode ser atribuído ao aumento em proteínas de baixo peso molecular presentes nas lentilhas e aumento no número de grupos polares nessas proteínas, principalmente durante a germinação (Amorim *et al.*, 2016).

Não foi verificada diferença estatística significativa para o pH das farinhas ($p > 0,05$), como observado na Tabela 3. Aguilera *et al.* (2013), analisaram leguminosas não convencionais germinadas e observaram leve diminuição no teor de acidez quando comparadaem comparação com a amostra controle trigo. A acidez, que está relacionada ao pH, é um parâmetro importante nos alimentos, pois influencia o sabor e o odor, além do crescimento de microorganismo. Observa-se que as farinhas possuem o teor de pH próximo a neutralidade e a maioria dos deterioradores se multiplicam em pH entre 6,6 a 7,5, alertando a possível proliferação de microorganismos (Franco, B.; Landgraf, M.; e Pinto, U., 2018).

5.1.3 Granulometria

Segundo um estudo publicado por Bressiane (2019), a granulometria tem relevante importância na aplicação tecnológica das farinhas em produtos de panificação, pois o tamanho das partículas interfere em diversos parâmetros de qualidade, tais como na capacidade de absorção de água e umidade da farinha, consistência da massa de pão e no aspecto do produto final. O estudo mostra por exemplo que as partículas grossas apresentam maior tempo de desenvolvimento da

massa e menor resistência a extensão, indicando a dormação de rede de gluten menos coesa.

A farinha de lentilha germinada apresentou 43,08% das partículas com 850 μm de tamanho (20 *mesh*) e 4,75% das partículas com 150 μm de tamanho (100 *mesh*). Já a farinha de lentilha não germinada apresentou 8,19% das partículas com 850 μm (20 *mesh*) e 9,66% das partículas com 150 μm (100 *mesh*) de tamanho. No presente estudo, todas as frações foram utilizadas na produção dos pães, sem franulometria definida.

5.1.4 Capacidade de absorção de água (CAA)

Os valores dessa propriedade nas farinhas de lentilha estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Capacidade de absorção de água das farinhas de lentilha.

Farinha	Capacidade de absorção de água (CAA)
Germinada	14,745 \pm 0,02 ^a
Não Germinada	14,500 \pm 0,13 ^b

Resultados expressos como média \pm desvio padrão. Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Fonte: Autoria própria (2024)

Verificou-se aumento significativo da absorção de água das farinhas após a germinação ($p < 0,05$), concordando com os resultados encontrados por Ghumman *et al.* (2016). O aumento da capacidade de absorção de água em farinhas de leguminosas, está associada ao aumento da composição das proteínas. Segundo Ghumman; Kaur; Singh (2016), a germinação resulta na decomposição de proteínas de alto peso molecular em proteínas de baixo peso molecular, que possui muitos grupos polares, aumentando a capacidade de retenção de água.

5.1.5 Cor

Os resultados encontrados para cor estão demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros de cor das farinhas.

Farinha	L*	a*	b*
Germinada	74,58±3,84 ^a	-1,76±0,34 ^a	19,96±0,73 ^a
Não Germinada	74,78±2,64 ^a	-1,39±0,23 ^a	17,69±0,4962 ^b

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Fonte: Autoria própria (2024)

A cor é um parâmetro de análise importante para farinhas de panificação. O interesse é geralmente comercial, já que a cor influencia nas características sensoriais do produto (Benayad, 2020). As farinhas de lentilha não apresentaram diferença significativa para a luminosidade (L^*) ne, para os valores a^* , sendo que os dados apontam farinhas escuras e esverdeadas. Por outro lado, o parâmetro b^* foi significativamente afetado pela germinação ($p < 0,05$), sendo que a farinha germinada se apresentou mais amarela b^* que a não germinada.

Essa coloração mais amarelada ocorre devido às possíveis alterações bioquímicas que ocorrem durante o processo de germinação, como o aumento do teor de carotenóides, já que durante a germinação há maior síntese desses compostos. Ocorre também a redução do teor de compostos fenólicos durante a germinação, que muitas vezes conferem uma coloração mais escura ou acinzentada. Com a redução nesse teor, a tonalidade amarelada dos carotenóides torna-se mais perceptível (Venturi, S.; Randi, A. 1996).

Segundo Benevides *et al.* (2019), que investigou o efeito da germinação na composição nutricional e na atividade antioxidante de diferentes feijões, a germinação pode influenciar na degradação de compostos fenólicos e na síntese de novos pigmentos, que podem alterar a coloração das sementes e, por extensão, da farinha produzida a partir delas. Portanto, a tonalidade mais amarelada da farinha de lentilha germinada pode ser atribuída a essas transformações bioquímicas que ocorrem durante o processo de germinação.

A Figura 4 mostra visualmente as tonalidades das farinhas de lentilha germinada e não germinada, consecutivamente, evidenciando que a farinha de lentilha germinada possui uma tonalidade mais amarelada que a farinha de lentilha não germinada.

Figura 5 – Aspecto visual da farinha de lentilha germinada (esquerda) e da não germinada (direita).



Fonte: Autoria própria (2024)

5.2 Análises realizadas nos pães

5.2.1 Cor do miolo

A cor é um dos parâmetros que mais influencia os consumidores na hora da compra de um produto (Zylberglej, 2017) Os resultados dos parâmetros de cor encontrados para os pães estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 - Parâmetros de cor do miolo dos pães

Formulação	L*	a*	b*
Controle	62,06±2,55 ^a	-1,05±0,02 ^c	11,36±0,24 ^b
Germinada	59,84±1,69 ^a	-0,05±0,048 ^b	12,85±0,66 ^a
Não Germinada	58,71±0,72 ^a	0,33±0,09 ^a	12,50±0,21 ^a

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Fonte: Autoria própria (2024)

A partir dos resultados obtidos, observou-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras no parâmetro de luminosidade, implicando que todos os pães apresentaram a mesma claridade. Porém, diferenças significativas foram verificadas nos parâmetros de cromaticidade a^* e b^* . Os pães produzidos a partir das farinhas de lentilha apresentam tonalidade significativamente mais avermelhada e amarelada quando comparados ao pão controle. Essas alterações na cor estão associadas ao fato de a lentilha conter quantidade significativa de compostos fenólicos e taninos condensados, encontrados na casca. Durante o cozimento, os compostos fenólicos podem sofrer reações de oxidação ou interação com outros componentes, intensificando os tons avermelhados e amarelados (Durante, 2020).

Comparando o pão produzido com farinha de lentilha germinada com o de farinha de lentilha não germinada, observou-se que no pão obtido com farinha não germinada apresentou-se significativamente mais avermelhado do que o pão com farinha de lentilha germinada. Esse aumento da coloração pode ser explicado pelo fato de que a farinha de lentilha não germinada contém maiores teores de compostos fenólicos, pois durante o processo de germinação muitos são metabolizados ou modificados, o que poderia resultar em redução na intensidade da cor avermelhada. O processo de germinação pode também aumentar a atividade de enzimas que alteram a estrutura desses compostos. Essas mudanças enzimáticas reduzem a quantidade de pigmentos presentes, o que pode resultar em pães com tons de vermelho menos intensos (Durante, 2020).

5.2.2 Volume específico e firmeza

O efeito da substituição da farinha de trigo pelas farinhas de lentilha germinada e não germinada no volume específico e na firmeza dos pães pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 - Volume específico e firmeza dos pães.

Formulação	Volume Específico	Firmeza
Controle	1165±0,56 ^a	715,32±0,43 ^a
Germinado	1052±0,38 ^b	875,01±0,46 ^b
Não Germinado	1023±0,19 ^b	717,20±0,52 ^a

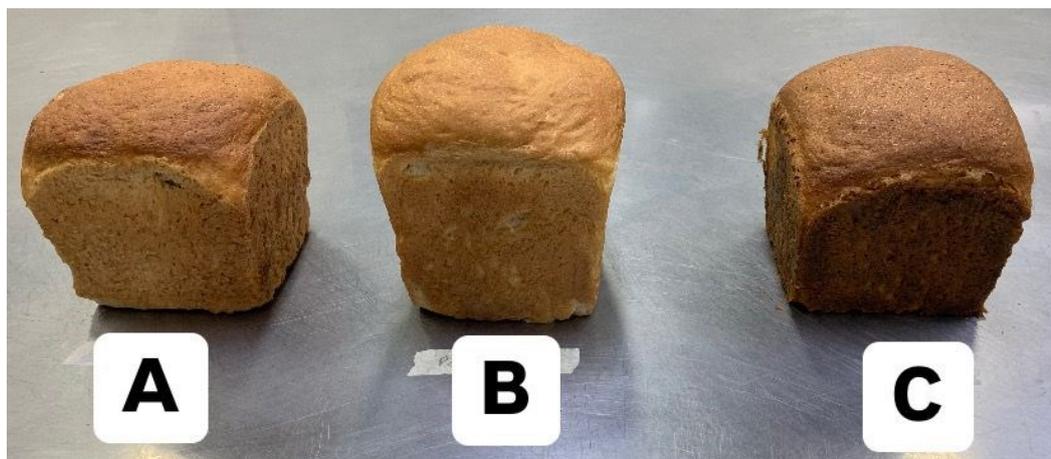
Resultados expressos como média ± desvio padrão. Valores seguidos por letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste Tukey.

Fonte: Autoria própria (2024)

O volume específico é a medida mais importante para verificar a capacidade da farinha de expandir e reter o gás no interior da massa proporcionando o crescimento dos pães (Storck *et al.*, 2009). Observou-se que os pães controle, produzidos com farinha de trigo, apresentaram volume específico significativamente maior que as formulações contendo farinhas de lentilha. O menor valor de volume específico dos pães com a farinha de leguminosa relaciona-se ao fato da lentilha ser rica em proteínas e fibras, sendo que a adição de fibras em produtos assados é um fator crítico porque, embora capaz de prolongar o frescor do pão, dada sua capacidade de retenção de água, esses compostos podem modificar seu volume, maciez e firmeza (Sangnark; Noomhorm, 2004). A adição de fibras em excesso pode modificar a rede de glúten devido à interação entre glúten e fibras (Noort *et al.*, 2010), afetando o volume específico e o crescimento dos pães.

A Figura 5 mostra o aspecto visual dos pães, corroborando que os pães com farinhas de lentilha cresceram menos que o pão com farinha de trigo.

Figura 6 – Comparação visual dos pães.



A – pães produzidos com farinha de lentilha germinada; B - pães produzidos com farinha de trigo; C - pães produzidos com farinha de lentilha não germinada.

Fonte: Autoria própria (2024)

A firmeza pode ser considerada como uma manifestação das propriedades reológicas de um alimento e constitui um atributo importante de qualidade. Tem influência nos hábitos alimentares, na preferência do consumidor e afeta o processamento e o manuseio dos alimentos (Campos, 1989).

Em relação à firmeza, verificou-se que os pães com farinha de lentilha germinada apresentam os maiores valores de força nos ciclos de compressão em relação às demais amostras, sendo essa obtendo diferença significativa ($p > 0,05$). De acordo com Delcour e Hosney (2010), durante o cozimento há interações entre o amido gelatinizado e o glúten. O pão produzido com farinha de lentilha germinada formou um miolo com maior dureza e elasticidade, possivelmente devido à maior resistência do amido inchado durante o processo de cozimento. Os resultados indicaram que a adição de farinha de lentilha germinada à farinha de trigo modificou as propriedades texturais do pão em comparação com o produto elaborado somente de farinha de trigo.

6 CONCLUSÃO

Através do presente estudo foi possível, conclui que as farinhas obtidas a partir da leguminosa lentilha, germinada e não germinada apresentam potencial de utilização pelo mercado de panificação. Os dados foram positivos, indicando enriquecimento nutricional dos alimentos produzidos com as farinhas da leguminosa, tendo sido observado aumento no teor de proteínas e diminuição nos teores de lipídios e carboidratos desses produzidos. Como esperado, confirmou-se que o processo de germinação resulta em aumento nutricional significativo, principalmente no que se refere ao teor de proteínas.

As farinhas de lentilha apresentaram-se escuras e levemente esverdeadas (a^*), sendo que, como resultado do processo de germinação que aumenta a síntese de carotenoids, a farinha de lentilha germinada apresentou-se significativamente mais amarelada. O uso parcial das farinhas de lentilha na produção de pães resultou em aumento significativo das tonalidades avermelhada (a^*) e amarelada (b^*), devido aos compostos fenólicos presentes.

Os pães de lentilha germinada e não germinada apresentaram volume específico significativamente menor que o pão controle, apesar dessa diferença não ter sido visível no crescimento dos pães. Por outro lado, a firmeza dos pães com adição de farinha de lentilha germinada foi significativamente maior em comparação com a dos pães produzidos com farinha de lentilha não germinada e somente com farinha de trigo, pois apresentou valores maiores de força de compressão no miolo. De modo geral, os pães desenvolvidos com as farinhas de lentilha no presente estudo apresentaram resultados promissores em relação ao aumento do aporte nutricional, com pouca influência na cor, na firmeza e no volume específico dos produtos.

Sugere-se, para trabalhos futuros, a realização de análise sensorial descritiva para obter opiniões detalhadas dos consumidores sobre os produtos, a quantificação das fibras para destacar seu alto teor e a condução de estudos de envelhecimento dos pães desenvolvidos, comparando-os com o controle para avaliar seu tempo de conservação.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, R.; CARVALHO, R.; VANIN, F. Evaluation of wheat flour substitution type (corn, green banana and rice flour) and concentration on local dough properties during bread baking. **Food Chemistry**, v. 362, p. 1-8, 2020.
- AGRAHAR-MURUGKAR, D. Food to food fortification of breads and biscuits with herbs, spices, millets and oilseeds on bio-accessibility of calcium, iron and zinc and impact of proteins, fat and phenolics. **LWT**, v. 130, 1 ago. 2020.
- AGUILERA, Y. DÍAZ, M.; JIMÉNEZ, T.; BENITEZ, V.; HERRERA, T.; CUADRADOS, C.; MARTÍN-PEDROSA, M.; MARTIN-CABREJAS, M. Changes in non-nutritional factors and antioxidant activity during germination of nonconventional legumes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, n.34, p. 8129-8125, 2013
- ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Dietary fiber sources in bread: Influence on technological quality. **LWT**, v. 50, n. 2, p. 545–553, 2013.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC**. 8.ed. Saint Paul: AACC, 1995.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC**. 8.ed. Saint Paul: AACC, 2000.
- AMORIM, K. A. *et al.* Granulometria e atividade de água de farinha de trigo, polvilho e trigo moído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 64, p. 1-5, 2016.
- AQUINO, V. Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos. **Dissertação para obtenção do grau de mestre**, p. 1–88, 2012.
- ASIF, M. *et al.* Application and Opportunities of Pulses in Food System: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 11, p. 1168–1179, jan. 2013.
- ATUDOREI, D.; CODINA, G. G. Perspectives on the use of germinated legumes in the bread making process, a review. **Applied Sciences**, p. 1-22, 1 set. 2020.
- ATUDOREI, D.; STROE, S. G.; CODINA, G. G. Impact of germination on the microstructural and physicochemical properties of different legume types. **Plants**, v. 10, n. 3, p. 1–19, 1 mar. 2021.

- BELC, N.; DUTA, D.E.; CULETU, A.; STAMATIE, G.D. Type and amount of legume protein concentrate influencing the technological, nutritional, and sensorial properties of wheat bread. **Applied Sciences**, p. 11, 4 jan. 2021.
- BENAYAD, A.; TAGHOUTI, M.; BENALI, A.; ABOUSSALEH, Y.; BENBRAHIM, N.. Nutritional and technological assessment of durum wheat-faba bean enriched flours, and sensory quality of developed composite bread. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 2020.
- BENEVIDES, C.; COSTA, A.; PINTO, D.; ALVES, R.; NUNES, A.; OLIVEIRA, M.. Germinação e desidratação de leguminosas: efeito na composição nutricional, compostos bioativos e atividade antioxidante de feijão andu e mangalô do Peru. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 4, p. 1106-1122, 2019.
- BENÍTEZ, V. *et al.* Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. **Food Research International**, v. 50, n. 1, p. 64–69, jan. 2013.
- BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 25, n. 2, p. 258-261, Mar. 1977.
- BOUKID, F. *et al.* Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? **Trends in Food Science and Technology**, 1 jun. 2019.
- BOYE, J. I. *et al.* Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 537–546, 2010.
- BRAGANÇA, G. Efeitos do resfriamento, da umidade e do tempo de armazenamento sobre parâmetros tecnológicos e nutricionais de grãos de lentilha. **Tese (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Pelotas**, 2020.
- BRASIL. ANVISA. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa*, 30 Aug. 2022. **Monitoramento Identifica Descumprimento de Regras Na Fortificação de Farinhas Vendidas No Brasil**. Disponível em: www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2022/monitoramento-identifica-descumprimento-de-regras-na-fortificacao-de-ferro-e-acido-folico-em-farinhas-vendidas-no-brasil. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999. **Diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos.** Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/18_99.htm. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 8/2005 do MAPA. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo.** Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=803790937>. Acesso em: 30 nov., 2024.

BRASIL. Resolução - RDC N° 263, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.** p. 14–17, 2005b. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 30 nov., 2024.

BRASIL. Resolução da diretoria colegiada - RDC N° 604, DE 10 de fevereiro de 2022. **Ministério da Saúde - MS/ Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, 2022.**

BRESCIANI, A. *et al.* Pasta from yellow lentils: How process affects starch features and pasta quality. **Food Chemistry**, v. 364, 1 dez. 2021.

BRESSIANE, J. *et al.* Efeito da cultivar, granulometria e interação destas no conteúdo de arabinoxilanas de farinha integral. **Repositório Alice, Embrapa**, p. 532-536, 2019.

BURBANO, C. *et al.* Effect of Germination, under Different Environmental Conditions, on Saponins, Phytic Acid and Tannins in Lentils (*Lens culinaris*). **The Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 74, p. 273-279, 1997.

CAMPOS, Sonia D. Silva. Reologia e textura em alimentos. **Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos**, p. 1-5, 1989.

CHUNG, H.; LIU, Q.; HOOVER, R.; WARKENTIN, T.; VANDENBERG, B. In vitro starch digestibility, expected glycemic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars. **Food Chemistry**, 2008.

CIUDAD-MULERO, M. *et al.* Potential health claims of durum and bread wheat flours as functional ingredients. **Nutrients**, v. 12, n. 2, 1 fev. 2020.

COMETTANT-RABANAL, R. *et al.* Extruded whole grain flours and sprout millet as functional ingredients for gluten-free bread. **LWT**, v. 150, 1 out. 2021.

DELCOUR, Jan; HOSENEY, Carl. **Principles of cereal science and technology**. 3. ed. AACC International, 2010.

DEVI, C. B.; KUSHWAHA, A.; KUMAR, A. Sprouting characteristics and associated changes in nutritional composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 10, p. 6821–6827, 24 out. 2015.

DING, Junzhou; FENG, Hao. Controlled germination for enhancing the nutritional value of sprouted grains. In: AACC (Ed.). **Sprouted Grains**. 1st ed. United States: Elsevier Inc., 2019. p. 91–112, 2019.

DZIKI, D.; GAWLIK-DZIKI, U. Processing of germinated grains. In: AACC (Ed.) . Hao Feng, Boris Nemzer, Jonathan Devries (Orgs.) **Sprouted Grains**, 1st ed. United States: Elsevier Inc., 2019, cap. 4, p. 69-90, 2019.

ERBERSDOBLER, H. F. *et al.* Legumes in human nutrition Nutrient content and protein quality of pulses. **Science & Research**, p. 1–7, 2017.

FAN, G.; BETA, T. Proximate composition, phenolic profiles and antioxidant capacity of three common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Chemistry and Nanotechnology**, v. 2, n. 3, p. 147–152, 2016.

FINNIE, Sean; BROVELLI, Vanessa; NELSON, Darrel. Sprouted grains as a food ingredient. In: AACC (Ed.). Hao Feng, Boris Nemzer, Jonathan Devries (Orgs.) **Sprouted Grains**, 1st ed. United States: Elsevier Inc., 2019, cap. 6, p. 113-142, 2019.

GHUMMAN, A.; KAUR, A.; SINGH, N. Impact of germination on flour, protein and starch characteristics of lentil (*Lens culinari*) and horsegram (*Macrotyloma uniflorum* L.) lines. **LWT - Food Science and Technology**, 2016.

GIL-HUMANES, J. *et al.* Reduced-gliadin wheat bread: An alternative to the gluten-free diet for consumers suffering gluten-related pathologies. **PLOS ONE**, v. 9, n. 3, 12 mar. 2014.

- KAUR, S., BAINS, T.S., SINGH, P. Creating Variability through Interspecific Hybridization and Its Utilization for Genetic Improvement in Mungbean. **Journal of Applied and Natural Science**, p. 1101-1106, 1 jul. 2017.
- KÖHN, C.R.; KEMPKA, A.P.; PRESTES, R.C. Avaliação da capacidade de absorção de água de ingredientes e aditivos utilizados na indústria de carnes submetidos a diferentes concentrações salinas. **COBEQ**, 2014.
- LAUSCHNER, D. S. *et al.* Desenvolvimento de novos produtos alimentícios: hambúrguer recheado. **SIMPÓSIO DE AGRONOMIA E TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**, p. 1-6, 20 set. 2016.
- LIMA, D. V. *et al.* Desenvolvimento e avaliação sensorial de pão de forma adicionado da farinha do resíduo da graviola. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. e172911857, 1 jan. 2020.
- Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. **Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, 1020 p., 2008.
- MIGLIOZZI, M.; THAVARAJAH, D.; THAVARAJAH, P.; SMITH, P. Lentil and kale: complementary nutrient-rich whole food sources to combat micronutrient and calorie malnutrition. **Nutrients**, 2015.
- MILLAR, K.A.; BARRY-RYAN, R.; MCCARTHY, S.; GALLAGHER, E. Dough properties and baking characteristics of white bread, as affected by addition of raw, germinated and toasted pea flour. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 56, 2019.
- MONNET, A. F. *et al.* Legume enriched cereal products: A generic approach derived from material science to predict their structuring by the process and their final properties. **Trends in Food Science and Technology**, 1 abr. 2019.
- NOORT, M.; VAN HAASTER, D.; HEMERY, Y.; SCHOLS, H.; HAMER, R.. The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality e evidence for fibre protein interactions. **Journal of Cereal Science**, 2010.
- Franco, B.; LANDGRAF, M.; e Pinto, U. Deterioração microbiana dos alimentos. **Universidade de São Paulo, USP**, 6 jun. 2017.
- ROMANO, A. *et al.* Lentil flour: nutritional and technological properties, in vitro digestibility and perspectives for use in the food industry. **Current Opinion in Food Science**, 1 ago. 2021.

- ROSA-MILLÁN, J.; HEREDIA-OLEA, E.; PEREZ-CARRILLO, E.; GUAJARDO-FLORES, D.; SERNA-SALDÍVAR, S. Effect of decortication, germination and extrusion on physicochemical and in vitro protein and starch digestion characteristics of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **LWT – Food Science and Technology**, v. 102, p.330-337, 2019.
- SANGNARK, A.; NOOMHORM, A. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. **Food Research International**, v. 37, n. 1, p. 66–74, 2004.
- SAUERESSIG, A. L. C.; KAMINSKI, T. A.; ESCOBAR, T. D. Inclusão de fibra alimentar em pães isentos de glúten. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, 2016.
- SCHEUER, P. M. *et al.* Trigo: Características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211–222, 30 jun. 2011.
- SINGH, A.; SHARMA, S.; SINGH, B. Effect of germination time and temperature on the functionality and protein solubility of sorghum flour. **Journal of Cereal Science**, v. 76, p. 131–139, 1 jul. 2017.
- STORCK, C.; PEREIRA, J.; PEREIRA, G.; RODRIGUES, A.; GULARTE, M.; DIAS, A.. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. **Brazilian Journal of Food Technology (ITAL)**, v. II SSA, p. 71-77, 2009.
- TORBICA, A.; BELOVIĆ, M.; TOMIĆ, J. Novel breads of non-wheat flours. **Food Chemistry**, v. 282, p. 134–140, 1 jun. 2019.
- VAZ, V.; DURANTE, O. **Universidade de passo fundo programa de pós-graduação em ciência e tecnologia de alimentos**, 2020.
- VAZ PATTO, M. C. *et al.* Achievements and Challenges in Improving the Nutritional Quality of Food Legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 34, p. 105–143, 7 jun. 2015.
- VELÁZQUEZ, N. *et al.* Using white sorghum flour for gluten-free breadmaking. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 63, n. 4, p. 491–497, jun. 2012.

VENTURI, S., RANDI, A. Influência da coloração das sementes na germinação de *phyllanthus tenellus* roxb. E *phyllanthus n/rur/ l.* (euphorbiaceae). **Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Botânica**, 1997.

VIEIRA, R. F.; LOPES, J. D. S. Produção de Brotos Comestíveis: Feijão Moyashi, Alfafa, Trevo, Rabanete e Brócolis. **Viçosa: CPT**, p.108, 2001.

VIEIRA, T. D. S. *et al.* Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, p. 285–292, 1 out. 2015.

WANG, N. *et al.* Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). **LWT**, v. 42, n. 4, p. 842–848, 2009.

ZYLBERGLEJD, R.; ROCHA, M. A influência das cores nas decisões dos consumidores. **Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola Politécnica**, Dec. 2017.