



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**CLAUDILANE MARTINS PONTES**

**MÉTODOS DE TRATAMENTOS NA SEMENTE DE TREMOÇO (*Lupinus albus*)**  
**PARA ELABORAÇÃO DE FARINHA: PROPRIEDADES NUTRICIONAIS,**  
**TECNOFUNCIONAIS E APLICAÇÃO EM MASSAS ALIMENTÍCIAS FRESCAS**

**FORTALEZA**

**2024**

CLAUDILANE MARTINS PONTES

MÉTODOS DE TRATAMENTOS NA SEMENTE DE TREMOÇO (*LUPINUS ALBUS*)  
PARA ELABORAÇÃO DE FARINHA: PROPRIEDADES NUTRICIONAIS,  
TECNOFUNCIONAIS E APLICAÇÃO EM MASSAS ALIMENTÍCIAS FRESCAS

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Produtos de Origem Vegetal.

Orientador: Profa Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

P858m Pontes, Claudilane Martins.

Métodos de tratamentos na semente de tremoço (*Lupinus albus*) para elaboração de farinha : propriedades nutricionais, tecnofuncionais e aplicação em massas alimentícias frescas / Claudilane Martins Pontes. – 2024. 136 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2024.

Orientação: Profa. Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes.

1. Farinhas alternativas. 2. Farinha de leguminosa. 3. Massas alimentícias frescas. 4. *Lupinus albus*. 5. Tremoço-branco. I. Título.

CDD 664

---

CLAUDILANE MARTINS PONTES

IMPACTO DE MÉTODOS DE TRATAMENTOS NA SEMENTE DE TREMOÇO (*Lupinus albus*) PARA ELABORAÇÃO DE FARINHA: PROPRIEDADES NUTRICIONAIS, TECNOFUNCIONAIS E APLICAÇÃO EM MASSAS ALIMENTÍCIAS FRESCAS

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Alimentos de Origem Vegetal.

Aprovada em: 12/09/2024

BANCA EXAMINADORA

---

Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Maria Nilka de Oliveira

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Marjory Lima Holanda Araújo

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Mary Anne Medeiros Bandeira

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros

Universidade Federal do Piauí (UFPI)

A Deus, pela sua infinita graça.

Ao meu esposo, Emanuel,

Ao meu filho, Gregório.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela graça derramada todos os dias e pela saúde concedida que me permite trabalhar e cuidar dos meus amores.

Ao apoio financeiro da FUNCAP que proporcionou o financiamento durante um período.

A Universidade Federal do Ceará, e especificamente, ao Departamento de Engenharia de Alimentos pela oportunidade de participar do programa de pós-graduação.

A Dra. Dorasílvia Ferreira Pontes, minha orientadora, pela confiança e incentivo. Pelo acolhimento nos momentos difíceis e por acreditar em mim.

A Dra. Maria Nilka de Oliveira pela sua amizade e colaboração ao dar suporte para que esse trabalho fosse realizado ajudando nas correções dos artigos.

A Dra. Stella Medeiros pelas contribuições na banca de qualificação do projeto.

Ao meu esposo Emanuel por partilhar a vida comigo e segurar minha mão em todos os momentos, por acreditar em mim mais do eu mesma. Por me incentivar e sonhar junto comigo.

Ao meu filho Gregório pelo amor e carinho, por ser a alegria da minha vida.

A minha mãe Claudia e minhas irmãs Leiliane e Leidilane pelas orações.

A todos do LABCERT (UFC), Alane, Yago, Lucas, Maryane, Bárbara, Andrezza, Cristiano, Kellen e Marcos pela parceria e ajuda na realização das análises.

A Izabel pela ajuda e suporte em tudo.

A Dra Leiliane Herculano pelas contribuições e disposição em ajudar no que foi necessário, providenciando a matéria-prima.

Ao Prof. Alves do SENAI pela ajuda em providenciar a matéria-prima.

Ao SENAI-CE pelo suporte na realização da moagem do tremoço.

Ao Horto de Plantas Medicinais Professor Francisco José de Abreu (UFC) pelo suporte nas análises físico-químicas.

A Dra. Lucicléia Barros por abrir as portas do LAFRUTH (UFC) permitindo a realização das análises antioxidantes.

Ao LAFRUTH (UFC), em especial, aos técnicos Liana, Fernando e Sr. Omar pelo acolhimento e suporte para que as análises fossem realizadas.

Ao laboratório de Biomassas da EMBRAPA e, em especial, ao Analista Adriano pelo suporte com as análises.

Ao Prof. Edilberto do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica (UFC).

A Lorena Freire pela ajuda e suporte na análise de RMN.

A Central Analítica (UFC) pela possibilidade de realização das análises de MEV.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFC) e aos funcionários, em especial, Paulo e Egídio.

## RESUMO

O tremço (*Lupinus albus*) é uma leguminosa nutritiva e apreciada pelo alto teor de proteínas e seu consumo tem sido associado a uma série de efeitos benéficos para a saúde. Apesar disso, a inclusão na dieta ainda é baixa e isso pode ser atribuído a questões como dificuldade de preparação, problemas de digestibilidade e sensoriais. Atualmente, os tratamentos utilizados no preparo do tremço consistem em métodos que demandam muito tempo de processamento gerando redução da qualidade nutricional. A farinha é um excelente produto para incentivar o consumo de tremço e um veículo de proteínas para o enriquecimento de massas alimentícias produzidas com farinhas fracas. Portanto, o objetivo desse estudo foi investigar métodos de tratamentos de tremço para elaboração de farinha, a saber: germinação, pré-tratamento, tratamento térmico e não térmico; isolado e combinado; além disso, verificar a influência da adição da farinha nos percentuais de 10% (M10), 20% (M20) e 30% (M30) na produção de massas alimentícias frescas. As propriedades nutricionais, tecnofuncionais e bioativas da farinha de tremço foram avaliadas e as massas frescas foram analisadas quanto às características de microestrutura (MEV), físico-químicas, perfil de textura (APT), qualidade de cozimento (RMN) e aceitação sensorial. Os resultados mostraram que as farinhas obtidas do grão germinado e as obtidas por maceração e imersão combinada com calor por micro-ondas apresentaram melhoria nas propriedades nutricionais, mantendo o conteúdo de proteínas e de compostos bioativos elevados. Por outro lado, a maceração e imersão combinada com o calor sob pressão na semente induziu a aceleração da lixiviação de compostos para a água de cozimento, produzindo farinhas com menor teor de proteínas e bioativos. Porém, vale ressaltar, que resultaram em intensa desnaturação proteica melhorando propriedades tecnológicas da farinha como absorção de água, solubilidade e poder de intumescimento. A análise de MEV das massas mostrou que a farinha de tremço alterou a microestrutura comparada ao controle, com estrutura mais compacta, e descontinuidade da matriz de amido e proteína. As massas com maior proporção de farinha de tremço (M20 e M30) apresentaram coloração mais amarelada influenciada pelo maior teor de proteínas. A firmeza das massas aumentou para M10 e M20 devido a maior presença de proteínas e microestrutura mais organizadas, porém na massa cozida M30 houve redução influenciada pela desorganização da estrutura e perda de sólidos (CL). No RMN das massas controle identificou-se maior intensidade de picos de ligações glicosídicas de  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 na água de cozimento. A análise sensorial indicou que as massas M10 e M20 foram aceitas pelos provadores, enquanto a M30 apresentou aceitação menor devido às alterações na textura e sabor. Os resultados deste estudo trouxeram informações importante



sobre como os pré-tratamentos utilizados juntamente com os tratamentos térmicos convencionais, isolados ou combinados, podem modificar as propriedades da farinha, gerando um impacto direto nas características do produto final. A adição de farinha de tremoço em massa fresca melhorou as propriedades nutricionais e tecnológicas, sem comprometer a aceitação sensorial. Em termos industriais, isso pode representar uma alternativa de ingrediente para as massas artesanais, permitindo a diversificação e a produção de baixo custo.

**Palavras-chave:** farinhas alternativas; pré-tratamentos; amido modificado; farinha de leguminosa; massas alimentícias frescas.

## ABSTRACT

Lupine (*Lupinus albus*) is a nutritious legume appreciated for its high protein content, and its consumption has been associated with a series of beneficial health effects. Despite this, inclusion in the diet is still low, and this can be attributed to issues such as difficulty in preparation, digestibility and sensory problems. Currently, the treatments used in the preparation of lupine consist of methods that require a long processing time, generating a reduction in nutritional quality. Flour is an excellent product for the cultivation of lupine for consumption and a protein vehicle for the enrichment of pasta produced with weak flours. Therefore, the objective of this study was to investigate methods of treating lupine for the preparation of flour, namely: germination, pretreatment, thermal and non-thermal treatment; isolated and combined; in addition, to verify the influence of the addition of flour in the percentages of 10% (M10), 20% (M20) and 30% (M30) in the production of fresh pasta. The nutritional, technofunctional and bioactive properties of lupin flour were evaluated and the fresh pastas were tested for their microstructure (SEM), physicochemical, texture profile (APT), cooking quality (NMR) and accessible sensory characteristics. The results showed that the flours obtained from the germinated grain and those obtained by maceration and combined with microwave heat provided improvements in nutritional properties, maintaining high protein and bioactive compound content. On the other hand, maceration and conventionally combined with heat under pressure in the seed induced an improvement in the leaching of compounds into the cooking water, producing flours with lower protein and bioactive content. However, it is worth mentioning that they resulted in intense protein denaturation, improving the technological properties of the flour such as water absorption, solubility and swelling power. An SEM analysis of the pastas showed that the lupin flour changed the microstructure compared to the control, with a more compact structure and discontinuity of the starch and protein matrix. The doughs with a higher proportion of lupin flour (M20 and M30) presented a more yellowish coloration influenced by the higher protein content. The firmness of the doughs increased for M10 and M20 due to a greater presence of proteins and more organized microstructure, however, in the dough occupied by M30 there was a reduction influenced by the disorganization of the structure and loss of solids (CL). The NMR of the dough control identified a higher intensity of glycosidic bond peaks of  $\alpha$ -1,4 and  $\alpha$ -1,6 in the cooking water. A sensory analysis indicated that the doughs M10 and M20 were accepted by the tasters, while M30 presented smaller resources due to changes in texture and flavor. The results of this study provided important information on how the pretreatments used together with thermal treatments, isolated

or combined, can modify the properties of the flour, generating a direct impact on the characteristics of the final product. The addition of lupin flour to fresh pasta improved its nutritional and technological properties without compromising sensory accessibility. In industrial terms, this could represent an alternative ingredient for artisanal pasta, allowing diversification and low-cost production..

**Keywords:** alternative flours; pretreatments; modified starch; legume flour; fresh pasta.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Características botânicas da família Fabaceae.....	19
Figura 2 -	Sementes de leguminosas-grãos: ervilha, tremoço, grão-de-bico, lentilha, feijão e fava.....	20
Figura 3 -	Mudanças estruturais da semente de soja durante a germinação. (A), estrutura da semente de leguminosa e (B) mudança da estrutura da semente de leguminosa durante a germinação.....	31
Figura 4 -	Cultura de Tremoço de flor branca <i>L. albus</i> L. (A), flor amarela <i>L. luteus</i> (B) e flor azul <i>L. angustifolius</i> (C).....	33
Figura 5 -	Representação esquemática dos tratamentos aplicados para a obtenção da farinha de tremoço.....	46
Figura 6 -	Curva de calibração do ácido gálico.....	51
Figura 7 -	Curva de calibração do Ácido tânico.....	52
Figura 8 -	Curva de calibração de inibição dos radicais ABTS•+ frente ao padrão Trolox.....	53
Figura 9 -	Espectros de infravermelho de farinhas de tremoço na região 4000 a 400 $\text{cm}^{-1}$ .....	68
Figura 10 -	Micrografias das farinhas de tremoço após aplicação de tratamentos.....	70
Figura 11 -	Gráfico 3D de análise de componentes principais das propriedades tecnofuncionais das amostras de farinhas de tremoço submetidas a diferentes tratamentos.....	73
Figura 12 -	Componentes principais das propriedades antioxidantes das amostras de farinhas de tremoço submetidas a diferentes tratamentos.....	74
Figura 13 -	Dendograma das amostras de farinhas de tremoço submetidas a diferentes tratamentos.....	76
Figura 14 -	Etapas da elaboração de massas frescas experimentais elaboradas com diferentes misturas de farinha de trigo e farinha de tremoço.....	83
Figura 15 -	Massas frescas experimentais fortificada com farinha de tremoço para análise de grupo focal.....	87

Figura 16 -	MEV da superfície de massas frescas fortificadas com farinha de tremço	89
Figura 17 -	Análise da qualidade de cozimento de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremço.....	95
Figura 18 -	Espectro de RMN da água de cozimento de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremço.....	98
Figura 19 -	Espectros de infravermelho de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremço na região 4000 a 500 cm <sup>-1</sup> .....	99
Figura 20 -	Nuvem de palavras do grupo focal, mostrando as características identificadas nas massas pelos participantes.....	103
Figura 21 -	Escore médio do teste de aceitação e intenção de compra de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremço.....	104
Figura 22 -	Mapa de calor com matriz de correlação de Pearson.....	106

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal de leguminosas e seus benefícios para a saúde (em % base seca).....	22
Tabela 2 - A imersão como pré-tratamento combinada com tratamentos térmicos e não térmicos em leguminosas.....	26
Tabela 3 - Tratamentos térmicos convencionais aplicados em leguminosas.....	29
Tabela 4 - Efeito de tratamentos nas propriedades químicas e físico-químicas da farinha de tremço.....	55
Tabela 5 - Efeito de tratamentos nas propriedades tecnofuncionais da farinha de tremço.....	62
Tabela 6 - Efeito de tratamentos nas propriedades antioxidantes da farinha de tremço.....	64
Tabela 7 - Formulações e teor de proteínas de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremço.....	83
Tabela 8 - Análise físico-química de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremço.....	95

## SÚMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO 1: Revisão de literatura</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>LEGUMINOSAS</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Tratamentos em leguminosas para consumo</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2</b>	<b>ASPECTOS GERAIS SOBRE O TREMOÇO</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Nutrientes do tremoço e benefícios para a saúde</b> .....	<b>34</b>
<b>2.3</b>	<b>CENÁRIO DE PRODUTOS DE LEGUMINOSAS</b> .....	<b>35</b>
<b>2.4</b>	<b>MASSAS ALIMENTÍCIAS</b> .....	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 2: Métodos de tratamentos de semente de tremoço (<i>Lupinus albus</i>) para preparo de farinha e sua influência nas propriedades nutricionais, tecnofuncionais e bioativas</b> .....	<b>40</b>
<b>3.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>41</b>
<b>3.2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>43</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Local da pesquisa</b> .....	<b>44</b>
<b>3,2.2</b>	<b>Materiais</b> .....	<b>44</b>
<b>3,2.3</b>	<b>Métodos</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.3.1</b>	<b><i>Desenho experimental</i></b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.3.2</b>	<b><i>Preparação da farinha de tremoço</i></b> .....	<b>46</b>
<b>3.2.3.3</b>	<b><i>Tratamentos térmicos</i></b> .....	<b>46</b>
<b>3.2.3.3.1</b>	<b>Cozimento sob pressão (Pr)</b> .....	<b>46</b>
<b>3.2.3.3.2</b>	<b>Cozimento por micro-ondas (Mw)</b> .....	<b>46</b>
<b>3.2.3.4</b>	<b><i>Tratamento não-térmico</i></b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.3.4.1</b>	<b>Germinação</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.3.5</b>	<b><i>Determinação das propriedades físico-químicas</i></b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.3.5.1</b>	<b>Composição Centesimal</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.3.5.2</b>	<b>Amido danificado (DS)</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.3.5.3</b>	<b>Cor</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.3.6</b>	<b><i>Determinação das propriedades tecnofuncionais</i></b> .....	<b>48</b>
<b>3.2.3.6.1</b>	<b>Densidade aparente</b> .....	<b>48</b>
<b>3.2.3.6.2</b>	<b>Capacidade de absorção de água (WAC) e óleo (OAC)</b> .....	<b>48</b>

3.2.3.6.3	Solubilidade em água (WS).....	48
3.2.3.6.4	Poder de intumescimento.....	49
3.2.3.7	<b><i>Determinação dos compostos bioativos e Atividade Antioxidante Total (AAT)</i></b> .....	<b>49</b>
3.2.3.7.1	Carotenóides totais.....	49
3.2.3.7.2	Polifenóis totais.....	50
3.2.3.7.3	Flavonoides.....	50
3.2.3.7.4	Taninos.....	51
3.2.3.7.5	Atividade Antioxidante Total (AAT).....	52
3.2.3.8	<b><i>Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho (FTIR)</i></b> .....	<b>52</b>
3.2.3.9	<b><i>Microestrutura</i></b> .....	<b>53</b>
3.2.3.9.1	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	53
3.2.4.	<b>Análise estatística</b> .....	<b>53</b>
3.3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>53</b>
3.3.1	<b>Propriedades físico-químicas e químicas da farinha do tremoço</b> .....	<b>59</b>
3.3.2	<b>Propriedades tecnofuncionais da farinha do tremoço</b> .....	<b>63</b>
3.3.3	<b>Propriedades antioxidantes da farinha do tremoço</b> .....	<b>63</b>
3.3.4	<b>Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)</b> .....	<b>67</b>
3.3.5	<b>Microestrutura</b> .....	<b>69</b>
3.3.6	<b>Análise multivariada</b> .....	<b>72</b>
3.3.6.1	<b><i>Propriedades tecnofuncionais</i></b> .....	<b>72</b>
3.3.6.2	<b><i>Propriedades antioxidantes</i></b> .....	<b>73</b>
3.3.6.3	<b><i>Dendrograma</i></b> .....	<b>75</b>
3.4	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>76</b>
4	<b>CAPÍTULO 3: Massa fresca à base de tremoço com alto teor de proteína: aspectos estruturais, tecnológicos e sensoriais</b> .....	<b>78</b>
4.1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>79</b>
4.2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>81</b>
4.2.1	<b>Local da pesquisa</b> .....	<b>81</b>
4.2.2	<b>Material</b> .....	<b>81</b>
4.2.3	<b>Métodos</b> .....	<b>82</b>
4.2.3.1	<b><i>Preparação da massa fresca experimental com farinha de tremoço</i></b> .....	<b>82</b>



4.2.3.2	<i>Análises físico-químicas das massas</i> .....	84
4.2.3.2.1	Umidade.....	84
4.2.3.2.2	Cor.....	84
2.3.2.3	Análise de Perfil de Textura (APT) .....	84
4.2.3.3	<i>Análises de qualidade de cozimento das massas</i> .....	84
4.2.3.3.1	Tempo de cozimento ideal (OCT), absorção de água (WA) e perda de sólidos por cozimento (CL).....	84
4.2.3.3.2	Identificação de sólidos por RMN.....	85
4.2.3.4	<i>Espectroscopia de Infravermelho Transformada Fourier (FTIR)</i> .....	85
4.2.3.5	<i>Microestrutura</i> .....	86
4.2.3.5	<i>Análise sensorial</i> .....	86
4.2.4	Análise estatística.....	88
4.3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	88
4.3.1	<b>Microestrutura</b> .....	88
4.3.2	<b>Análises físico-químicas</b> .....	90
4.3.3	<b>Qualidade de cozimento das massas</b> .....	95
4.3.4	<b>Identificação de sólidos por RMN</b> .....	97
4.3.5	<b>Espectroscopia de Infravermelho Transformada Fourier (FTIR)</b> .....	99
4.3.6	<b>Análise sensorial</b> .....	101
4.3.6.1	<i>Nuvem de palavras</i> .....	101
4.3.6.2	<i>Teste de aceitação e intensão de compra</i> .....	104
4.3.7	<b>Correlação de Pearson</b> .....	105
4.4	<b>CONCLUSÕES</b> .....	107
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	109
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	110
	<b>APÊNDICE A- DADOS COMPLEMENTARES</b> .....	131
	<b>APÊNDICE B – RESUMO GRÁFICO DA TESE</b> .....	136

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

As leguminosas são consumidas em todo o mundo por um grande número de pessoas como alimentos básicos e são excelentes fontes de proteínas, carboidratos, fibras alimentares e uma variedade de micronutrientes e fitoquímicos (Kaya *et al.*, 2018). O tremçoço é uma planta herbácea de climas temperados e subtropicais, pertencente à família das *Fabaceae* e ao gênero *Lupinus sp.* É uma boa fonte de proteínas e o interesse para a inclusão na dieta tem aumentado devido ao perfil de aminoácidos bem balanceado, buscando aumentar a segurança alimentar e melhorar a nutrição. Além disso, contém fitoquímicos com capacidade antioxidante, como polifenóis, carotenoides e flavonoides (Deol; Bains, 2010; Deorukhkar; Ananthanarayan, 2021).

No entanto, umas das limitações para o uso do tremçoço na alimentação consiste nos fatores antinutricionais, que diminuem a acessibilidade de nutrientes e comprometem o sabor deixando-o amargo (Higashijima *et al.*, 2020). Para minimizar esses fatores, são submetidos a tratamentos que envolvem métodos prévios como a imersão em água a aplicação de tratamentos térmicos e não térmicos. Cozimento por micro-ondas, sob pressão, por ebulição, autoclavagem e forno de ar quente são tratamentos térmicos convencionais aplicados. Os tratamentos não térmicos incluem a utilização de enzimas, germinação, irradiação e fermentação. Estudos anteriores relataram que esses métodos além de reduzir os antinutrientes, melhoraram a qualidade nutricional das leguminosas (Deorukhkar; Ananthanarayan, 2021; Ma *et al.*, 2011; Suhag *et al.*, 2021 WANG, N. *et al.*, 2010).

A maceração é uma etapa do processamento de farinhas que objetiva quebrar a semente/grão, reduzindo o tamanho das partículas até a obtenção de uma granulometria menor, podendo ser uma alternativa interessante de pré-tratamento em leguminosas, uma vez que, aumenta a área superficial da semente acelerando o processo de cozimento e de remoção de antinutrientes. Poucos estudos investigaram a maceração como um pré-tratamento aplicado em leguminosas (Choe *et al.*, 2022; Ramírez-Cárdenasi *et al.*, 2008). Portanto, são necessários mais estudos que pesquisem esse método combinado com métodos tradicionais de preparação.

A crescente demanda por alimentos saudáveis e de alta qualidade tem impulsionado a busca por técnicas de processamento que possam garantir qualidade sem comprometer as propriedades nutricionais e sensoriais. As modificações resultantes desses tratamentos como mudança na textura, cor, sabor e valor nutricional, podem impactar diretamente a aceitação do consumidor e, portanto, o sucesso comercial do produto. Compreender essas alterações é

fundamental para o desenvolvimento de produtos que atendam as expectativas dos consumidores (Linsberger-Martin *et al.*, 2013).

As massas frescas são excelentes veículos para incorporação de leguminosas possibilitando ao consumidor um aporte nutracêutico ao promover melhoria da saúde, prevenir doenças e até tratar certas condições como doenças crônicas, funções digestivas, cognitivas e imunológicas (Coda *et al.*, 2015; Liberal *et al.*, 2023; Ma *et al.*, 2011; Wu *et al.*, 2023). A incorporação de farinha de leguminosas em massas requer um bom entendimento do efeito dos aspectos físico-químicos, tecnológicos e sensoriais nas massas, a fim de orientar os níveis de adição/substituição empregado (Marchini *et al.*, 2021).

O objetivo do trabalho foi verificar os efeitos de tratamentos aplicados na semente de tremoço e a influência nas propriedades nutricionais, bioativa e tecnofuncionais da farinha e avaliar o desempenho da farinha na elaboração de massas alimentícias frescas.

A Tese foi estruturada em capítulos, no qual o Capítulo 1 apresenta a **Revisão de literatura**, que aborda os conceitos teóricos que fundamentaram o desenvolvimento deste trabalho.

O Capítulo 2; **Métodos de tratamentos de semente de tremoço (*Lupinus albus*) para preparo de farinha e influência nas propriedades nutricionais, tecnofuncionais e bioativas**; apresenta os métodos de tratamentos térmicos (cozimento sob pressão e por micro-ondas) e não térmico (germinação) combinados com pré-tratamentos (imersão e maceração) nas propriedades nutricionais, tecnofuncionais e bioativas da farinha de tremoço.

O Capítulo 3; **Massa fresca a base de tremoço com alto teor de proteína: aspectos estruturais, tecnológicos e sensoriais**; no qual a farinha de tremoço foi aplicada na elaboração de massa alimentícia fresca e foram analisadas as características microestruturais, a qualidade tecnológica, a aceitação e o perfil sensorial das massas.

## **2 Objetivos**

### **Objetivo geral**

Estudar e avaliar a influência de tratamentos combinados na elaboração de farinhas de tremoço e sua aplicação na produção de massas alimentícias frescas.

### **Objetivos específicos**

- Realizar ampla revisão bibliográfica abordando os temas mais importantes para a elaboração da tese, fundamentando o conhecimento para a construção do trabalho.
- Avaliar métodos de pré-tratamentos combinado com tratamento térmico e não térmico na semente de tremoço e a influência na produção de farinha;
- Analisar o impacto dos tratamentos combinados nas propriedades nutricionais, tecnofuncionais e bioativas da farinha de tremoço.
- Adicionar a farinha de tremoço para fortificação da farinha de trigo mole na elaboração de massas frescas.
- Caracterizar as massas frescas quanto sua microestrutura, perfil de textura, qualidade de cozimento e aceitabilidade sensorial;

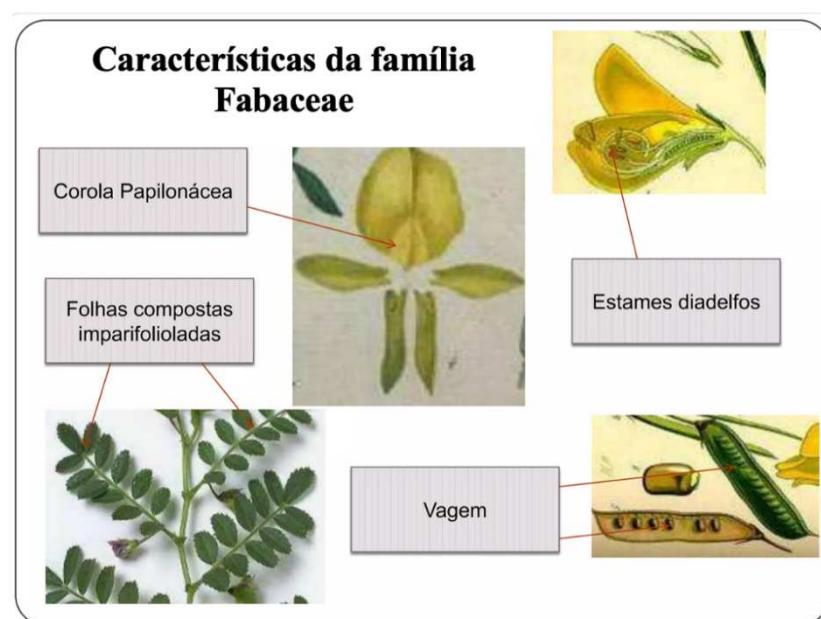
## 2 CAPÍTULO 1: Revisão de literatura

### 2.1 LEGUMINOSAS

As leguminosas são plantas com sementes fechadas em uma vagem e fazem parte da dieta humana há milhares de anos. Acredita-se que em torno de 5500 aC. já eram cultivadas e consumidas pelos seres humanos e utilizadas como fonte de alimentos para animais. Além disso, na Roma antiga há registros do uso de leguminosas para a fertilização do solo (Kouris-Blazos; Belski, 2016)

Botanicamente são pertencentes à família *Fabaceae* (anteriormente conhecida como *Leguminosae*), que inclui cerca de 19.500 espécies de plantas, dentre as quais abrangem muitas culturas alimentares importantes, como feijões, ervilhas, lentilhas, soja, fava, tremoço, grão-de-bico, amendoim dentre outras. São conhecidas por características botânicas como folhas compostas, flores geralmente papilionáceas (com a corola dividida em 5 pétalas, sendo a superior em forma de estandarte, duas laterais, duas inferiores fundidas) e frutos em forma de vagem. As flores são simétricas, com uma única pétala superior (a estandarte), duas pétalas laterais e duas pétalas inferiores fundidas (a quilha), podendo ser solitárias ou em inflorescências. Os frutos apresentam estrutura de vagem, que se abrem em duas partes quando maduros para liberar os grãos (Grdeń; Jakubczyk, 2023) (Figura 1).

Figura 1 – Características botânicas da família *Fabaceae*.



A classificação das leguminosas pode ser feita em três grupos principais: grãos secos também conhecidos como pulsos, dentre os quais estão o feijão, o grão-de-bico, a lentilha, a ervilha, o tremoço, a fava e etc; outro grupo são as leguminosas forrageiras, utilizadas para alimentação animal, como o trevo e a alfafa; e as leguminosas oleaginosas, que possuem um nível mais alto de lipídios e são cultivadas para a obtenção de óleo, como a soja e o amendoim (Capurso *et al.*, 2018). O grupo das leguminosas-grãos inclui as culturas que são produzidas unicamente para obtenção de grão seco e todas têm como característica comum altos teores de proteína nas suas sementes (Figura 2), principalmente aminoácidos essenciais como a lisina e o triptofano em que os cereais são deficientes. No entanto, apresentam um baixo teor em aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína), ao contrário dos cereais. Considerando estas características, as leguminosas-grãos e os cereais complementam-se em termos de aminoácidos e, por isso, uma dieta com ambos fornece uma ingestão equilibrada em proteína (Dutta *et al.*, 2022; Maphosa; Jideani, 2017).

Figura 2 – Sementes de leguminosas-grãos: ervilha, tremoço, grão-de-bico, lentilha, feijão e fava.



Fonte: Pereira *et al.* (2023).

A inclusão de leguminosas em múltiplos sistemas de cultivo (por exemplo, agroflorestais) pode ajudar a aumentar a eficiência no uso de recursos e na produção, além de reduzir a incidência de pragas no cultivo (Abad *et al.*, 2023; FAO, 2023; Hall *et al.*, 2017). Elas

são conhecidas por sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico no solo, devido as bactérias simbióticas que vivem em seus nódulos radiculares, uma das razões pelas quais as leguminosas são importantes para a agricultura e a sustentabilidade do solo. Essa capacidade amplia a resiliência dos sistemas agrícolas no contexto da atual crise dos fertilizantes, ajudando a promover uma agricultura sustentável. Desse modo, são um fator importante para a produção e nutrição mundial de alimentos, proporcionando melhoria na sustentabilidade agrícola e para a segurança alimentar e nutricional, pois são fontes ricas em proteínas (16-55%) e fibra alimentar (10-40%), sendo, portanto, essenciais para uma alimentação saudável (Katoch, 2020).

As fontes de proteínas vegetais ganharam muita atenção nos últimos anos, tanto do ponto de vista da saúde quanto da sustentabilidade. Dietas ricas em proteínas vegetais são cada vez mais recomendadas para o controle de peso, perda muscular que ocorre com o envelhecimento, açúcar no sangue e controle de pressão alta, bem como para combater a obesidade e o envelhecimento (Banovic *et al.*, 2018). Por isso, as leguminosas são interessantes, pois representam uma fonte saudável de proteínas para a alimentação humana, como uma forma de transição para dietas mais saudáveis e sustentáveis (Marteau-Bazouni *et al.*, 2024).

Além de proteínas e fibras, as leguminosas são fontes de amido resistente, vitaminas, mais de 15 minerais essenciais, além de ácidos graxos mono e poli-insaturados. Os altos teores de lisina e de folato tornam a farinha de leguminosas ideal para misturar com outras commodities. São ricas nos compostos antioxidantes polifenóis, flavonoides, carotenoides, vitamina C e vitamina E, que ajudam a neutralizar os radicais livres e proteger as células do organismo contra danos oxidativos. Os níveis variam de acordo com o tipo de leguminosa mas, em geral, as de cores mais escuras, como feijão preto e lentilha, tendem a ter maior teor de antioxidantes do que as variedades mais claras. E pode haver a predominância de um composto, o ácido fenólico é o antioxidante mais importante e é mais abundante nas ervilhas, por exemplo. Os benefícios para a saúde dos seres humanos resultam da redução dos efeitos dos radicais livres, ao doar um elétron para evitar danos ao DNA ou outras estruturas importantes (Dutta *et al.*, 2022; Ogbole *et al.*, 2023).

Existem vários estudos que relatam a composição aproximada e os benefícios para a saúde do consumo de leguminosas (Tabela 1).

Tabela 1: Composição centesimal de leguminosas e seus benefícios para a saúde (em % base seca).

Leguminosas	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteína bruta (%)	Carboidrato total (%)	Amido total (%)	Fibra dietética total (%)	Benefícios para saúde	Referências
<b>Grão-de-bico</b>	2,72-3,10	5,75-4,67	19,66-24,47	65,95-68,33	27,2 - 34,3	20,42 - 24,67	Prevenção do diabetes mellitus, câncer de cólon e osteoporose. Controle da pressão arterial e regulação glicêmica.	Ma <i>et al.</i> (2011)
<b>Lentilha</b>	3,04 -1,83	1,25-0,43	21,0-31,4	55,0 - 68,9	47,1- 42,1	29,1-20,9	Ação preventiva em doenças crônicas, como diabetes mellitus, doenças cardiovasculares e cânceres em geral. Ação antioxidante.	Liberal <i>et al.</i> (2023) e Mazi <i>et al.</i> (2023)
<b>Fava</b>	3,50- 4,00	1,50-2,12	31,80-39,70	42,21- 47,37	38,4 - 41,8	7,50 - 8,00	Propriedades anti-diabéticas e anti-inflamatórias. Tem sido sugerida no possível tratamento ou prevenção da doença de Parkinson	Alghamdi (2009), Coda <i>et al.</i> (2015) e Rahate <i>et al.</i> (2021)
<b>Ervilha</b>	2,62- 3,07	3,06 -7,38	20,1- 25,9	59,32 - 69,59	39,44-46,23	23,23 - 30,72	Antioxidantes, anti-inflamatória, anti-hipertensiva, anti-obesidade, anti-cancer, efeitos antidiabéticos, antimicrobianos e anti-renais	Wu <i>et al.</i> (2023)
<b>Feijão Carioca</b>	3,2-5,5	1,4-2,7	20,9-24,2	54,3-70,3	41,8-45,6	1,7-4,0	Combate a anemia, regula os níveis de colesterol, e controla a diabetes e auxílio na perda de peso.	Perera <i>et al.</i> (2023)
<b>Tremoço</b>	2,6 - 3,9	7,0 - 14,6	32,0-55,0	52,3- 56,8	1,0 – 9,0	34,0-39,0	Saciedade (menor índice glicêmico), redução da pressão arterial e risco cardiovascular e prébiótico.	Bähr <i>et al.</i> (2014) e Klupsaite <i>et al.</i> (2017)

Fonte: Autora (2024).

\*Composição centesimal de leguminosas analisadas por diferentes autores.

Dentre os benefícios para a saúde, destacam-se a redução do índice glicêmico em pessoas diabéticas, a proteção contra doenças cardiovasculares, a redução da obesidade, ação contra radicais livres, controle do colesterol e papel importante na manutenção da resposta do sistema imunológico (Jené; Munné-Bosch, 2023; Schoeneck; Iggman, 2021; Villegas *et al.*, 2008) (Tabela 1).

A produção mundial de leguminosas é liderada pela Índia, Canadá, Austrália, China, Estados Unidos e México, que juntos produzem cerca de 70% das leguminosas cultivadas globalmente. Na América Latina, no Caribe e na América do Norte, elas são parte da cultura e da alimentação diária da população. Os latino-americanos são os maiores consumidores de leguminosas em todo o mundo, com uma média de 34 gramas diárias por pessoa. Na culinária



dessa região, o feijão se destaca por sua longa tradição que remonta às dietas das populações indígenas, como os Incas e os Maias. Da mesma forma, a culinária Norte-americana, formada por suas comunidades nativas e imigrantes, possui uma infinidade de receitas. Em muitos pratos, leguminosas e cereais são servidos juntos (Hall *et al.*, 2017). No Brasil, a produção das leguminosas feijão, lentilha e grão-de-bico é bastante significativa, sendo o feijão mais cultivado e essencial na dieta brasileira. As Regiões Centro-Oeste e Sudeste são os principais polos de produção, com destaque para Minas Gerais e Goiás (Fontes; Matins, 2021).

No entanto, segundo a FAO (2023), embora as leguminosas tenham um menor custo em comparação a outras proteínas, o consumo tem decaído devido a barreiras que estão associadas às mudanças nos hábitos alimentares, à baixa aceitação sensorial deste tipo de alimento e à indisponibilidade de outros produtos alimentícios leguminosos processados. De acordo com um levantamento do IBGE (2020), o padrão alimentar brasileiro está se modificando, os domicílios estão adquirindo cada vez mais alimentos processados e, sobretudo, alimentos ultraprocessados, reduzindo o consumo de alimentos *in natura* ou minimamente processados, como o arroz e o feijão.

Uma pesquisa recente mostrou que o brasileiro pode deixar de consumir feijão regularmente até 2025. Os dados demonstraram uma queda na frequência semanal com que o feijão aparece no prato de adultos e observou substituição da alimentação natural por ultraprocessados. Informações coletadas entre 2007 a 2017 apontaram um declínio a partir da segunda metade do período. No início da pesquisa foi registrado que 67,5% da população consumia feijão regularmente (cinco a sete dias por semana), no fim do período, o número tinha caído para 59,5% das pessoas. No mesmo período, cresceu o que a pesquisa classifica como "consumo irregular" de feijão, quando as pessoas comem o produto de 0 a 4 vezes por semana. O cenário pode ser explicado pela mudança no estilo de vida da população que prefere optar pela praticidade, por alimentos prontos para o consumo (Carrança, 2024).

Outros fatores que afetam negativamente a frequência do consumo de leguminosas, segundo Amoah et al. (2023), são questões como orientações dietéticas pouco claras sobre o consumo, preocupações com a saúde devido a presença de compostos antinutricionais, que se constitui uma barreira importante considerada por consumidores mais sensíveis e razões socioeconômicas.

### **2.1.1 Tratamentos em leguminosas para consumo**

As leguminosas geralmente passam por algum tipo de processamento envolvendo tratamento térmico e/ou não térmico para melhorar a digestibilidade e remover os fatores antinutricionais. Um dos desafios para o consumo ligado ao preparo de leguminosas refere-se ao fenômeno *hard to cook* (HTC), que ocorre quando as sementes após a colheita são armazenadas em condições inadequadas de armazenamento, como temperatura e umidade relativa. Induzindo o aumento da resistência ao amolecimento durante o cozimento, levando ao aumento do tempo de cocção (Jimenez Martinez *et al.*, 2001; Perera *et al.*, 2023; Suhag *et al.*, 2021).

Isso ocorre pois os cotilédones tornam-se endurecidos devido às reações de oxidação lipídica e/ou polimerização, formação de complexos insolúveis de polissacarídeos e lignificação da lamela média da parede celular (Reyes-Moreno *et al.*, 2009). As leguminosas afetadas por esse problema requerem tempos de cozimento mais longos para amolecerem devido a impermeabilidade ao revestimento das sementes à água, sendo necessário maior tempo de preparo e, conseqüentemente, tornam-se menos aceitáveis para o consumo e com menor valor nutritivo (El-Tabey Shehata, 2009).

Segundo Perera *et al.* (2023), feijões, grão-de-bico, lentilha e tremço apresentam esse fenômeno, pois são leguminosas difíceis de cozinhar por suas modificações físicas e metabólicas, que prejudicam suas propriedades culinárias, quando armazenados por períodos prolongados. Pois as condições adversas ocasionam a hidratação incompleta do cotilédone durante o cozimento, fazendo com que ele permaneça rígido.

As paredes celulares das leguminosas são compostas de polissacarídeos, proteínas e componentes fenólicos mantidos juntos por ligações iônicas e covalentes. São compostos principalmente por duas redes de celulose e hemicelulose com redes de pectina separadas. A rede pectica é composta principalmente de ramnogalacturonano ácido e homogalacturonano, bem como polímeros neutros de arabinano, galactano e arabinogalactano. A despolimerização e solubilização da pectina amolecem os tecidos e aumentam a separação celular durante o cozimento. Com o armazenamento, a separação celular torna-se mais difícil devido à formação de interações secundárias com outras moléculas e polímeros da parede celular. Por exemplo, a desmetoxilação da pectina e a formação de pectato de cálcio e pectato de magnésio que podem diminuir a separação celular durante o cozimento (Sofi *et al.*, 2022; Wainaina *et al.*, 2022).

Segundo Chigwedere *et al.* (2019), o armazenamento prolongado sob condições de temperatura acima de 25 °C e umidade relativa superior a 65 %, favorecem o desenvolvimento de leguminosas HTC. As mudanças nos grãos HTC são irreversíveis, logo, para prevenir o

desenvolvimento desse fenômeno faz-se o armazenamento adequado, utilizando atmosferas controladas e a aplicação de pré-tratamentos.

Outro fator que constitui um entrave para a comercialização e consumo de leguminosas são os compostos antinutricionais, como o ácido fítico, alcaloides, taninos, saponinas, dentre outros, que podem reduzir drasticamente a bioacessibilidade de muitos nutrientes e interferir em sua absorção, podendo acarretar danos à saúde quando ingeridos em grande quantidade (Higashijima *et al.*, 2020).

O ácido fítico dificulta a atividade das enzimas que são necessárias para a degradação de proteínas no intestino delgado e no estômago. Ainda, afetam a biodisponibilidade de minerais pois possui a propriedade quelante, ou seja, se ligam a íons metálicos como zinco, ferro, magnésio e cálcio formando complexos reduzindo a taxa de absorção do organismo. O ácido fítico é considerado o antinutriente mais eficaz em alimentos e uma causa de deficiências de íons minerais na nutrição animal e humana (Samtiya *et al.*, 2020).

Os alcaloides ocorrem em plantas de leguminosas como o tremoço. São incolores, geralmente básicos, insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. Muitas investigações têm sido realizadas para se desenvolver novos tratamentos que reduzam ou removam os antinutrientes, com o objetivo de melhorar a qualidade nutricional do tremoço. Alguns destes tratamentos aplicados diretamente na semente consistem na fermentação, germinação, adição de enzimas, descascamento, imersão em água, cozimento e melhoramento genético (Sirtori *et al.*, 2010).

Os taninos são compostos fenólicos solúveis em água e presente no reino vegetal como os cereais (cevada e sorgo) e leguminosas (fava e ervilha). São encontradas principalmente nas cascas das sementes. São divididos em dois grupos, os hidrolisáveis e os condensados, que possuem a característica de se ligarem às proteínas e polissacarídeos impedindo a ação de enzimas sobre o complexo formado, além disso, possuem afinidade a íons metálicos como vanádio, ferro, cobre e alumínio (Ferrão, 2003). Os efeitos antinutricionais dos taninos incluem a redução da palatabilidade devido a adstringência, as quais são causadas pela sua complexação com as glicoproteínas presentes na saliva durante a mastigação, e a redução da digestibilidade de carboidratos. Por serem termolábeis, os taninos podem ser removidos das leguminosas através de tratamento térmico, retirada das cascas ou hidratação das sementes (Coda *et al.*, 2015; Musco *et al.*, 2017).

As saponinas são metabólitos de superfície ativos secundários, não voláteis encontrados em amendoim, soja, grão de bico, lentilhas e favas. Formando um grupo heterogêneo de substâncias que agregam características gerais indesejáveis como sabor amargo,

espuma quando são tratados com várias soluções e causam hemólise nos glóbulos vermelho (Samtiya *et al.*, 2020). O efeito adverso das saponinas em humanos inclui deficiência no crescimento e diminuição da biodisponibilidade do ferro. A digestibilidade da proteína pode ser prejudicada pelas saponinas devido às alterações conformacionais da proteína e cobertura dos resíduos da proteína alvo para enzimas digestivas. As saponinas possuem forte atividade hemolítica, pois podem interagir com o grupo colesterol da membrana dos eritrócitos (Fleck *et al.*, 2019).

Diante disso, as sementes de leguminosas, antes do consumo, são tratadas com o objetivo de aumentar a disponibilidade de nutrientes saudáveis, torná-las macias e palatáveis à medida que contorna os efeitos negativos da semente (HTC e fatores antinutricionais) (Diedericks *et al.*, 2020; Fabbri; Crosby, 2016; Rahate *et al.*, 2021). Estudos relataram a aplicação de tratamentos térmicos e não térmico em leguminosas associado a pré-tratamentos e o impacto desses processos nas características de semente ou de farinhas elaboradas. Dentre os principais tratamentos térmicos estão cozimento, autoclavagem, forno de ar quente (calor seco), extrusão e micro-ondas. Os tratamentos não térmicos incluem germinação, fermentação irradição e ultrassom (Chinma *et al.*, 2009; Deorukhkar; Ananthanarayan, 2021; Guillamón *et al.*, 2010; Medhe *et al.*, 2023) (Tabela 2).

O principal pré-tratamento utilizado para o preparo de leguminosas é a imersão em água, no qual permite a absorção de água, tornando as sementes mais macias e demandando menor tempo para processamento posterior. A hidratação além de reduzir o tempo de cozimento, aumenta o volume do grão, melhora a digestibilidade ao diminuir a rafinose e estaquiase (oligossacarídeos causadores de desconforto digestivo), reduz também antinutrientes que podem ser lixiviados para a água de imersão, uniformiza o cozimento e economiza energia ao reduzir o tempo de cozimento tornando o processo mais eficiente e sustentável (Naviglio *et al.*, 2013; Zanella-Díaz *et al.*, 2014).

Diversos métodos e tecnologias de processamento foram realizados para investigar a imersão em água como pré-tratamento antes da aplicação de diferentes métodos de tratamento em leguminosas (Tabela 2).

Tabela 2: A imersão como pré-tratamento combinada com tratamentos térmicos e não térmicos em leguminosas.

Leguminosas	Tratamentos aplicados (pré-tratamento com tratamento térmico/não térmico)	Objetivo do estudo	Resultados	Referências
-------------	---	--------------------	------------	-------------

<b>Lentilha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imersão com torrefação.</li> <li>• Imersão com cozimento sob pressão.</li> <li>• Imersão com cozimento convencional.</li> <li>• Imersão com cozimento com micro-ondas.</li> <li>• Imersão com fermentação.</li> <li>• Imersão com germinação.</li> </ul>	Observar o rearranjo molecular do amido durante diferentes tratamentos aplicados em lentilhas.	Imersão com fermentação, cozimento convencional, por micro-ondas e sob pressão indicaram um maior efeito na degradação molecular do amido. Alterando a estrutura cristalina densamente embalada de amido.	Yin <i>et al.</i> 2018
<b>Ervilha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imersão com tratamento químico (NaHCO<sub>3</sub>) e calor seco.</li> </ul>	Determinar a influência do bicarbonato de sódio (NaHCO <sub>3</sub> ) nas propriedades de expansão em ervilha	Grãos expandidos causado pela interrupção parcial dos componentes da parede celular pelo NaHCO <sub>3</sub> .	Sreerama <i>et al.</i> (2009)
<b>Feijão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imersão com micro-ondas</li> </ul>	Investigar o tratamento por micro-ondas na eliminação do fatores antinutricionais.	As sementes tratadas com micro-ondas e embebidas durante a noite apresentaram um aumento nos fenólicos e um nível reduzido de tanino. Os níveis de ácido fítico, hidrogênio atividade inibidora de cianeto, oxalato total e tripsina, estaquiose e rafinose também foram reduzidos.	Kala e Mohan (2012)
<b>Amendoim</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imersão com torrefação</li> </ul>	Avaliar as propriedades microestruturais e moleculares.	A torrefação induziu agregação térmica em proteínas, resultando na formação de agregados insolúveis. A morfologia das sementes revelaram células de cotilédones com vários grânulos de amido embutidos em uma matriz de corpos proteicos.	Diedericks <i>et al.</i> (2020)
<b>Fava</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imersão com cozimento sob pressão.</li> </ul>	Investigar os tratamento na redução de fatores antinutricionais e na composição de favas.	Nível de ácido fítico mantido devido à natureza estável ao calor, porém foi eficiente na redução de lecitina. Os taninos foram reduzidos e houve melhora na digestibilidade <i>in vitro</i> da proteína.	Rahate <i>et al.</i> (2021)

Fonte: Autora (2024).

De acordo com esses estudos (Tabela 2), a imersão ao promover a hidratação das sementes melhorou a lixiviação dos compostos antinutricionais e potencializou a aplicação de tratamento posterior ao alterar a estrutura das sementes. Segundo Chigwedere *et al.* (2019), a imersão é um processo fundamental que faz parte integrante de diferentes métodos de preparação para leguminosas, na qual facilita o cozimento mais rápido através da sensibilização de biopolímeros ao tratamento térmico. Esse processo é importante pois facilita processos como germinação e fermentação, nos quais biomembranas e biomoléculas necessitam de hidratação para o metabolismo ativo.

Outros pré-tratamentos aplicados em leguminosas e abordados na literatura podem ser classificados como físicos, químicos e enzimáticos (Ajayi *et al.*, 2024; Choe *et al.*, 2022).

Sreerama *et al.* (2009) submeteram ervilhas em pré-tratamento químico com bicarbonato de sódio e pré-tratamento enzimático utilizando proteases, ambos combinados com o cozimento, e concluíram que os pré-tratamentos promoveram a degradação parcial da parede celular facilitando a passagem de calor e levando a expansão dos grãos.

Pré-tratamento físico (cisalhamento) e químico (alcalino) foram investigados para extração de proteínas em feijão. O estudo mostrou que as proteínas extraídas apresentaram melhora significativa nas propriedades de extratividade, estrutural, funcional, de gelificação e térmicas comparadas ao controle (Ajayi *et al.*, 2024).

Poucos trabalhos documentaram a maceração como pré-tratamento em leguminosas (Choe *et al.*, 2022; Ramírez-Cárdenasi *et al.*, 2008; Schoeninger, 2012). Nesses estudos ela foi utilizada como estratégia para a melhoria da extração de proteína ou como pré-tratamento para acelerar o amaciamento de feijão durante o cozimento para consumo, portanto, existe a necessidade de mais informações do uso da maceração como um pré-tratamento no preparo de leguminosa e na elaboração de farinha. A maceração é uma operação mecânica para quebrar partículas em pedaços menores ou partículas finas, usada no processamento de farinhas (Rajhi *et al.*, 2021; Wu *et al.*, 2023). No preparo de leguminosas, as etapas de maceração antes do cozimento permite que os grãos absorvam água, essencial na indústria de pré-processados para garantir a maciez do produto (Schoeninger, 2012).

O cozimento por ebulição (pressão ambiente) ou em uma panela de pressão são os tratamentos térmicos mais simples para o preparo de leguminosas. É o processamento adotado no ambiente doméstico, assegura a inativação dos fatores antinutricionais, contribuindo de forma a proporcionar uma melhoria do valor nutricional, das propriedades sensoriais de cor, sabor e textura desejáveis pelo consumidor. As temperaturas, normalmente, empregadas no cozimento sob pressão são de 121°C e em panela comum de 97-100 °C (Corrêa, 2007; Deol; Bains, 2010; Koplík *et al.*, 2004).

A vantagem do cozimento sob pressão em comparação ao cozimento por ebulição é que a pressão aumenta o ponto de ebulição da água de 100 °C para cerca de 120 °C, permitindo que os alimentos sejam cozidos a uma temperatura mais alta do que seria possível no cozimento comum. Somando se a isso, o vapor gerado em uma panela selada aumenta a pressão interna forçando o calor e o vapor para o interior do alimento. Dessa forma, a combinação de temperatura e pressão elevada acelera o cozimento dos alimentos, de modo que o calor sob pressão transfere o calor com mais eficiência comparado ao cozimento por ebulição. O vapor penetra nos alimentos, conzinhando-os uniformemente e em menor tempo (Otero; Sanz, 2003).

O cozimento sob pressão inativa os fatores antinutricionais sensíveis ao calor, pode ser um método recomendável visto que em estudos realizados com taninos e ácido fítico ocorreram reduções médias de 30% após 10 minutos de cozimento doméstico (Jimenez Martinez *et al.*, 2001; Santos, 2006). Além disso, ajuda a diminuir sabores indesejáveis devido à volatilização de compostos de monocarbonila. Embora o cozimento sob pressão tenha várias vantagens, o aquecimento excessivo pode ocasionar a desnaturação das proteínas e sua difusão na fase líquida, destruir certos aminoácidos que são sensíveis ao calor (como a lisina) e prejudicar a textura tornando os alimentos mais macios que o desejado (Estrada-Girón *et al.*, 2005).

O cozimento em forno de micro-ondas é outro método térmico utilizado para cozimento de leguminosas (Rehman; Shah, 2004). O aquecimento ocorre por meio da radiação eletromagnética gerada (cerca de 2,45 GHz) por um componente chamado magnetron. Essas micro-ondas penetram nos alimentos e interagem com as moléculas de água fazendo-as girar rapidamente. Esse movimento gera calor devido ao atrito entre as moléculas, aquecendo assim os alimentos de dentro para fora. O aquecimento é eficiente porque aquece diretamente as moléculas do alimento, sem precisar aquecer o ar ou a superfície em torno (Kala; Mohan, 2012; Rahate *et al.*, 2021).

O tratamento térmico por micro-ondas possui a vantagem de ser uma tecnologia rápida, consistente, segura, eficiente e verde para a redução dos compostos antinutricionais. O poder e a duração do processamento do micro-ondas têm efeito significativo na inativação e precisam ser avaliados criticamente para aplicação efetiva em grãos alimentícios. A redução de fatores antinutricionais lábeis ao calor pelo aquecimento por micro-ondas é devido à degradação pelo calor junto com a formação de complexo insolúvel. O pré-tratamento, como a imersão, aumenta sua redução por lixiviação e hidrólise (Suhag *et al.*, 2021).

A Tabela 3 apresenta alguns estudos sobre a aplicação de tratamentos térmicos sob pressão e micro-ondas em algumas leguminosas e os principais resultados encontrados pelos autores.

Tabela 3: Tratamentos térmicos convencionais aplicados em leguminosas.

Tratamentos térmicos	Condições do tratamento	Leguminosas	Resultados	Referências
<b>Sob pressão</b>	15 lbs a 105 °C por 15 min na proporção de 1:4 (semente:água)	Feijão caupi ( <i>Vigna catjang</i> )	Redução de tanino e ácido fítico. A digestibilidade de proteínas aumentou.	Somasundaram <i>et al.</i> (2019)
	20 min na proporção de sementes: água de 1:5 (m/m)	Grão-de-bico ( <i>Cicer arietinum</i> )	Redução de taninos e ácido fítico.	Xu <i>et al.</i> (2016)
	15 min a 8.7 psi em uma proporção de 1:6 (m/v), sementes: água	Lentilha ( <i>Lens culinaris</i> )	Redução de aminoácidos intestinais.	Gallegos-Infante <i>et al.</i> (2010)
	38 min a 100 °C a uma proporção de 1:6 (semente: água)	Feijão comum ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	Redução de ácido fítico em 35% e tanino em 77,69%.	Nagessa <i>et al.</i> (2023)
<b>Micro-ondas</b>	Cozido em forno de micro-ondas (1200W) por 25 min	Turfa amarela ( <i>Pisum sativum</i> )	Redução de tanino e aumento da digestibilidade de proteínas.	Ma <i>et al.</i> (2017)
	Cozido em forno de micro-ondas (800 W) por 30 min	Ervilha ( <i>Pisum sativum</i> )	Redução nos grupos de aminoácidos livres intestinais.	Gallegos-Infante <i>et al.</i> (2010)
	Cozido em forno de micro-ondas (600 W) por 240 s	Amendoim ( <i>Vigna subterrâneo</i> )	A digestibilidade de proteínas aumentou.	Oyeyinka <i>et al.</i> (2020)
	Cozido em forno de micro-ondas por 15 min	Grão-de-grão ( <i>Cicer arietinum</i> )	Redução de taninos e ácido fítico.	Zhong <i>et al.</i> (2015)
	Cozida em micro-ondas (2450 MHz) por 30 min	Soja preta ( <i>Glycine max</i> )	Redução nos inibidores de tanino, ácido fítico e tripsina. A digestibilidade de proteínas aumentou.	Xu <i>et al.</i> (2016)

Fonte: Autora (2024).

Nestes trabalhos, a aplicação dos tratamentos foram realizados nas sementes de leguminosas inteiras (intactas) e os pré-tratamentos aplicados foram imersão e/ou descascamento. Logo, os resultados dos tratamentos nas sementes foram a remoção de antinutrientes e melhoria na biodisponibilidade das proteínas.

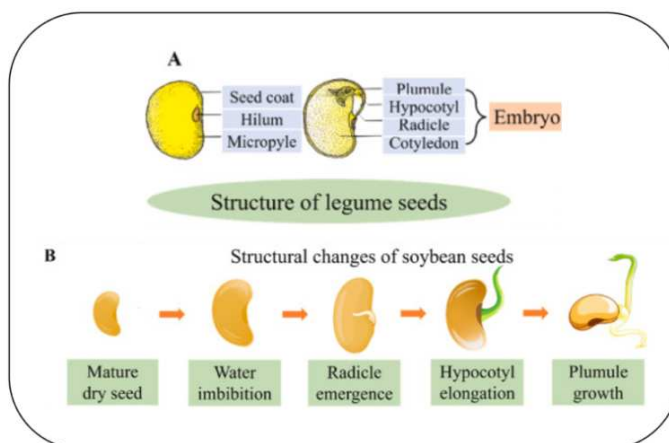
A germinação é um tratamento não térmico eficaz para melhorar a qualidade das leguminosas. Sendo um importante método de processamento biológico utilizado para melhorar o teor de nutrientes das sementes comestíveis, reduzir os fatores antinutricionais, aumentar a digestibilidade de proteínas e enriquecer a semente com componentes funcionais (Gonçalves *et al.*, 2024).

As leguminosas são plantas dicotiledóneas, que possuem apenas o embrião e o invólucro da semente, na ausência de endosperma. O embrião inclui quatro partes: radícula, hipocótilo,



plúmula (germe) e cotilédones. A estrutura das sementes de leguminosas durante a germinação é mostrada na Figura 3A. Quando expostas a condições adequadas, as sementes secas em fase de dormência retomam gradualmente suas atividades metabólicas ao absorver água do ambiente. Esse processo permite a realização de eventos celulares essenciais que preparam as sementes para o crescimento do broto. À medida que as sementes se tornam saturadas de água, a radícula continua a se alongar, rompendo gradualmente o revestimento das sementes até emergir do hilo. Conforme a radícula continua a crescer, o hipocótilo se estende, seguido pelo desenvolvimento da plumúla (Figura 3B) (Chinma *et al.*, 2009; Ghavidel; Prakash, 2006; Kumar *et al.*, 2019; Sofi *et al.*, 2020).

Figura 3 – Mudanças estruturais da semente de soja durante a germinação. (A), estrutura da semente de leguminosa e (B) mudança da estrutura da semente de leguminosa durante a germinação.



Fonte: Liu *et al.* (2022).

Segundo Liu *et al.*, (2022), a germinação envolve alterações fisiológicas e bioquímicas, como a absorção de água, mudanças na estrutura subcelular, crescimento da raiz e do broto, formação de enzimas, aumento da atividade respiratória e degradação e transformação de substâncias de reserva. No âmbito científico e na nutrição, a germinação é considerada um método de processamento biológico crucial, amplamente empregado para aprimorar a composição nutricional de sementes comestíveis.

A germinação, assim como se sabe, é um processo eficiente na melhoria do teor de proteínas em leguminosas. Um estudo com três cultivares de soja revelou um aumento significativo no conteúdo total de proteínas, quando comparado com sementes não germinadas, o mesmo foi observado em tremoço germinado (*Lupinus spp.*), concluindo que a germinação, juntamente com a ativação de enzimas, hidrolisam proteínas anteriormente inacessíveis presentes nas sementes não germinadas. Em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), a germinação

por 48 horas resultou em um aumento de 3,4 vezes no teor de proteínas solúveis (Atudorei *et al.*, 2021; Mao *et al.*, 2024; Ohanenye *et al.*, 2020).

Embora os tratamentos aplicados reduzam compostos antinutricionais e melhorem a qualidade nutricional de leguminosas, cada um desses métodos combinados ou não possuem desvantagens que precisam ser considerados durante o processamento, como longos períodos de tempo, perda de nutrientes solúveis em água durante a imersão, perda de nutrientes sensíveis ao calor durante o processamento térmico, dificuldade em controlar os parâmetros do processo durante o tratamento e geração de resíduos (Linsberger-Martin; *et al.*, 2013). Segundo He *et al.* (2020), entender o impacto de diferentes estratégias de processamento nos componentes físicos e químicos pode melhorar a utilização de leguminosas, facilitando o desenvolvimento de produtos alternativos e economicamente viáveis.

## 2.2 ASPECTOS GERAIS SOBRE O TREMOÇO

O tremoço é uma planta herbácea de climas temperados e subtropicais, pertencente à família das *Fabaceae* e ao gênero *Lupinus sp.* Apresenta crescimento ereto, com folhas compostas, inflorescência papilonadas e frutos no formato de vagem com no máximo sete sementes (Cremones *et al.*, 2013). O interesse por esses grãos, remontam aos primórdios da civilização (antigo Egito). Entre 400-356 a.C., Hipócrates, considerado o "pai da medicina", refere-se à utilização do tremoço na alimentação em simultâneo com a lentilha, o feijão e a ervilha, apontando-lhe virtudes medicinais no combate aos parasitas intestinais e doenças hepáticas. Atribui-se aos romanos a introdução desta leguminosa na Península Ibérica. Este povo dava-lhe múltiplas utilizações, desde o emprego nos jogos, como moeda simbólica, até ao uso na alimentação animal e da população (Cabello-Hurtado *et al.*, 2016).

De acordo com Zamora *et al.* (2020), há pelo menos quatro mil anos, as civilizações Egípcia e Andina cultivavam dois tipos de tremoço; o *Lupinus luteus* no Egito e o *Lupinus mutabilis* na América do Sul, que eram utilizadas de forma similar para alimentação humana, utilizando um processo de maceração e lavagem, a fim de remover os alcaloides presentes nas sementes. No ano de 2012, as espécies de tremoço branco (*Lupinus albus*), amarelo (*Lupinus luteus*) e azul (*Lupinus. angustifolius*), foram as cultivares mais utilizadas pela indústria, principalmente, na Austrália e no Chile.

Apesar de possuir mais de 200 espécies, as três espécies mais plantadas na Europa são os três citados na Figura 4 a seguir. No Brasil a mais difundida é a espécie *L. albus* e ao contrário do que ocorre em países da Europa, onde se utiliza majoritariamente na alimentação, é usada

como adubo verde, principalmente nos estados de clima mais ameno como Paraná e Santa Catarina. O plantio de tremoço serve como proteção e promove a fixação de nitrogênio, proporcionando melhorias nas condições físicas do solo (Cremones *et al.* 2013).

Figura 4 – Cultura de Tremoço de flor branca *L. albus* L. (A), flor amarela *L. luteus* (B) e flor azul *L. angustifolius* (C).



Fonte: Cremones *et al.* (2013).

Segundo Cremones *et al.* (2013), o tremoço é utilizado no cultivo intercalar como leguminosa de outono-inverno na substituição de capim ou de bagaço de cana como cobertura vegetal do solo, em áreas de fruticultura. Quimicamente, os efeitos da utilização do tremoço na rotação de culturas melhoram as propriedades físico-químicas do solo, aumentando o teor de matéria orgânica, reduzindo assim a necessidade de aplicar fertilizantes nitrogenados.

O tremoço branco (*Lupinus albus*) é uma das culturas mais importantes deste grupo de plantas. Devido ao alto teor de proteína e gordura nas sementes, tem sido utilizado para a nutrição humana há milhares de anos (Niewiadowska *et al.*, 2020).

Conforme relatado por Musco *et al.* (2017), a semente de tremoço proteínas com perfil de aminoácidos bem balanceado. São ricas em fibras alimentares, lipídios, polifenóis e peptídeos bioativos. Sua composição de lipídios tem um perfil de ácidos graxos interessante com alta concentração de ligações insaturados caracterizado por um alto nível de ácido alfa-linolênico e uma proporção favorável de ácidos graxos n-3/n-6. Sua desvantagem é o baixo teor de aminoácidos sulfurados (metionina e cistina) e a presença de fatores antinutricionais como taninos.

Uma das limitações para o uso de tremoço é a presença de alcaloides, que pode ser reduzido selecionando variedades genéticas doces com baixo teor de alcalóides ou adotando tratamentos como imersão em água corrente, salmoura ou escaldagem. A partir de 1930 vêm se produzindo tremoço doce, que são as formas com baixo teor de alcaloide. Devido à introdução dessas novas variedades, o cultivo de tremoço branco com baixo teor de alcalóides tornou-se

popular em vários países. Por exemplo, na Polônia, entre 2005 e 2015 a área de cultivo de semente de tremoço aumentou quase quatro vezes, de modo que em 2015 cobriam uma área de 407.000 ha (Niewiadomska *et al.*, 2020).

A Austrália é um dos maiores produtores de tremoço, sendo responsável por 80-85%, ou 1,6 milhão de toneladas da produção mundial total. O custo de cultivo do tremoço é baixo, em comparação com outras leguminosas, principalmente na Austrália, onde o custo de produção do tremoço é metade do custo da soja (Villarino *et al.*, 2015).

O tremoço branco (*Lupinus albus*) foi introduzido no Brasil pela Europa em data desconhecida. Em 1970, há registros do cultivo de tremoço doce no Estado de Minas Gerais (Tomasini *et al.*, 1982). Contudo, no Brasil, a produção não é significativa como outras culturas (feijão e soja), sendo mais comum em áreas específicas de agricultura familiar e em pequenas propriedades cultivado para consumo local. Assim, a produção é pequena e não está amplamente reportada nos levantamentos agrícolas oficiais, como o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) realizado pelo IBGE.

### **2.2.1 Nutrientes do tremoço e benéficos para a saúde**

As proteínas do tremoço contêm fitoquímicos com capacidade antioxidante, como polifenóis, principalmente taninos e flavonoides (Wandersleben *et al.*, 2018). Dependendo do genótipo e localização da cultura, o teor de proteína pode variar de 30 a 40%, fibra alimentar de 40 a 50% e lipídios de 7 a 20% (Fernandez-Orozco *et al.*, 2008). Segundo Chukwuejim *et al.* (2023) o tremoço é uma importante fonte de proteínas vegetais, possuindo um grande potencial na indústria de alimentos porque têm alto teor de proteína e polissacarídeos. Nas sementes de tremoço descascado, o teor de proteínas está na faixa de 39 - 53%, valor maior que o da soja 36 - 40%. Além disso, as propriedades tecnofuncionais do tremoço também o tornam adequado para incorporação em várias formulações de alimentos. Isso é vantajoso porque, além de aumentar o perfil nutricional dos alimentos formulados, as proteínas também podem servir como um nutracêutico por causa de suas sequências intrínsecas de peptídeos bioativos.

O tremoço tem baixo teor de amido, é isento das proteínas formadoras de glúten (Herculano *et al.*, 2021), mas é rico em fibras (30% - 41%), principalmente insolúvel. Com alto teor de fibra e baixo teor de amido, foi sugerido que o consumo de tremoço pode proporcionar muitos benefícios à saúde, como reduzir o colesterol no sangue e melhorar a saúde intestinal (Lo, *et al.*, 2021). Segundo Tahmasian *et al.* (2022), as sementes de tremoço possuem propriedades nutracêuticas como a capacidade de reduzir colesterol e a pressão arterial,

gerenciar os níveis de glicose, reduzir a obesidade e diminuir a ingestão de energia enquanto aumenta a saciedade. Outros potenciais benefícios incluem atividade antiinflamatória e antioxidante.

Contudo, há uma grande dificuldade em inserir o tremoço na alimentação humana devido à presença de fatores antinutricionais como os alcalóides e taninos, inibidores de protease e alfa-galactosídeo (rafinose, estaquiase), responsáveis pela ocorrência de flatulência e distensão abdominal. Essas substâncias interferem negativamente na digestibilidade protéica e um grande conteúdo destas pode implicar em menor biodisponibilidade da proteína (Oliveira, 2013).

Portanto, métodos de tratamentos adequados que facilite a preparação de tremoço pode melhorar a adesão do consumo e despertar interesse na produtividade agrícola brasileira. Para isso, são necessário mais estudos que investiguem bioquímica e nutricionalmente suas sementes. Disseminação de conhecimento informação nutricional como essas técnicas que alteram as propriedades da farinha podem facilitar sua utilização.

### **2.3 CENÁRIO DE PRODUTOS DE LEGUMINOSAS**

O mercado global de leguminosas tem crescido nos últimos anos, impulsionado pela demanda por alimentos saudáveis e sustentáveis. A tendência é de crescimento contínuo, já que as leguminosas são consideradas uma alternativa saudável e sustentável para a substituição de proteínas de origem animal. A produção e o mercado de leguminosas são influenciados por diversos fatores, como o clima, os preços das commodities, a demanda do mercado e as políticas governamentais, entre outros (Abad *et al.*, 2023).

Nos países em desenvolvimento, as leguminosas ocupam a posição de segunda maior fonte de alimento humano, depois dos cereais, especialmente entre aqueles com recursos limitados de rendimentos. Desempenham um papel importante na diversificação das dietas e no fornecimento de proteína com boa relação custo-benefício para esses países (Ilgin *et al.*, 2023).

Um estudo realizado na Austrália entre 2019 e 2021 mostrou que o número total de produtos leguminosos disponíveis no mercado quase duplicou (de 312 para 610). Impulsionado pelas tradicionais leguminosas enlatadas, secas, por algumas opções novas e convenientes, especialmente snacks (chips de leguminosas), no qual ocorreu o maior crescimento. Foi verificado também, que as alegações de conteúdo nutricional nas embalagens dos produtos relacionada à fibra alimentar, sem glúten e proteínas mais que dobraram desde 2019, com cada

uma aparecendo em mais de um terço dos produtos identificados em 2021. As alegações de vegano/vegetariano nas embalagens mais que dobraram desde 2019, e alegações relacionadas ao termo proteína vegetal/proteína vegetal e sustentabilidade ambiental surgiram nas embalagens em 2021 (Bielefeld *et al.*, 2021).

O mercado de leguminosas é composto por diversas categorias de produtos, incluindo grãos secos, farinhas, hambúrgueres vegetais, tofu, extrato vegetal ('leite de soja'), pastas, pães, massas, biscoitos e etc. As farinhas de leguminosas são obtidas pela moagem de sementes de leguminosas com diferentes granulometrias. Essas farinhas podem ser empregadas na formulação de alimentos diretamente ou após a realização de processos adicionais (Wood; Malcolmson, 2021).

Segundo Hall *et al.* (2017) e Shettino *et al.*, (2020), a adição de farinhas de leguminosas em alimentos tradicionais, como pães e massas, trazem benefícios para a saúde humana devido ao seu bom perfil nutricional com alto teor de fibras dietéticas e proteínas. Por exemplo, massas foram produzidas com inclusão de farinha de fava e os resultados mostraram aumento da digestibilidade das proteínas em até 10% nos níveis de substituição de farinha de 35 a 100 %. A massa fortificada com fava apresentou também uma estrutura mais aberta, grânulos de amido altamente inchados e uma rede proteica espessa, porém fraca, contribuindo para uma maior proteólise. Este efeito foi observado também em massas enriquecidas com farinha de lentilha e ervilha (Laleg *et al.*, 2017). Massa à base de trigo fortificada com farinha de grão de bico mostraram redução no tempo de cozimento ideal aumento da dureza, gozamide e mastigabilidade (El-Sohaimy *et al.*, 2020).

Apesar dos benefícios discutidos, a inserção de farinha de leguminosas em massas alimentícias precisa de mais investigação uma vez que a alteração da matriz alimentar, como a diluição do glúten, provoca desafios tecnológicos. Dessa forma, compreender os fatores associados ao processamento de massa de leguminosas, como qualidade nutricional, propriedades tecnofuncionais, propriedades bioativas e reológicas pode impulsionar a indústria desse setor, oferecer um meio complementar o consumo de leguminosas, aumentar a oferta desse tipo de produto no mercado e, por conseguinte influenciar o consumo. Assim, pesquisas voltadas para essa temática podem elucidar as lacunas incompreendidas.

## 2.4 MASSAS ALIMENTÍCIAS

Massa alimentícia ou macarrão é um prato tradicional popular em vários países, amplamente consumido por causa de seus diferentes tipos e receitas. O consumo mundial de

produtos de macarrão aumentou nos últimos anos devido a métodos simples de cozimento, mecanização e desenvolvimento de infraestrutura simples, além disso é um alimento nutritivo e conveniente com ampla aceitação por consumidores de todas as faixas etárias (Sofi, *et al.*, 2020).

No mercado são encontradas massas como macarrão fresco, macarrão seco, semi-seco, instantâneo frito e cozido, essa diversidade de produtos é resultante de diferentes formulações e métodos de processamentos (Obadi *et al.*, 2022). Atualmente, a maioria das legislações do Brasil que estabelecia as definições e os parâmetros de identidade e qualidade de massas foram revogadas, ficando somente a RDC nº 711 em vigor, a qual define as massas alimentícias como um produto obtido da farinha de trigo (gênero *Triticum*), de derivados de trigo durum (*Triticum durum* L.) ou de derivados de outros cereais, leguminosas, raízes ou tubérculos, resultante do processo de empasto e amassamento mecânico, sem fermentação, podendo ser apresentado seco, fresco, pré-cozido, instantâneo ou pronto para o consumo, em diferentes formatos e recheios (Brasil, 2022).

Farinha forte (de trigo durum), com alto teor de proteínas, especialmente as formadoras de glúten, é a matéria-prima preferida para a elaboração de massas. Alta quantidade de proteínas é essencial para a qualidade tecnológica desejada de elasticidade e resistência requeridas. O glúten formado a partir de trigo duro é mais elástico e menos extensível, ou seja, que não se deforma facilmente durante a secagem ou cozimento. Outro benefício do trigo duro é a cor amarelada natural das massas proveniente do seu alto conteúdo de carotenoides, dispensando corantes artificiais. A massa feita com trigo duro é menos extensível, significando que não se deforma facilmente durante a secagem ou cozimento (Righetti *et al.*, 2018).

Embora as farinhas fortes sejam preferidas para fabricação de massas, elas tendem a ser mais caras do que as farinhas médias (teor de proteínas intermediário) ou fracas (teor de proteínas baixo). Segundo Miceli *et al.* (2015), farinhas médias são, aproximadamente, 25% mais barato, sendo mais viável economicamente em diversos países em desenvolvimento. Porém, os desafios ao uso de farinha com menor teor de proteínas é o comprometimento das características de qualidade da massa como estrutura, cozimento, textura e etc. (Miceli *et al.*, 2015; Righetti *et al.*, 2018; Unuvar *et al.*, 2023).

Apesar de revogada, a RDC nº 14 categoriza as massas com base no teor de umidade e não havendo padrões estabelecidos atuais, é importante recorrer a padrões anteriormente estabelecidos como uma referência adicional. Portanto, as massas podem ser de três tipos: massas secas, frescas e instantâneas. A massa seca é o produto submetido a um processo de secagem, apresentando umidade máxima final de 13 % (g/100g). A massa fresca pode ou não

passar por um processo de secagem parcial, sendo requerido, no entanto, que o produto final apresente umidade máxima de 35 % (g/100g) e a massa instantânea é o produto submetido ao cozimento e fritura, apresentando-se como produto desidratado e com umidade máxima de 10 % (g/100g) (Brasil, 2000).

Devido ao alto teor de umidade e  $A_w$ , as massas frescas são vendidas na forma de produtos resfriados ou congelados, que podem proporcionar mais experiência sensorial ao consumidor ao aceitar diferentes formas, formulações e combinações com vegetais, queijos, recheios e farinhas provenientes de outras fontes diferente do trigo. Adicionalmente, são de fácil preparo, requer menor tempo de cozimento e possuem textura mais macia (Schettino *et al.*, 2020).

Apesar do consumo não ser elevado comparado à massa seca convencional, é um campo em expansão que tem mostrado potencial de crescimento nos últimos anos. Segundo relatório publicado em 2021, o mercado de massas, incluindo o segmento de massa fresca, deverá crescer de US\$ 68,24 bilhões em 2020 para US\$ 90,49 bilhões até 2028. Os fatores que impulsionam essa ascensão, além do aumento populacional e a busca por alimentos com preparações rápidas que aliam versatilidade e praticidade e nutrientes contendo ingredientes mais naturais (Fiormarkets, 2021).

Com relação a composição, a massa fresca pode variar um pouco de acordo com a receita e a região, mas em geral é feita a partir de ingredientes básicos, como farinha de trigo, água, ovos ou sem ovos. Alguns preparos podem incluir azeite, sal ou outros temperos para dar sabor. A proporção dos ingredientes pode ser ajustada para obter a textura e consistência desejadas. A farinha de trigo é a base da massa fresca fornece carboidratos e proteínas, que são importantes para a energia e a formação da massa. Os ovos fornecem proteínas e gorduras, que ajudam a dar sabor e consistência para a massa. A água é necessária para unir os ingredientes e formar a massa. Outros ingredientes citados pela literatura foram espinafre, tomate, beterraba, cenoura, para dar cor e nutrientes adicionais à massa (La Gatta *et al.*, 2023; Rekha *et al.*, 2013).

Segundo Gupta e Sharma (2023), as massas frescas são excelentes veículos para fortificação com ingredientes não convencionais garantindo na alimentação aporte de proteínas, fibras, antioxidante e micronutrientes. Apesar disso, é necessário estudos que investiguem tais massas, pois a incorporação desses ingredientes tem um efeito de diluição da rede de glúten e, conseqüentemente, alteração nas características sensoriais, nutricionais e tecnológicas do produto.

Para Oliviero e Fogliano (2016), um dos obstáculos no processamento de massas fortificadas com vegetais é que a adição de farinha não convencional causa o enfraquecimento



do glúten afetando as propriedades reológicas da massa, interferindo na gelatinização do amido, alterando assim os atributos sensoriais e promotores de saúde do produto final.

Estudos recentes sobre a elaboração de massas frescas focaram na fortificação de massas através da incorporação de vegetais em pó, na forma de purê, suco ou bagaço. Foi percebido que o desafio foi encontrar a combinação adequada de ingredientes adicionado à formulação, visando obter características tecnológicas adequadas bem como preservar as características funcionais do próprio vegetal no produto final (Bonacci *et al.*, 2023; Panza *et al.*, 2023; Simonato *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021).

Kumar e Prabhasankar (2015) direcionaram estudos para elaboração de macarrão a base de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com o objetivo de formular um alimento funcional direcionado contra a desnutrição protéica, indicado para consumidores diabéticos com índice glicêmico reduzido. Os resultados mostraram que o perfil sensorial do produto foi de alta qualidade e que poderia ser incluído na dieta desses indivíduos, pois impacto na diminuição do índice glicêmico.

Kaya *et al.* (2018) desenvolveram um macarrão com cascas de lentilha, ervilha e fava. O macarrão com casca de ervilha se destacou pelo alto teor de fibra alimentar, capacidade de absorção de água e volume de intumescimento. Esse macarrão com casca de ervilha até 10% foi bem aceito pelos provadores quanto aos atributos sensoriais, mostrando que tem um potencial significativo como ingrediente de macarrão.

De forma semelhante o uso do tremoço na produção de massas alimentícias frescas pode apresentar-se como uma solução nutracêutica inovadora, com potencial para diversificação de produtos na indústria de massas. Além disso, pode ser uma estratégia para a disseminação dessa cultura no mercado brasileiro, inovando agregando propriedades nutricionais a um alimento tão difundido como o macarrão, demonstrando o quanto leguminosas são versáteis e necessitam de mais aplicação tecnológica dentro da indústria de alimentos.

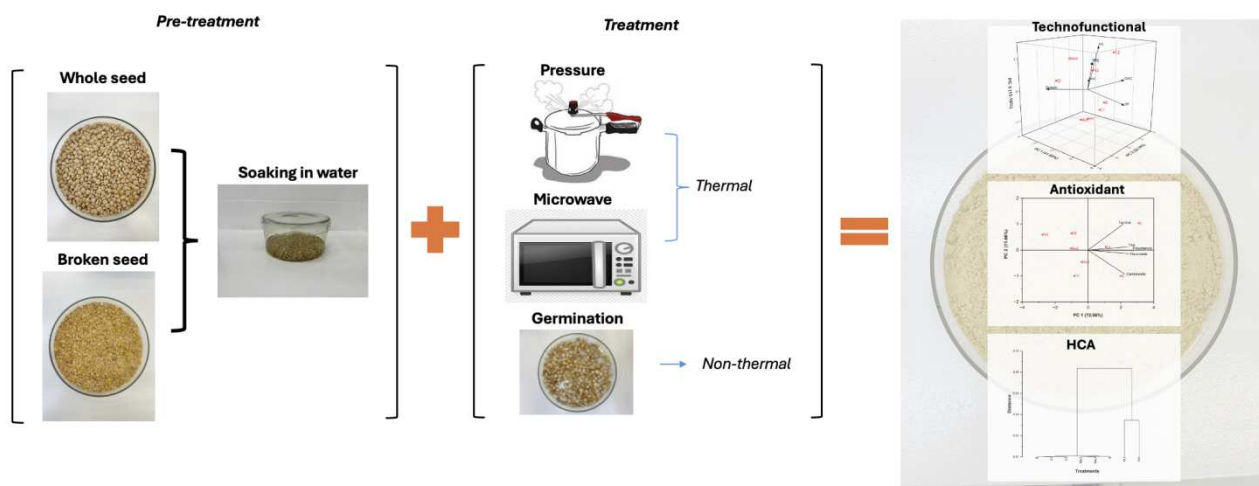
### **3 CAPÍTULO 2: Métodos de tratamentos de semente de tremço (*Lupinus albus*) para preparo de farinha e sua influência nas propriedades nutricionais, tecnofuncionais e bioativas**

#### **RESUMO**

O tremço é uma leguminosa nutritiva, promotora da saúde e uma das alternativas de consumo se dá na forma de farinha. No entanto, para a elaboração da farinha são necessárias sucessivas etapas de tratamento para tornar a semente palatável sensorialmente. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da maceração como pré-tratamento combinada com tratamentos básicos como imersão (C), tratamento térmico sob pressão (Pr), tratamento térmico por micro-ondas (Mw) e germinação (G) (tratamento não térmico) na semente inteira (1) e macerada (2) e sua influência sobre as propriedades tecnofuncionais nutricionais e bioativas da farinha. A maceração (C2) mostrou ser um pré-tratamento efetivo na redução de taninos e promoveu o aumento de amido modificado, melhorando as propriedades tecnofuncionais da farinha. A farinha Mw2 apresentou semelhança a farinha G, com alto valor nutricional, sobretudo de proteínas e melhor conteúdo de bioativos. O tratamento combinado Pr2 foi o que mais alterou as características da farinha, reduzindo significativamente os compostos nutricionais e bioativos, contudo trouxe melhoria nas propriedades tecnofuncionais. Assim, a maceração pode ser utilizada como um pré-tratamento na elaboração de farinhas de leguminosas para redução de tempo de processamento. A maceração combinada ao Mw (Mw2) pode ser uma alternativa à G, afim de melhorar o perfil nutricional. O tratamento combinado Pr2 pode ser utilizado para a elaboração de farinha a ser incorporada como ingrediente alimentar com função tecnológica. Esse estudo pode fornecer informações úteis para o desenvolvimento de farinhas de leguminosas e facilitar sua aplicação como ingrediente alimentar.

**Palavras-chaves:** Maceração. Pré-tratamento. Tratamento térmico. Tratamentos combinados. Farinha de leguminosas

## Resumo gráfico:



### 3.1 INTRODUÇÃO

O tremçoço doce (*Lupinus albus*) é uma leguminosa muito apreciada pela qualidade nutricional e bioativa, sendo uma importante fonte de minerais, proteínas e compostos antioxidantes com propriedades antimicrobiana, antiinflamatória, anticancerígenas e antienvhecimento, sendo benéfico à saúde humana (Berru *et al.*, 2021; Brandolini *et al.*, 2022; Caramona *et al.*, 2024; Kalogeropoulos *et al.*, 2010). Os altos níveis de proteínas (32-55%) torna o tremçoço uma alternativa de baixo custo sustentável à carne, principalmente nos países em desenvolvimento (Bähr *et al.*, 2014; Rajhi *et al.*, 2021; Semba *et al.*, 2021). A integração do tremçoço na dieta além de promover bem estar, pode ser considerada uma alternativa interessante para o desenvolvimento de sistemas alimentares sustentáveis à base de plantas, destinado para consumidores que buscam um estilo de alimentação saudável.

Uma das limitações para o uso de tremçoço está relacionado à elevada presença de taninos, que produz um sabor desagradável na semente, quando esta é processada na forma integral, interferindo na aceitação e limitando a aplicação como ingrediente alimentício (Calabrò *et al.*, 2015; Carvajal-Larenas *et al.*, 2016; Wandersleben *et al.*, 2018). Para contornar esse efeito, o preparo do tremçoço envolve métodos de pré-tratamentos combinados com tratamento térmicos, que demandam muito tempo de preparo. Por exemplo, Córdova-Ramos *et al.* (2020) prepararam tremçoço hidratando os grãos por 12 h em água, seguido de fervura por 1 h, e por último, imergiram os grãos cozidos em água por 5 dias. Erbas (2010) utilizou como pré-tratamento a imersão da semente em água durante 6 dias e, posteriormente, água salgada (6%, NaCl) por 12 h e fervura durante 75 min. Guillamón *et al.* (2010) submeteram as sementes

a imersão (1:5 p/v) e tratamento térmico sob pressão (121 °C) por 60 min. Outros métodos aplicados estão à imersão em água seguido de fermentação e branqueamento, imersão em solução de cloreto de sódio seguida de fervura (Monteiro *et al.*, 2020). Embora melhore a palatabilidade e facilite a digestão ao eliminar parcialmente os fatores antinutricionais, geralmente, esses tratamentos resultam em degradação nutricional (Deol; Bains, 2010). Portanto, a busca por métodos de preparo de tremoço, que favoreça a redução de taninos aliado a experiência de consumo mais agradável e alta qualidade nutricional, pode ser uma estratégia para facilitar o desenvolvimento de alimentos à base de tremoço.

A preparação de farinha de leguminosa envolve a aplicação de tratamentos prévios ao tratamento térmico. São empregados em razão dos efeitos negativos associadas à semente crua, como elevado tempo de cozimento, sabor amargo, alergenicidade, digestibilidade e elevados níveis de compostos antinutricionais (Giangrieco *et al.*, 2022; Guillamón *et al.*, 2010). São tratamentos simples aplicados na semente inteira, incluindo remoção de tegumento, lavagem, imersão em água, tratamento com bicarbonato de sódio e proteases (Felker *et al.*, 2018; Ghavidel; PRakash, 2006; Sreerama *et al.*, 2009). No entanto, não foram encontrados relatos que investigam a maceração de semente de leguminosa como pré-tratamento. Normalmente, os estudos abordam a maceração como uma etapa do processamento final da farinha, deixando uma lacuna para compreensão das vantagens ou desvantagens da maceração antes do tratamento térmico e sua influência nas características da farinha (Choe *et al.*, 2022; Rajhi *et al.*, 2021).

A maceração reduz o tamanho das partículas, aumentando a área de superfície e gera rompimento da parede celular facilitando a digestibilidade de amido e proteína, através do aumento do acesso das enzimas digestivas (Thakur *et al.*, 2019). No entanto, é necessário mais informação sobre como a maceração pode influenciar as propriedades nutricionais, funcionais e bioativas de farinhas de leguminosas.

A imersão é uma operação importante do processamento de farinha de leguminosas. É um processo que permite suavizar os tecidos da parede celular da semente encurtando do tempo de cozimento. Também melhora o perfil nutricional ao reduzir compostos antinutricional, como o ácido fítico e taninos (Mazi *et al.*, 2023; Nicolás-García *et al.*, 2021).

Pesquisadores investigaram alguns tratamentos térmicos tradicionais nas características nutricionais e funcionais de farinhas de leguminosas, incluindo a pressão e o micro-ondas. Farinhas de feijão, lentilha, ervilha, grão-de-bico foram investigadas para melhorar as características nutricionais e funcionais (Deol; Bains, 2010; Mazi *et al.*, 2023). Diferente de métodos mais sofisticados, esses métodos convencionais não requer muito

investimento de operação uma vez que são utilizados materiais domésticos de fácil acesso (Bou *et al.*, 2022; Deol; Bains, 2010; Kumar *et al.*, 2019; Linsberger-Martin, *et al.*, 2013).

O tratamento térmico sob pressão é alcançado utilizando uma panela de pressão para cozimento das sementes afim de agregar sabor desejável, cor e textura, aumentando a palatabilidade das leguminosas. A combinação de temperatura e pressão maximiza a permeabilização das membranas celulares devido à desprotonação de grupos carregados e dissociação de pontes hidrogênio e ligações hidrofóbicas (Deorukhkar; Ananthanarayan, 2021).

O tratamento térmico por micro-ondas ganhou popularidade no processamento de alimentos devido à sua capacidade de alcançar altas taxas de aquecimento ao utilizar temperaturas menores e ampliação dos efeitos térmicos. As vantagens abrangem redução significativa no tempo de cozimento, aquecimento mais uniforme, manuseio seguro, facilidade de operação e baixa manutenção. O poder e a duração desse processamento inativa antinutrientes, devido sua degradação pelo calor, juntamente com a formação de complexo insolúvel (Chandrasekaran *et al.*, 2013; Suhag *et al.*, 2021).

A germinação é uma técnica não térmica conveniente e econômica que pode ser usada para melhorar o perfil nutricional da farinha de leguminosa. (Ungureanu-Iuga *et al.*, 2021). Durante a germinação ocorrem alterações positivas como aumento de proteínas e compostos bioativos, diminuição de fatores antinutricionais e de lipídios, aumento da disponibilidade de minerais e melhoria das características sensoriais. Essa técnica é utilizada para o preparo de alimentos especiais e produtos de valor agregado (Atudorei *et al.*, 2021; El-Suhaibani *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2017).

Considerando que o efeito da transformação de alimentos deve ser perfeitamente verificado no desenvolvimento de produtos alimentares inovadores e que não existe informações que esclarecem como diferentes pré-tratamentos e, especificamente, a maceração e imersão, avaliados de forma combinada com tratamento térmico influenciam as propriedades da farinha de tremoço, este estudo teve como objetivo compreender os efeitos da maceração e imersão como pré-tratamentos combinada com tratamento térmico (sob pressão e micro-ondas) nas propriedades nutricionais, tecnofuncionais e bioativas da farinha de tremoço (*Lipinus albus*) e compará-los a um tratamento não térmico (germinação). Isto pode contribuir para implementação de diferentes estratégias de processamento de farinhas de leguminosas com propriedades direcionadas para obtenção de alimentos com características específicas.

### 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Local da pesquisa

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos da Universidade Federal do Ceará (UFC) e em parcerias com outros laboratórios da UFC. A moagem da farinha de tremoço foi realizada no SENAI/CE. As análises, físico-químicas, antioxidantes, bem como as tecnofuncionais foram realizadas no Laboratório de Frutos e Hortaliças (UFC). As micrografias (MEV) foram obtidas através da Central Analítica (UFC). A espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) foi determinada no Departamento de química (UFC).

### 3.2.2 Material

Sementes de tremoço secas e cruas da variedade doce (*L. albus*), adquiridas no comércio local (Empório quatro estrelas, Pompéia-SP) foram higienizadas para retirada de sujidades e outros materiais estranhos, lavando-as com água corrente e, posteriormente, foram colocadas em solução de hipoclorito de sódio 0,07% (v/v) por 30 min e lavadas novamente com água corrente. Finalmente, foram secas com toalhas absorvente.

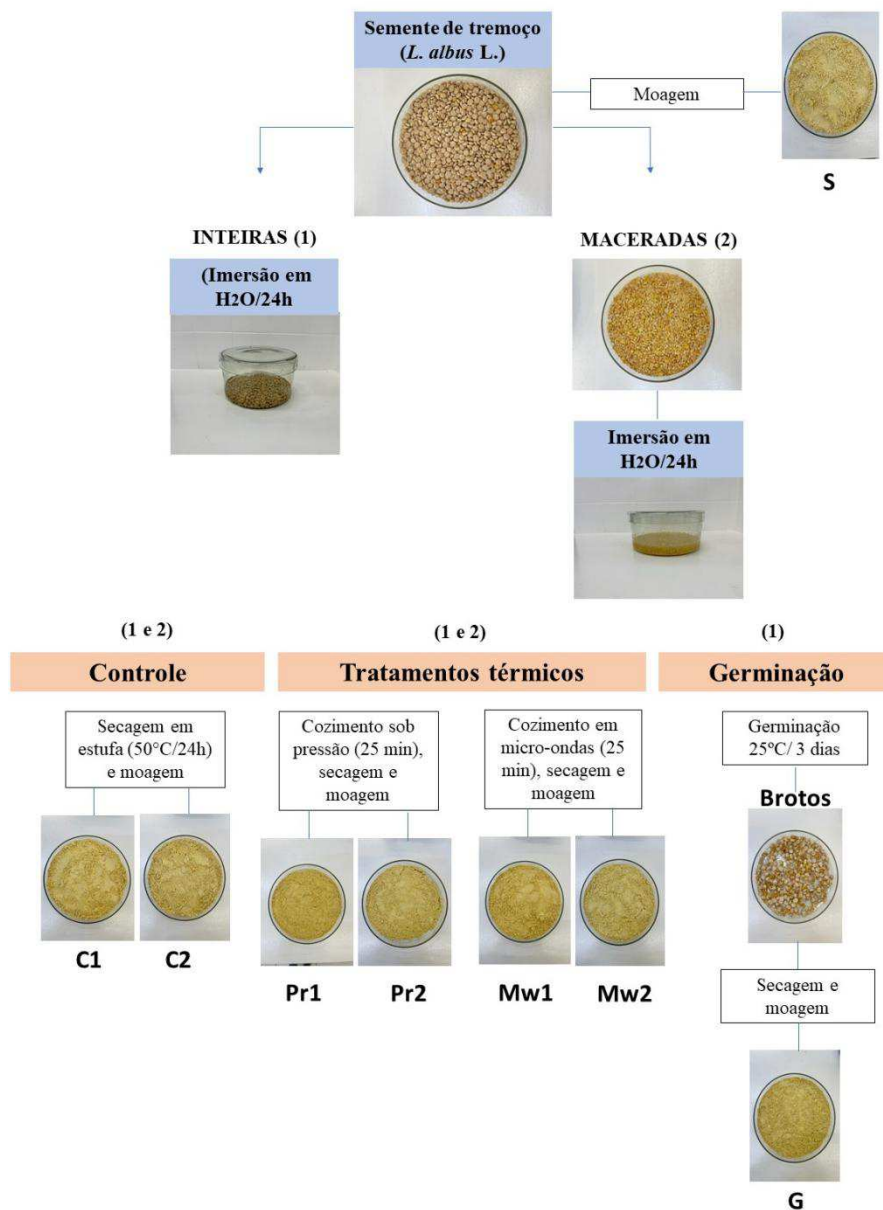
### 3.2.3 Métodos

#### 3.2.3.1 Desenho experimental

Para avaliar a influência dos tratamentos prévios ao cozimento combinado aos tratamentos térmicos (sob pressão e micro-ondas), bem como a germinação, nas propriedades físico-químicas, tecnofuncionais e antioxidantes da farinha de tremoço, as sementes foram submetidas à imersão em água sob duas condições: semente inteira (1) e semente macerada (2), dessa forma, foi realizado dois controles: C1-semente inteira e C2-semente macerada. Essas amostras não receberam nenhum tratamento térmico e foram produzidas para analisar a influência isoladamente dos tratamentos prévios ao cozimento. O cozimento sob pressão e por micro-ondas foi realizado nas sementes 1 e 2. A germinação da semente foi realizada por ser uma técnica empregada na elaboração de farinhas de leguminosas e foi utilizada para comparar os demais tratamentos. Ainda, a semente crua de tremoço (S) foi submetida a análise para observar os efeitos do processamento (imersão em água e maceração). Assim, ao final do processamento foram obtidas 8 amostras de farinha de tremoço preparadas de formas diferentes: S- farinha da semente de tremoço crua; C1- farinha de tremoço da semente inteira imersa em

água; C2- farinha de tremçoço da semente macerada imersa em água; Pr1- farinha de tremçoço da semente de inteira, imersa em água e cozida sob pressão; Pr2- farinha de tremçoço da semente macerada, imersa em água e cozida sob pressão; Mw1- farinha de tremçoço da semente inteira, imersa em água e cozida em micro-ondas; Mw2- farinha de tremçoço da semente macerada, imersa em água e cozida em micro-ondas; G- farinha de tremçoço da semente germinada (Figura 5).

Figura 5 – Representação esquemática dos tratamentos aplicados para a obtenção da farinha de tremçoço.



S, semente de tremoço cru; C1, farinha de tremoço da semente inteira; C2, farinha de tremoço da semente macerada; Pr1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida sob pressão (15 lb. in<sup>-2</sup>, ~120 °C) por 25 min; Pr2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida sob pressão (15 lb.n<sup>-2</sup>, ~120 °C/ 25 min); Mw1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida em micro-ondas (100 °C/ 45 min); Mw2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida em micro-ondas (100 °C/ 45 min); G, farinha de tremoço da semente germinada.

### **3.2.3.2 Preparação da farinha de tremoço**

A semente de tremoço integral foi submetida à maceração e imersão antes da aplicação do cozimento. A maceração foi realizada em liquidificador (Britânia, Black Filter Duo) na velocidade 3 por 3 min para quebra da semente e redução à pedaços menores. Posteriormente, as sementes inteiras (1) e maceradas (2) foram imersas em água destilada (1:3 p/v, semente: água) durante 24 h à temperatura ambiente (25 °C) antes da aplicação de cada tratamento. Foram obtidos 2 controles de farinha provenientes das sementes não tratadas termicamente que serviram como controles, C1: farinha da semente inteira e imersa e C2- farinha da semente macerada e imersa. Além disso, a farinha da semente crua (S) foi avaliada e considerada como um controle desses tratamentos prévios.

### **3.2.3.3 Tratamentos térmicos**

#### **3.2.3.3.1 Cozimento sob pressão (Pr)**

O cozimento sob pressão da semente de tremoço foi realizado conforme Nagmani e Prakash (1997), com adaptações, em que 300 g de semente de tremoço (1 e 2) foram colocadas em béqueres com água destilada (1:3 p/v, semente: água) e cozidas em panela de pressão doméstica (1 atm, ~120 °C) por 25 min (período em que as sementes foram consideradas macias). Após o cozimento, a água foi drenada e as sementes foram colocadas em bandejas de alumínio (33x 22x 5,5cm) e secas em estufa (SolidSteel, SSDc, Brasil) a 50 °C por 24 h. Após a secagem, as sementes foram moídas em moinho de martelos (Laboratory Mill 3110, Perten, Suécia), passadas em peneira de 0,5 mm e, finalmente, armazenada a -18 °C, em recipientes herméticos até serem analisadas.

#### **3.2.3.3.2 Cozimento por micro-ondas (Mw)**

O cozimento através de micro-ondas doméstico (Eletrolux, M141S, Potência 1600 W) foi realizado de acordo com Álvarez-Álvarez *et al.*, (2005) com modificações. Béqueres



contendo água destilada (1:3 p/v, semente: água) e 300 g de sementes de tremoço (1 e 2) foram cozidas durante 45 min (tempo em que as sementes foram consideradas macias) a  $100 \pm 2$  °C, sendo a água repostada a medida que evaporava. Após o cozimento, as condições de secagem e moagem para obtenção da farinha foram realizadas conforme descrito anteriormente.

#### **3.2.3.4 Tratamento não-térmico**

##### **3.2.3.4.1 Germinação (G)**

A germinação foi realizada conforme descrito por Dueñas et al. (2016), com modificações. Resumidamente, 200 g de semente de tremoço foram hidratadas borrifando água destilada na superfície, posteriormente, foram colocadas em bandejas de alumínio (33x 22x 5,5cm), sobre toalha de papel úmido. A bandeja foi introduzida em estufa e mantida no escuro à 25 °C por 3 dias mantendo-se as sementes úmidas para a obtenção dos brotos. Os brotos foram secos e moídos para obtenção da farinha sob as mesmas condições citadas anteriormente.

#### **3.2.3.5 Determinação das propriedades físico-químicas**

##### **3.2.3.5.1 Composição centesimal**

A composição centesimal das farinhas foi analisada conforme o método padrão da AACC (2005), para proteína total (% N x 5,70), lipídios e cinzas. A umidade foi determinada por secagem em estufa por 1 h a 130 °C até peso constante. O valor de carboidrato foi determinado por diferença.

##### **3.2.3.5.2 Amido danificado (DS)**

Uma solução de 120 mL preparada com  $3 \pm 0,2$  g de ácido bórico (P. A) e  $3 \pm 0,2$  g de iodeto de potássio (P. A) e 1 gota de solução de tiosulfato de sódio 0,1N foi inserida na cuba do SDmatic (Chopin®, França) juntamente com 1 g de amostra de farinha, que foi encaixada no alimentador do equipamento. Os percentuais de amido danificado de cada amostra foram registrados em três repetições (AACC, 2007).

##### **3.2.3.5.3 Cor**

A cor das farinhas processadas foi avaliada através de colorímetro (Konica Minolta<sup>®</sup>, modelo CR 400, Osaka, Japão). As leituras foram realizadas utilizando o espaço de cor CIELab, em que foram obtidas quatro leituras em pontos distintos de cada farinha.

### 3.2.3.6 *Determinação das propriedades tecnofuncionais*

#### 3.2.3.6.1 Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada pesando-se 2 g de amostra e colocando-a em uma proveta de 10 ml previamente tarada. A parte inferior da proveta foi suavemente batida 10 vezes até que não houvesse mais diminuição no nível da amostra. A razão entre a massa da amostra e seu volume foi considerada como densidade aparente (g/mL). As medições foram feitas em triplicata para cada amostra (Okezie; Bello, 1988).

#### 3.2.3.6.2 Capacidade de absorção de água (WAC) e óleo (OAC)

A determinação de WAC e OAC (óleo de soja Vitaliv, ADM) foi realizada de acordo com Chinma *et al.* (2009), com adaptações. Pesou-se 1g de amostra em tubos Falcon previamente tarados, posteriormente, foi adicionado 20 ml de água ou óleo (conforme cada caso). A mistura foi homogeneizada durante 1 min em alta velocidade em um agitador de tubos, depois foi deixada em repouso em temperatura ambiente por 30 min e centrifugada a 2600 rpm durante 30 min a 25 °C. Ao final da centrifugação, os tubos foram invertido e deixados por 1h para a remoção do sobrenadante e a água/óleo retida. Após a centrifugação foi considerada como água/óleo absorvida/o. Após esse período, os tubos foram pesados. A diferença de massa entre a quantidade inicial e final foi tomada como medida da absorção e expressa como quantidade de água /óleo (g) absorvido por g de amostra dada pela Eq. 1

$$\text{WAC ou OAC (g/g)} = (\text{Mf} - \text{Mi})/\text{Mi} \quad \text{Eq. 1}$$

No qual: WAC é a capacidade de absorção de água, OAC é a capacidade de absorção de óleo, Mf é a massa final do sedimento e Mi é a massa inicial da amostra.

#### 3.2.3.6.3 Solubilidade em água (WS)

A determinação do percentual de WS foi realizada conforme relatado por Kusumayanti *et al.* (2015), em que 0,5 g de amostra de farinha foi aquecida em 10 mL de água destilada e

mantidos a 60 °C em banho-maria por 30 min. Depois, a amostra foi centrifugada a 1600 rpm durante 10 min e uma alíquota do sobrenadante (5 mL) foi separado, seco (130 °C por 3 h) em estufa (FANEM, 315 SE, São Paulo) e pesado. A WS da farinha foi calculada de acordo com a Eq. 2 e os resultados foram expressos em % de solubilidade.

$$WS (\%) = \left( \frac{Ms}{Mf} \right) * 2 * 100 \quad \text{Eq. 2}$$

No qual: WS é solubilidade da farinha em água, Ms é a massa do sobrenadante seco e Mf a massa inicial da farinha.

#### 3.2.3.6.4 Poder de intumescimento (SP)

Para a determinação do SP, 0,1 g de amostra de farinha foi misturada com 10 mL de água destilada e aquecida a 90 °C por 1 h, com agitação constante. Em seguida, a suspensão foi resfriada rapidamente em banho de gelo até a temperatura equilibrar a 25 °C, posteriormente, foi centrifugada por 30 min a 1600 rpm e, em seguida, os sedimentos foram pesados. O poder de intumescimento foi calculado de acordo com as Eq. 3 e os resultados foram expressos em g/g (KUSUMAYANTI *et al.*, 2015).

$$SP (\text{g/g}) = Ms/Mi \quad \text{Eq. 3}$$

Em que: SP é o poder de intumescimento da farinha, Ms corresponde a massa de sedimento após a centrifugação e Mi a massa inicial da farinha.

#### 3.2.3.7 *Determinação dos compostos bioativos e Atividade Antioxidante Total (AAT)*

##### 3.2.3.7.1 Carotenoides Totais (CT)

O teor de carotenoides totais foi determinado conforme metodologia de Saric *et al.* (1967). Inicialmente, um extrato de farinha de tremoço foi preparado misturando 0,5 g de amostra e 85% de acetona na presença de pequenas quantidades de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> e quartzo de sílica e depois foi filtrado em papel de filtro. O resíduo foi lavado várias vezes com acetona até que o filtrado se tornasse incolor. O extrato foi completado até um volume de 50 ml. A determinação foi realizada utilizando um espectrofotômetro nos comprimentos de onda 660, 640 e 440 nm. A acetona 85% foi usada como branco. O conteúdo de carotenoides foi calculado

conforme as Eq. 4, Eq. 5 e Eq. 6 e os resultados foram expressos como mg de CT/ 100 g de farinha.

$$\text{Clorofila a (Ca)} = 9,784 * A660 - 0,99 * A640 \quad \text{Eq. 4}$$

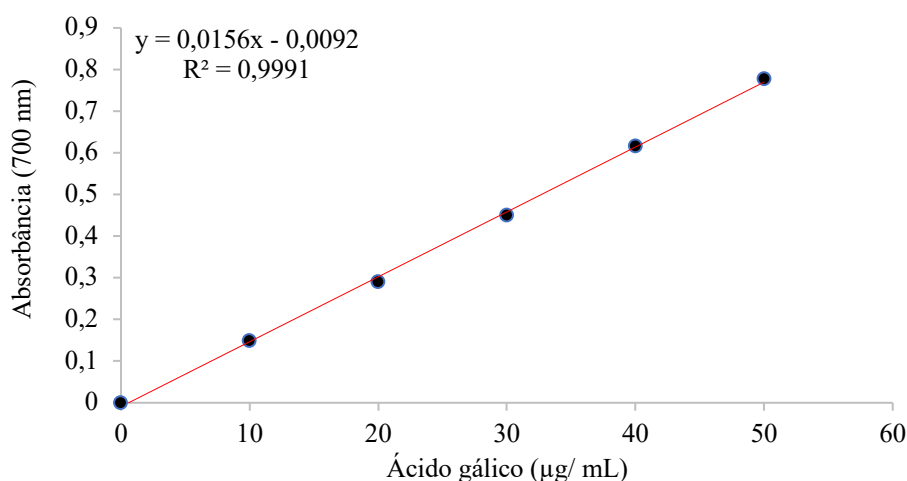
$$\text{Clorofila b (Cb)} = 21,426 * A640 - 4,65 * A660 \quad \text{Eq. 5}$$

$$\text{CT (mg/100g)} = 4,695 * A440 - 0,268 (Ca + Cb) \quad \text{Eq. 6}$$

### 3.2.3.7.2 Polifenóis Totais

O conteúdo de polifenóis totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu (Obanda; Owuor, 1997) adaptado por Rufino *et al.* (2006). Uma solução metanólica do extrato (amostra e metanol) na concentração de 5 g/ml foi usada na análise. A mistura reacional será preparada misturando-se 0,125 mL da solução metanólica do extrato, 0,5 mL do reagente a 10% dissolvido em água e 1 mL de NaHCO<sub>3</sub> a 7,5%. A leitura da absorbância foi realizada a 700 nm, sendo o ácido gálico usado como padrão (Figura 6) e os resultados expressos em mg/ 100 g de amostra.

Figura 6- Curva de calibração do ácido gálico.



Fonte: Autora (2024)

### 3.2.3.7.3 Flavonoides

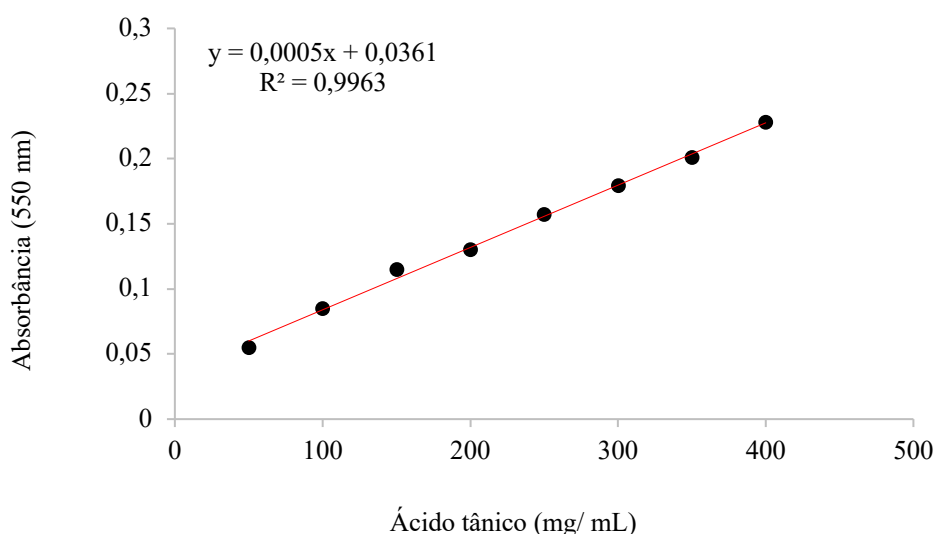
A determinação de flavonoides foi realizada segundo com metodologia de Francis (1982). Pesou-se 1g de amostra e dilui-se em 2 mL de água destilada. Em seguida, foi adicionado 30 mL de solução extratora (etanol 95% + HCl 1,5 mol.L<sup>-1</sup> (85:15)). O conteúdo foi transferido para balão volumétrico âmbar de 50 mL e aferido com solução extratora. Foi deixado em descanso por 24 h em geladeira. A leitura da absorbância realizada a 374 nm. Os cálculos foram feitos de acordo com a Eq. 7 e os resultados foram expressos em mg de FA/ 100 g de amostra.

$$\text{Flavonoides (mg/100 g)} = \text{Fator de diluição} * A_{374} / 76,6 \quad \text{Eq. 7}$$

#### 3.2.3.7.4 Taninos

Os taninos hidrolisáveis foram determinados através da metodologia de Bossu *et al.* (2006) com modificações. Para 3 mL de extrato metanólico da semente e farinha de tremoço na concentração de 10 mg/mL, foi adicionado 1 mL de uma solução saturada de iodeto de potássio e deixados em repouso à temperatura ambiente durante 40 min. Após esse período, as amostras foram centrifugadas a 4000 rpm por 4 min e, em seguida, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 550 nm. Os resultados foram expressos em miligrama de equivalente de ácido tânico por grama de amostra (mg /100g). A curva de calibração do ácido tânico foi realizada (Figura 7).

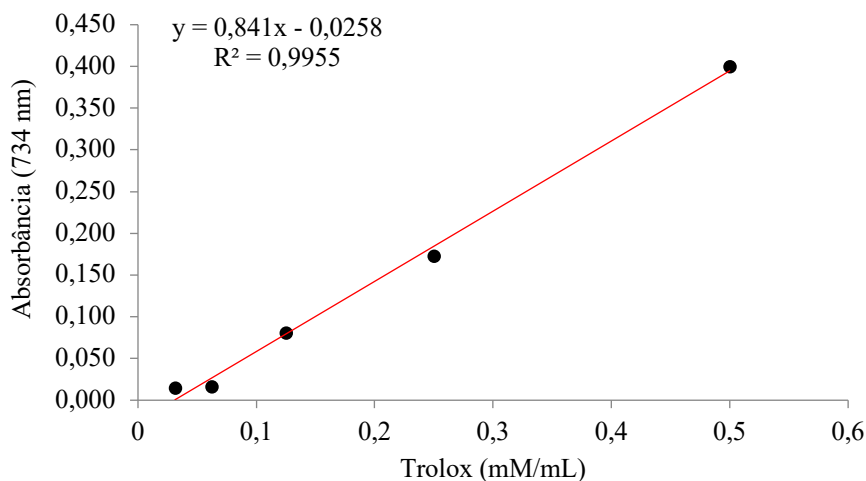
Figura 7- Curva de calibração do Ácido tânico.



### 3.2.3.7.5 Atividade Antioxidante Total (AAT)

A AAT foi determinada pelo método ABTS conforme metodologia de Re *et al.* (1999) adaptada por Lima (2008), utilizando método de oxidação do radical 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido-sulfônico (ABTS<sup>•+</sup>). O radical ABTS<sup>•+</sup> foi gerado a partir da reação de 7 mM de ABTS com 2,45 mM de persulfato de potássio, sendo reservados à temperatura ambiente e na ausência de luz por 16 h. Transcorrido esse período, a solução foi diluída em etanol P.A. até obter-se uma solução com absorvância de 0,70 ( $\pm 0,01$ ). Adicionou-se 40  $\mu$ L das amostras diluídas (em etanol) a 1960  $\mu$ L da solução contendo o radical, determinando-se a absorvância em espectrofotômetro a 734 nm, após 30 minutos de reação. Como solução padrão, usou-se o antioxidante sintético Trolox<sup>®</sup> análogo da vitamina E, para construção de uma curva de calibração (Figura 8). Todas as leituras foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox<sup>®</sup> (mM de Trolox) por 100 g de amostra.

Figura 8- Curva de calibração de inibição dos radical ABTS<sup>•+</sup> frente ao padrão Trolox.



Fonte: Autora (2024)

### 3.2.3.8 Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho (FTIR)

Os espectros das amostras foram obtidos em uma janela espectral de 400 a 4000  $\text{cm}^{-1}$  utilizando um Espectrofotômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) modelo 830 (Shimadzu, Tóquio, Japão), por meio da dispersão das amostras em pastilhas de

brometo de potássio (KBr). Para a tabulação de dados espectrais e confecção dos espectros de infravermelho empregou-se o software Origin Pro 9.0 (Northampton, USA).

### **3.2.3.9 Microestrutura**

#### **3.2.3.9.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

O estudo da microestrutura das farinhas de tremço processadas foi realizado através do equipamento de MEV (Inspect S50, FEI®). As amostras foram depositadas sobre fita adesiva de carbono e fixada em stubs metálicos. Os stubs contendo a amostra foram metalizados com ouro pelo sistema Quorum® Q150T ES. As imagens da microestrutura foram registradas utilizando um aumento de  $\times 5000$  a uma tensão de 15 KV.

### **3.2.4 Análise estatística**

Os resultados de todas as medidas foram apresentados como médias  $\pm$  desvios padrão apresentados em forma tabular e gráfica.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as diferenças entre os valores médios foram analisadas pelo teste de diferenças de Tukey ao nível de 5% de significância utilizando o software Statistic versão 10 (StatSoft. Inc., Tulsa, OK, USA).

Os resultados também foram avaliados através da análise multivariada usando software Oringin Pro (versão 2024, Massachusetts, EUA). Foi realizada análise de componentes principais com gráficos tri e bidimensionais das propriedades tecnofuncionais, antioxidantes e a análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para ter uma visão geral das diferenças e similaridades dos tratamentos nas características da farinha.

## **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.3.1 Propriedades físico-químicas e químicas da farinha de tremço**

Os tratamentos de sementes de leguminosas como maceração, imersão, tratamento térmico e germinação modificam as propriedades físico-química da farinha, dessa forma é fundamental conhecer a dimensão das alterações ocasionadas para prevê a qualidade de sistemas alimentares, conseqüentemente, do produto final elaborado (Carboni *et al.*, 2023).

Os tratamentos aplicados na semente de tremço e os impactos nas propriedades químicas e físico-químicas da farinha são apresentados na Tabela 4.



Tabela 4- Efeito de tratamentos nas propriedades químicas e físico-químicas da farinha de tremoço.

Análises	Tratamentos							
	S	C1	C2	Pr1	Pr2	Mw1	Mw2	G
<b>Umidade (%)</b>	6,36 ± 0,24 <sup>b</sup>	6,27 ± 0,04 <sup>b</sup>	7,39 ± 0,52 <sup>a</sup>	5,56 ± 0,07 <sup>c</sup>	5,57 ± 0,07 <sup>c</sup>	6,04 ± 0,04 <sup>bc</sup>	6,22 ± 0,07 <sup>b</sup>	5,45 ± 0,10 <sup>c</sup>
<b>Cinzas (%)</b>	3,00 ± 0,03 <sup>b</sup>	2,36 ± 0,03 <sup>c</sup>	1,72 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,86 ± 0,05 <sup>d</sup>	1,61 ± 0,02 <sup>f</sup>	1,93 ± 0,03 <sup>d</sup>	1,50 ± 0,04 <sup>g</sup>	3,11 ± 0,01 <sup>a</sup>
<b>Lipídios (%)</b>	13,38 ± 1,07 <sup>a</sup>	12,81 ± 0,26 <sup>ab</sup>	11,58 ± 0,74 <sup>b</sup>	12,52 ± 0,67 <sup>ab</sup>	13,61 ± 0,48 <sup>a</sup>	11,81 ± 0,22 <sup>ab</sup>	12,91 ± 0,36 <sup>ab</sup>	9,30 ± 0,18 <sup>c</sup>
<b>Proteínas (%)</b>	32,74 ± 0,37 <sup>c</sup>	33,46 ± 0,15 <sup>c</sup>	33,40 ± 1,00 <sup>c</sup>	36,44 ± 1,08 <sup>b</sup>	36,41 ± 0,75 <sup>b</sup>	36,12 ± 0,31 <sup>b</sup>	35,79 ± 0,27 <sup>b</sup>	42,01 ± 0,41 <sup>a</sup>
<b>Carboidratos (%)</b>	44,51 ± 1,48 <sup>ab</sup>	45,74 ± 0,21 <sup>a</sup>	45,28 ± 0,88 <sup>ab</sup>	43,63 ± 1,14 <sup>ab</sup>	43,17 ± 0,12 <sup>b</sup>	44,43 ± 0,40 <sup>ab</sup>	37,36 ± 0,42 <sup>d</sup>	40,13 ± 0,45 <sup>c</sup>
<b>DS (%)</b>	0,66 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,16 ± 0,02 <sup>e</sup>	2,25 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,72 ± 0,00 <sup>d</sup>	3,10 ± 0,11 <sup>a</sup>	1,04 ± 0,00 <sup>c</sup>	3,07 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,14 ± 0,00 <sup>e</sup>
<b>L*</b>	86,33 ± 0,87 <sup>a</sup>	87,15 ± 0,81 <sup>a</sup>	85,80 ± 0,26 <sup>a</sup>	83,81 ± 0,19 <sup>b</sup>	82,70 ± 1,16 <sup>b</sup>	82,95 ± 0,10 <sup>b</sup>	82,21 ± 0,93 <sup>b</sup>	85,70 ± 0,42 <sup>a</sup>
<b>a*</b>	1,51 ± 0,26 <sup>cb</sup>	1,23 ± 0,36 <sup>cb</sup>	0,71 ± 0,38 <sup>cd</sup>	3,56 ± 0,16 <sup>a</sup>	0,39 ± 0,18 <sup>cd</sup>	2,08 ± 0,64 <sup>b</sup>	0,10 ± 0,02 <sup>d</sup>	1,68 ± 0,07 <sup>c</sup>
<b>b*</b>	34,94 ± 0,24 <sup>cd</sup>	38,37 ± 0,23 <sup>b</sup>	36,12 ± 0,48 <sup>cd</sup>	41,12 ± 0,66 <sup>a</sup>	36,92 ± 0,27 <sup>d</sup>	41,21 ± 0,73 <sup>a</sup>	36,42 ± 0,31 <sup>d</sup>	38,54 ± 0,46 <sup>b</sup>

Fonte: Autora (2024)

S, semente de tremoço; C1, farinha de tremoço da semente inteira; C2, farinha de tremoço da semente macerada; Pr1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; Pr2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; Mw1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); Mw2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); G, farinha de tremoço da semente germinada; DS, amido danificado. Cada valor representa a média ± D.P de três repetições. Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p< 0,05).

O teor de umidade da semente de tremoço (S) foi de 6,36%. Estudos anteriores mostraram teor de umidade ligeiramente superior entre 8,70 e 8,90 % (Guillamón *et al.*, 2010; Klupsaite *et al.*, 2017). Neste estudo as sementes de tremoço foram adquiridas secas, isso explica o menor teor encontrado. Percebeu-se que a umidade da farinha não foi alterada com o tratamento C1 ( $p > 0,05$ ), mas aumentou significativamente com o tratamento C2 ( $p < 0,05$ ). A maceração da semente seguida de imersão no tratamento C2 aumentou a superfície de contato, facilitando a migração de água para o interior da semente. Por outro lado, no tratamento C1, o tegumento da semente intacto, tornou-se uma barreira à entrada de água.

Resultado semelhante foi relatado por Kumar *et al.* (2018), que verificaram que lentilhas com tegumentos tiveram menor grau de hidratação comparada a lentilhas maceradas. A aplicação dos tratamentos combinados Pr1 e Pr2, assim como a G, reduziram significativamente a umidade da farinha. O calor sob pressão pode levar à desnaturação de proteínas e com isso a diminuição de água livre disponível (Ungureanu-Iuga *et al.*, 2021). Durante a germinação a hidrólise de vários componentes (Choe *et al.*, 2022). O tratamento combinado Mw1 e Mw2 não modificou a umidade da farinha comparadas a S e C1 ( $p > 0,05$ ). Segundo Chandrasekaran *et al.* (2013), durante o aquecimento por micro-ondas o grande calor gerado em todo o volume da amostra resulta em gradiente de pressão interior. Isso cria um fluxo externo de vapor de água que escapa rapidamente reduzindo a umidade.

Todas as amostras apresentaram diferenças significativas nos valores de cinzas ( $p < 0,05$ ). Antes da aplicação dos tratamentos, o teor de cinzas da S era, aproximadamente, 3,00% e diminuiu significativamente após imersão em água para a semente inteira (C1) e ao ser imersa macerada (C2), essa redução foi potencializada ( $p < 0,05$ ). Sabe-se que a maceração ao reduzir o tamanho de partícula interrompe a integridade do tegumento, onde estão presentes o maior conteúdo de fibras e minerais que compõem as cinzas. Ao ser imersa em água ocorre lixiviação desse material, reduzindo o valor. Os resultados mostraram que os tratamentos combinados de maceração e calor (Pr2 e Mw2) foram os tratamentos que mais contribuíram na redução de cinzas ( $p < 0,05$ ). O aumento da superfície de contato somado ao calor aumentou a migração de micronutrientes durante o processo de cozimento contribuindo para a redução do teor de cinzas (Medhe *et al.*, 2023). Esses resultados estão de acordo com estudo anteriores (Medhe *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2010). Por outro lado, comparado aos demais tratamentos, houve um aumento significativamente de cinzas da farinha elaborada a partir do tratamento G ( $p < 0,05$ ). Isso pode ser explicado pelo fato que durante a germinação das leguminosas, de modo geral, ocorre a melhoria do perfil nutricional, incluindo o teor de minerais como sódio, magnésio, ferro e zinco (Perri *et al.*, 2021).

O teor de lipídios da S foi de 13,38%, com aplicação dos tratamentos térmicos, que não houve diferença significativa entre as amostras S, C, Pr e Mw ( $p > 0,05$ ). Semelhantemente, não houve modificação entre os tratamentos combinados (Pr1, Pr2, Mw1, Mw2) ( $p > 0,05$ ). Apesar do tratamento térmico destruir matéria orgânica, a gordura por ser hidrofóbica não foi lixiviada pela imersão, essa razão pode ter contribuído para a não redução do teor de gordura (Ezegbe *et al.*, 2023). Resultado semelhante foi obtido por El-Suhaibani, Ahmed e Osman (2020) para sementes de ervilha. O menor valor para a amostra G (9,30%) está associado a utilização de lipídios no metabolismo durante a germinação da semente. Segundo Chinma *et al.* (2009) a redução no teor de gordura em farinha germinada pode ser atribuída ao aumento das atividades das enzimas lipolíticas durante a germinação, que hidrolisam o componente de gordura em ácidos graxos e glicerol. Esses autores relataram diminuição considerável nos teores de lipídios em farinha de tiger germinada. Outros relatos reforçam a redução de lipídios em farinhas de leguminosas germinadas de feijão-caupi, lentilha e grão-de-bico (GHAVIDEL; PRAKASH, 2006; LIU, *et al.*, 2018). A redução de gordura através da germinação pode ser um tratamento aplicado em leguminosas, quando se deseja armazenar farinha por longo período de tempo.

O percentual de proteínas do tremoço encontrado nesse estudo (S) foi de 32,74% (Tabela 4), que é ligeiramente inferior ao relatado por Guillamón *et al.* (2010) e Klupsaite *et al.* (2017), que foi de 38,30 e 38,91%, respectivamente. No entanto, foi superior comparada a outras leguminosas como ervilhas (25,55%), feijão (24,20%), lentilha (22,45%) e grão de bico (19,66%) (El-Suhaibani; Ahmed; Osman, 2020; Liberal *et al.*, 2023; Ma *et al.*, 2011; Perera *et al.*, 2023). De acordo com Bähr *et al.* (2014), as sementes de tremoço contêm uma quantidade significativa de proteína, podendo ser consideradas como fonte valiosa de proteína vegetal a ser explorado de forma mais eficiente dentro da nutrição humana e animal. O teor de proteínas não foi alterado com a semente imersa inteira (C1) e nem a maceração (C2), mas foi melhorado de forma significativa após a aplicação dos tratamentos combinados (Pr1, Pr2, Mw1 e Mw2) ( $p < 0,05$ ). O maior teor de proteína observado nos tratamentos com aplicação de tratamento térmico em comparação com a S, C1 e C2 pode ser atribuído à eliminação de inibidores de proteína e à desnaturação de proteínas devido ao calor, facilitando o desdobramento das estruturas da globulina, tornando-as mais acessíveis. Esses resultados estão alinhados com pesquisa realizada anteriormente (Medhe *et al.*, 2023).

Os resultados mostraram que a farinha obtida pelo tratamento G foi a que apresentou maior teor proteico (42,01%) ( $p < 0,05$ ). Durante a germinação acontece hidrólise e síntese proteica, o que leva a um aumento no teor de proteína (Xu, *et al.*, 2017). Segundo Guzmán-

Ortiz *et al.* (2019), o aumento no teor de proteína após a germinação pode ser atribuído à geração de hormônios vegetais pela semente e / ou sua liberação durante a germinação, ativando e liberando proteínas funcionais, como amilolases, lipases e proteases. Estudo anterior relatou um aumento significativo no teor de proteínas de farinha obtida de semente germinada de feijão (Medhe *et al.*, 2022).

O teor de carboidrato da S foi, aproximadamente, de 44,51% (Tabela 4). A aplicação dos tratamentos para elaboração da farinha de tremoço, houve diferença significativa entre o teor de carboidrato entre as amostras ( $p < 0,05$ ). Comparado a amostra S com a G, observou-se uma diminuição na amostra G (40,13%), seguida da amostra Mw2 (35,79%). Durante a germinação, o broto precisa de energia para crescimento, dessa forma, o amido é hidrolisado resultando em diminuição de amido solúvel e aumento de dextrinas (Singh *et al.*, 2017). No tratamento Mw2, a maceração contribuiu para reduzir o valor de carboidrato e ao aplicar o tratamento térmico por micro-ondas (Mw) essa redução foi intensificada ( $p < 0,05$ ). Observou-se que esse comportamento não foi observado para as amostras submetidas a Mw1, Pr1 e Pr2. Esses resultados sugerem que a redução do tamanho das partículas aumentou a área de superfície total facilitando a distribuição de calor na semente, além disso, o calor por micro-ondas, ao contrário do aquecimento sob pressão (Pr), aqueceu o material diretamente, sendo a transferência de calor mais rápida e com isso maior poder de extração de carboidratos solúveis em água (Najib *et al.*, 2023).

O amido danificado (DS) é resultante da força mecânica e calor aplicado no processo de moagem. A diminuição do tamanho de partícula afeta a integridade do grânulo do amido ocasionando o dano (Lin *et al.*, 2021). Foi observado que as farinhas as quais as sementes foram previamente maceradas (C2, Pr2 e Mw2) apresentaram aumento significativo no teor de DS comparada as demais amostras de farinhas obtidas de semente inteira (C1, Pr1 e Mw1) ( $p < 0,05$ ). O dano mecânico dos grânulos de amido desencadeia dois fenômenos distintos, com a formação de fissuras ocorre a passagem de água nos grânulos e moléculas poliméricas do amido. Estes fragmentos podem intumescer facilmente com água, levando a formação de gel. Em segundo lugar, o dano mecânico despolimeriza as moléculas de amilopectina criando fragmentos solúveis em água de baixo peso molecular (Horstmann *et al.*, 2016). Foi percebido que o C1, comparado ao S, reduziu significativamente o aparecimento de DS na farinha ( $p < 0,05$ ). Isso mostra que a imersão da semente é suficiente para impedir a formação de DS em leguminosas. De acordo com Asmeda *et al.*, (2016), o tratamento de imersão antes da moagem difunde a água suavizando a compressão aplicada na semente durante a moagem, em consequência, o calor gerado é reduzido, causando menos danos aos grânulos de amido.

As variáveis de cor incluindo os valores  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  das farinhas de tremoço são apresentadas na Tabela 4. A cor da farinha de tremoço é descrita como amarelo pálido e está relacionada aos pigmentos da semente. Em geral, esses pigmentos são flavonóides e carotenóides, que exibem propriedade bioativa, como propriedade antioxidante (Liu *et al.*, 2018; Villarino *et al.*, 2015). As farinhas que foram tratadas com calor (Pr e Mw) tiveram significativamente o  $L^*$  mais baixo, mostrando-se, portanto, farinhas mais escuras ( $p < 0,05$ ). É provável que os pigmentos coloridos presentes no tegumento da semente tenham sido parcialmente dissolvidos pelo cozimento (Felker *et al.*, 2018). Além disso, o tratamento térmico leva ao escurecimento enzimático (reação de Maillard) e caramelização do açúcar, bem como à dextrinização do amido (Giannoutsos *et al.*, 2023). O  $a^*$  das farinhas mostrou que as amostras possuíam uma pequena tendência a cor vermelha. As farinhas submetidas aos tratamentos combinados Pr1 e Mw1 aumentaram significativamente os valores de  $a^*$ . O tegumento íntegro das sementes, pode ter favorecido na melhoria dessa variável. De forma semelhante, a aplicação do calor na semente inteira (Pr1 e Mw1) aumentou significativamente o  $b^*$ , indicando que esses tratamentos deixaram as farinhas com tendência ao amarelo mais intenso. Os resultados mostraram que a semente macerada, independente da aplicação de calor, diminuiu significativamente essa variável (C2, Pr2 e Mw2) ( $p < 0,05$ ), mostrando que a imersão realizada com semente macerada é responsável por perda de pigmentos da farinha.

### 3.3.2 Propriedades tecnofuncionais da farinha de tremoço

As propriedades tecnofuncionais dos alimentos são características relacionadas a funcionalidade de proteína e amido. Em consequência do processamento, pode ocorrer mudança de conformação, perda de estrutura, quebra de ligação nessas macromoléculas influenciando, portanto, propriedades como solubilidade, hidrofobicidade, capacidade de absorção e retenção de água/ óleo, viscosidade, capacidade emulsificante, formação de géis e espumas (Bou *et al.*, 2022; Espinosa-Ramírez *et al.*, 2021).

O efeito dos tratamentos aplicados na semente de tremoço em relação as propriedades tecnofuncionais da farinha é apresentado na Tabela 5. De acordo com Chinma *et al.* (2015), a densidade aparente é uma medida do peso das partículas de farinha e sua dispensabilidade. Os resultados mostraram que a densidade não foi afetada pelos tratamentos aplicados ( $p > 0,05$ ). Os valores encontrados variaram entre 0,37 (Mw2) a 0,42 g/mL (G), estando abaixo dos relatados para cultivares de lentilha e feijão, 0,86 e 0,68 g/mL, respectivamente. A densidade da farinha de tremoço, no entanto, apresentou valor próximo ao relatado para farinha de grão-

de-bico (0,53 g/mL) e farinha de ervilha (0,47 g/mL). Isso pode implicar no potencial que a farinha de tremoço pode ter na aplicação de alimentos complementares como formulações alimentares de desmame, nas quais requerem baixa densidade aparente para dispersão (Du *et al.*, 2014; Ghavidel; Prakash, 2006; Sreerama *et al.*, 2009).

A WAC de um ingrediente é uma propriedade funcional importante que indica a capacidade de um material de reter água na ausência de estresse. Ingredientes que possuem alta WAC exercem importante função em sistemas alimentares que requerem hidratação (CHENG; BHAT, 2016). A WAC da farinha de tremoço apresentada nesse estudo variou entre 2,13 g/g (G) a 3,08 g/g (Mw2). Esses valores estão acima dos relatados para grão de bico (1,28 g/g), feijão (1,53 g/g) e amendoim (1,20 g/g). A WAC é uma propriedade influenciada pela presença/ausência de compostos polares. Proporções de componentes individuais, polares e não polares, no meio podem depender do tipo de semente, maturidade, condições de crescimento, armazenamento e transporte experimentado (Gupta *et al.*, 2018).

Os tratamentos combinados de maceração e tratamento térmico (Pr2 e Mw2) aumentaram significativamente a WAC das farinhas ( $p < 0,05$ ). Isso pode ser atribuído ao maior conteúdo de DS encontrados nessas amostras (Tabela 4). Sabe-se que o DS pode absorver duas a três vezes mais água do que o amido não danificado (Cauvain, 2017). A aplicação de calor nas sementes maceradas com regiões mais expostas pode ter favorecido a gelatinização do amido durante o tratamento. Outra hipótese, é que a maceração da semente antes do tratamento térmico pode ter favorecido a perda de estrutura de proteínas, aumentando os sítios de ligação à água e, por consequência, aumentando a WAC nas farinhas cujas sementes aplicou-se Pr2 e Mw2 (Chinma *et al.*, 2021). Esse resultado está de acordo com o encontrado para farinha de feijão que foi produzida a partir de feijão submetido a maceração e tratamento térmico (Choe *et al.*, 2022). Estudo anterior relatou que farinhas de lentilha tratada com calor em micro-ondas tiveram WAC 2,0–2,8 vezes WAC maior em comparação com as farinhas de lentilha tratada em forno (Mazi *et al.*, 2023). A melhoria WAC nas farinhas submetidas a Pr2 e Mw2 nesse estudo sugere que essas farinhas podem ter um desempenho melhor no preparo de produtos de panificação em que a hidratação da farinha é necessária. Avaliando as farinhas nas quais a semente não foi submetida a tratamento térmico (C1, C2 e G), percebeu-se que a maceração isoladamente aumentou significativamente a WAC da farinha ( $p < 0,05$ ). O aumento da WAC observado na farinha tratada C2 pode ser devido à mudança na qualidade da proteína e amido relatados anteriormente. A semente ao ser macerada reduz esses polímeros à unidades menores com cadeias laterais livres no local de ligação (Chinma *et al.*, 2009). Isso mostra que

para preparações de alimentos que requerem hidratação essa técnica simples de preparo de farinha pode ser aplicada.

A OAC é importante na seleção de farinha de semente para preparações de alimentos fritos. Farinhas com OAC baixo pode ser usada em produtos fritos para fornecer um teor reduzido de gordura e caloria. Por outro lado, farinha com elevada OAC podem funcionar como importante estabilizadores de sistemas alimentares com alto teor de gordura como bolos, maionese e molhos para saladas (Aydin; Gocmen, 2015; Gupta *et al.*, 2018). A OAC da S foi de 1,40 g/g para 1,65 g/g quando a semente foi submetida ao tratamento C2 (Tabela 5), registrando um aumento significativo ( $p < 0,05$ ). Isso pode ser devido ao fato da maceração, ao reduzir o tamanho das partículas, mudar a conformação de proteínas deixando grupos lipofílios livres com capacidade de reter glóbulos de gordura (DU *et al.*, 2014). Dentre os tratamentos térmicos, as farinhas em que se aplicaram Pr obtiveram maiores valores de OAC ( $p < 0,05$ ). Chapleau; Lamballerie-Anton, (2003) relataram propriedades emulsificantes de proteínas de tremoço submetido a tratamento térmico sob pressão. As proteínas ao ser desnaturadas deixam disponíveis pontos hidrofóbicos livres para ligação. Foi observado também uma diminuição significativa na OAC nas farinhas tratadas com Mw1 e Mw2 (1,19 e 1,20 g/g, respectivamente) ( $p < 0,05$ ). O fato do aquecimento por micro-ondas gerar energia e movimento das moléculas de água no interior da farinha pode ter favorecido a desnaturação de proteínas com sítios hidrofóbicos (Bou *et al.*, 2022). Outra hipótese seria que, diferente do aquecimento sob pressão em que o aquecimento se dá por convecção, no micro-ondas o aquecimento acontece em partes no interior do alimento. Isso pode ter dificultado a absorção de óleo através das interações capilares dentro da matriz alimentar não permitindo, portanto, a absorção através de cadeias laterais não polares disponíveis dentro da matriz da farinha (Chandrasekaran; Ramanathan; Basak, 2013; Chinma *et al.*, 2021; Du *et al.*, 2014).

O WS indica a solubilidade das moléculas em água. Os resultados mostraram que houve diferença significativamente entre as farinhas ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5). A WS variou de 11,98 a 1,98 %, no qual o maior valor foi obtido na farinha G e o menor valor foi encontrado na farinha Pr1. De modo geral, a farinhas C2 apresentou aumento significativo de WS ( $p < 0,05$ ). O mesmo comportamento não foi verificado na farinha C1, mostrando que a maceração melhorou a WS da farinha. Foi percebido que ambos os tratamentos térmicos aplicados (Pr e Mw) diminuíram significativamente a WS das farinhas ( $p < 0,05$ ). A farinha tratada por Pr1 teve maior impacto na redução da WS ( $p < 0,05$ ). No entanto, foi observado que aplicação do tratamento sob pressão na semente de tremoço macerada (Pr2), aumentou significativamente a WS ( $p < 0,05$ ). Por outro lado, o mesmo comportamento não foi observado na farinha Mw2, a

maceração não interferiu na WS da farinha pois não houve diferença significativa entre Mw1 e Mw2 ( $p > 0,05$ ). Em estudo realizado por Araoye *et al.* (2024), foi observado que o aumento da WS da farinha de feijão era proporcional ao aumento da temperatura. Como a farinha de tremço possui baixa concentração de amido e elevado teor de proteínas (Tabela 4), os resultados nesse estudo sugerem que o tratamento sob pressão ao alcançar maior temperatura favoreceu a agregação de proteínas, no entanto, a maceração aplicada diminuiu a intensidade dessa agregação melhorando, portanto, a WS (Bou *et al.*, 2022; Linsberger-Martin *et al.*, 2013; Zhou *et al.*, 2019).

O SP está relacionado à gelatinização do amido em que a fração de amilopectina tem papel importante. Com o incremento de temperatura, as moléculas de amido absorvem água e incham, levando a uma subsequente desintegração de grânulos de amido e lixiviação para a solução. Portanto, o SP depende da capacidade de hidratação do amido disponível, pois consiste em estruturas ramificadas tridimensionais para facilitar a retenção de água (Hettiarachchi; Gunathilake, 2023; Wani *et al.*, 2020). A Tabela 5 mostra o poder de intumescimento (SP) da farinha de tremço obtidas após os tratamentos aplicados. O SP da S foi de  $6,79 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$ , próximo da faixa relatada para farinha de grão de bico ( $6,13 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) e superior ao valor determinado para farinha de feijão ( $4,09 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) (DU *et al.*, 2014). Essa divergência de SP de diferentes tipos de leguminosas pode ser explicada pela diferença de composição química que podem interferir no grau de interação com a água.

Os resultados revelaram que não houve diferença significativa entre as farinhas as quais não foram aplicadas tratamento térmico (C1, C2 e G) ( $p > 0,05$ ). Isso pode ter ocorrido pelo baixo teor de amido característico na farinha de tremço (Calabrò *et al.*, 2015; Pelgrom *et al.*, 2015). Comparando as farinhas que receberam tratamento combinado, foi verificado que o tratamento Mw2 reduziu o SP da farinha ( $p < 0,05$ ). Possivelmente devido ao pouco amido presente ter sido danificado pelo tratamento, como relatado anteriormente (Tabela 4).

Tabela 5- Efeito de tratamentos nas propriedades tecnofuncionais da farinha de tremço.

Análises	Tratamentos							
	S	C1	C2	Pr1	Pr2	Mw1	Mw2	G
Densidade aparente ( $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )	$0,38 \pm 0,01$ <sup>ab</sup>	$0,40 \pm 0,01$ <sup>ab</sup>	$0,39 \pm 0,00$ <sup>ab</sup>	$0,38 \pm 0,01$ <sup>b</sup>	$0,41 \pm 0,01$ <sup>ab</sup>	$0,40 \pm 0,01$ <sup>ab</sup>	$0,37 \pm 0,00$ <sup>b</sup>	$0,42 \pm 0,02$ <sup>a</sup>
WAC ( $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	$2,15 \pm 0,09$ <sup>d</sup>	$2,19 \pm 0,05$ <sup>cd</sup>	$2,35 \pm 0,06$ <sup>c</sup>	$2,83 \pm 0,09$ <sup>b</sup>	$3,22 \pm 0,04$ <sup>a</sup>	$2,89 \pm 0,03$ <sup>b</sup>	$3,08 \pm 0,03$ <sup>a</sup>	$2,13 \pm 0,04$ <sup>d</sup>



OAC (g.g <sup>-1</sup> )	1,40 ±	1,56 ±	1,65 ±	1,48 ±	1,49 ±	1,19 ±	1,20 ±	1,23 ±
	0,02 <sup>bc</sup>	0,08 <sup>ab</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,04 <sup>ab</sup>	0,06 <sup>ab</sup>	0,06 <sup>d</sup>	0,07 <sup>d</sup>	0,04 <sup>cd</sup>
WS (%)	11,21 ±	7,68 ±	13,52 ±	1,98 ±	4,50 ±	3,21 ±	4,21 ±	11,98 ±
	0,55 <sup>b</sup>	0,54 <sup>c</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,08 <sup>f</sup>	0,50 <sup>d</sup>	0,59 <sup>e</sup>	0,17 <sup>de</sup>	0,45 <sup>b</sup>
SP (g.g <sup>-1</sup> )	6,79 ±	6,31 ±	6,71 ±	6,38 ±	6,54 ±	6,55 ±	5,48 ±	5,61 ±
	0,11 <sup>a</sup>	0,19 <sup>ab</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,31 <sup>ab</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,24 <sup>c</sup>	0,12 <sup>bc</sup>

Fonte: Autora (2024)

WAC, capacidade de absorção de água; OAC, capacidade de absorção de óleo; WS, solubilidade em água; SP, poder de intumescimento; S, semente de tremoço; C1, farinha de tremoço da semente inteira; C2, farinha de tremoço da semente macerada; Pr1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida sob pressão (1 atm, ~120 °C) por 25 min; Pr2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida sob pressão (1 atm, ~120 °C) por 25 min; Mw1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); Mw2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); G, farinha de tremoço da semente germinada. Cada valor representa a média ± D.P de três repetições. Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p< 0,05).

### 3.3.3 Propriedades antioxidantes da farinha de tremoço

Os antioxidantes inibem o dano oxidativo das células induzido por radicais livres. Este dano está envolvido em diversas patologias humanas, incluindo doenças cardiovasculares e neurodegenerativas. Dessa forma, a determinação de compostos antioxidantes de farinhas após o processamento é uma forma de contribuir para coletar dados mais próximos do produto final (Giangrieco *et al.*, 2022).

O tremoço é uma excelente fonte de fitoquímicos bioativos, incluindo polifenóis, carotenóides e flavonóides, tornando-se um ingrediente de interesse para a indústria alimentícia (Khan *et al.*, 2015). Os compostos antioxidantes da farinha de tremoço estão apresentados na Tabela 6. Os tratamentos aplicados na semente de tremoço modificaram significativamente o teor de compostos antioxidantes (p<0,05). A S apresentou um teor de polifenóis totais de 98,37 mg.100g<sup>-1</sup>. Esse teor foi semelhante ao achado por Rumiya *et al.* (2013), que encontrou uma concentração de 95,40 mg.100g<sup>-1</sup> de polifenóis totais na semente de tremoço doce. No entanto, comparado a outras leguminosas como lentilha (25,87 mg.100g<sup>-1</sup>), grão de bico (20,50 mg.100g<sup>-1</sup>) e feijão (18,10 mg.100g<sup>-1</sup>), a concentração de polifenóis totais determinada em nosso estudo foi superior (Kalogeropoulos *et al.*, 2010). Os resultados obtidos indicam que todos os tratamentos reduziram de forma significativa o teor de polifenóis da farinha (p<0,05). O tratamento C2 reduziu, aproximadamente, 2 vezes a concentração de polifenóis inicial da S,

mostrando que a maceração e imersão, particulou e lixiviou, os polifenóis presente no tegumento da semente, aumentando a perda desse composto.

Tabela 6- Efeito de tratamentos nas propriedades antioxidantes da farinha de tremoço.

Análises	Tratamentos							
	S	C1	C2	Pr1	Pr2	Mw1	Mw2	G
<b>Polifenóis totais (mg. 100 g<sup>-1</sup>)</b>	98,37 ± 2,44 <sup>a</sup>	67,31 ± 1,16 <sup>c</sup>	41,83 ± 1,42 <sup>e</sup>	39,95 ± 1,30 <sup>e</sup>	26,97 ± 2,27 <sup>f</sup>	55,44 ± 0,78 <sup>d</sup>	52,85 ± 0,65 <sup>d</sup>	91,67 ± 1,67 <sup>b</sup>
<b>Flavonoides (mg. 100 g<sup>-1</sup>)</b>	38,26 ± 1,49 <sup>b</sup>	34,91 ± 0,27 <sup>b</sup>	29,21 ± 1,83 <sup>c</sup>	24,03 ± 0,96 <sup>d</sup>	9,28 ± 1,27 <sup>f</sup>	15,42 ± 1,31 <sup>e</sup>	13,41 ± 1,34 <sup>ef</sup>	43,08 ± 3,19 <sup>a</sup>
<b>Carotenoides (mg. 100 g<sup>-1</sup>)</b>	17,54 ± 0,09 <sup>b</sup>	18,66 ± 0,20 <sup>a</sup>	12,41 ± 0,07 <sup>d</sup>	17,45 ± 0,12 <sup>b</sup>	10,49 ± 0,16 <sup>c</sup>	17,02 ± 0,24 <sup>b</sup>	14,38 ± 0,31 <sup>c</sup>	18,69 ± 0,23 <sup>a</sup>
<b>Taninos (mg.100g<sup>-1</sup>)</b>	9841,90 ± 2,38 <sup>a</sup>	7513,80 ± 6,08 <sup>b</sup>	3139,09 ± 8,26 <sup>c</sup>	323,22 ± 6,63 <sup>g</sup>	164,23 ± 5,58 <sup>h</sup>	1810,29 ± 9,61 <sup>d</sup>	1596,77 ± 7,55 <sup>f</sup>	1725,60 ± 10,30 <sup>e</sup>
<b>AAT (10<sup>-4</sup> μM Trolox. 100 g<sup>-1</sup>)</b>	16,13 ± 0,12 <sup>a</sup>	3,80 ± 0,10 <sup>e</sup>	3,73 ± 0,15 <sup>e</sup>	3,90 ± 0,00 <sup>e</sup>	2,26 ± 0,06 <sup>f</sup>	7,60 ± 0,17 <sup>c</sup>	6,10 ± 0,10 <sup>d</sup>	12,13 ± 0,29 <sup>b</sup>

Fonte: Autora (2024)

AAT, atividade antioxidante total pelo método ABTS; S, semente de tremoço; C1, farinha de tremoço da semente inteira; C2, farinha de tremoço da semente macerada; Pr1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida sob pressão (1 atm, ~120 °C) por 25 min; Pr2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; Mw1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); Mw2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); G, farinha de tremoço da semente germinada. Cada valor representa a média ± D.P de três repetições. Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Segundo Nicolás-García *et al.* (2021), os fenólicos estão distribuídos principalmente no tegumento na semente, ligados à componentes da parede celular como celulose, hemicelulose, lignina e pectina. Foi percebido também que o tratamento térmico sob Pr foi o tratamento que mais impactou na redução do conteúdo de polifenóis totais (p<0,05). O Pr1 reduziu 2,5 vezes e o Pr2 3,7 vezes o valor inicial de polifenóis da semente. Kalogeropoulos *et al.* (2010) reportaram valores inferiores de polifenóis em ervilhas e lentilhas cozidas sob pressão. Os autores justificaram que a imersão e fervura das leguminosas, resultou na lixiviação parcial e na deterioração térmica/oxidativa dos fenólicos. O tratamento térmico por Mw também reduziu significativamente o conteúdo de polifenóis totais da farinha, porém essa redução foi menor

compara ao tratamento sob Pr ( $p < 0,05$ ). O calor sob Pr atinge temperaturas maiores comparada ao Mw (120 °C) destruindo com mais intensidade compostos termolábeis, como os polifenóis. Outro aspecto fundamental que pode ter influenciado na diferença de polifenóis totais encontrado nesses tratamentos, é o mecanismos de transferência de calor. No aquecimento sob Pr, o calor foi conduzido da superfície para o centro da semente atingindo temperaturas mais elevadas na superfície, enquanto que no tratamento térmico sobre Mw, a geração de calor ocorreu no interior (Najib *et al.*, 2023). A farinha germinada foi a amostra com maior teor de polifenóis ( $p < 0,05$ ). A germinação modifica a composição polifenólica quantitativa e qualitativa das sementes de tremoço (Dueñas *et al.*, 2009). Resultado semelhante foi observado em farinha de tremoço obtida de semente germinada (Rumiyati *et al.*, 2013).

Conforme mostrado na Tabela 6, a farinha submetida a G apresentou os maiores teores de flavonóides comparados com outros tratamentos ( $p < 0,05$ ). Na germinação, há liberação e biossíntese de compostos, portanto este bioprocessos pode ser considerado uma forma eficiente para aumentar a concentração de flavonóides (Stanisavljević *et al.*, 2013). Esse resultado foi consistente com os relatados por Dueñas *et al.* (2009) que verificaram que durante a germinação, as sementes de tremoço (*Lupinus angostifolius* var. Zapatón) aumentaram significativamente o conteúdo de flavonóides. Os autores identificaram a presença de um número elevado de isoflavonas, como a genisteína, um fitoestrogênio relacionado à redução do risco de doenças cardiovasculares e câncer, principalmente câncer de mama e de próstata.

A concentração de flavonóides foi reduzida de 38,26 mg. 100 g<sup>-1</sup> na amostra S para 29,21 26 mg. 100 g<sup>-1</sup> na amostra C2. Mostrando que a maceração impactou para a redução desse composto, facilitando a lixiviação. O tratamento Mw1 impactou mais na redução de flavonóides que o tratamento térmico Pr1 ( $p < 0,05$ ), provavelmente devido à forma que o calor é conduzido na semente inteira, ocorrendo de dentro para fora no Mw e atingindo temperatura uniformemente mais rápida. Isso poderia ter facilitado maior grau de desnaturação. Quando se aplicou o tratamento térmico Pr2 e Mw2 na semente, foi percebido que ambos os tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si ( $p > 0,05$ ). Nesse caso, como a semente de tremoço estava em tamanho menor (macerada), o calor de ambos os tratamentos foram igualmente distribuídos.

Os dados sobre o efeito dos tratamentos no teor de carotenóides das farinhas estão apresentados na Tabela 6. O conteúdo inicial de carotenóides na S de tremoço foi de 18,69 mg. 100 g<sup>-1</sup>, esse valor foi superior aos relatados para outras espécies de tremoço como o tremoço andino (*L. mutabilis*) e tremoço amarelo (*L. luteus*), que apresentaram 0,14 mg. 100 g<sup>-1</sup> e 0,41 mg. 100 g<sup>-1</sup> de carotenóides totais, respectivamente (Brandolini *et al.*, 2022). A variação

nesses resultados ocorre pela diferença de espécie e ambiente, como solo e clima (Berru *et al.*, 2021). As farinhas C1 e G apresentaram um aumento significativo de carotenóides ( $p < 0,05$ ). Segundo Beta e Hwang (2018), a umidade é um fator que influencia no conteúdo de carotenóides uma vez que estes estão ligados a polissacarídeos na forma de complexo. Isso poderia explicar o maior valor de carotenóides apresentado na farinha C1, uma vez que a imersão da semente poderia ter aumentado a umidade e dessa forma, a competitividade dos polissacarídeos pela água, liberando assim os carotenóides ligados. Outros autores também apresentaram resultados similares quanto às farinhas germinadas, Khattak *et al.* (2008), por exemplo, relataram aumento no valor de carotenóides em grão de bico depois de germinados.

Os menores teores de carotenóides foram obtidos nas farinhas em que a maceração foi aplicada (C2, Pr2, Mw2). Contrariamente a isso, foi verificado que as farinhas em que o tratamento combinado de semente inteira com aplicação de tratamento térmico (Pr1 e Mw1) conseguiram reduzir a perda de carotenóides na farinha comparada ao tratamento com maceração ( $p < 0,05$ ). Apesar de ser um composto sensível ao calor, provavelmente a retenção de carotenóides nesses tratamentos, foi influenciada pela natureza lipofílica e pela manutenção da integralidade da semente durante o aquecimento, dificultando a solubilização e impedindo a perda (Beta; Hwang, 2018; Brandolini *et al.*, 2018).

O tremoço contém altos níveis de taninos, sendo associados a gosto desagradáveis e sabor adstringente, além disso, é considerado um fator antinutricional que se liga a proteínas tornando-as indisponíveis, diminuindo, portanto, a sua digestibilidade. Assim, é desejável sua eliminação na preparação de farinha de tremoço (Abbas; Ahmad, 2018; Higashijima *et al.*, 2020; Khan *et al.*, 2015). Os resultados obtidos mostraram que o conteúdo de taninos foram significativamente reduzidos com aplicação dos tratamentos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 6). A farinha C1 foi reduzida em 1,3 vezes e a farinha C2 em 3 vezes em relação ao conteúdo inicial de taninos (S). Isso demonstra que imersão da semente inteira ajudou na redução de taninos da farinha, porém a concentração final ainda foi elevada (7513,80 mg. 100 g<sup>-1</sup>). Por outro lado, a imersão com a semente macerada (tratamento C2), intensificou o grau de perda, reduzindo de forma mais efetiva (3139,09 mg. 100 g<sup>-1</sup>). Uma das razões do tratamento de leguminosas é a redução de fatores antinutricionais, como os taninos, a níveis significativos afim de diminuir os desconfortos durante a digestão (Nicolás-García *et al.*, 2021). A imersão é reconhecida por ser uma técnica que reduz os fatores antinutricionais (Kumar, *et al.*, 2019)

Com relação aos tratamentos combinados, percebeu-se que os tratamentos Pr1 e Pr2 foram significativamente mais efetivos na diminuição final de taninos em comparação aos tratamentos Mw1 e Mw2, reduzindo substancialmente em 30 e 60 vezes, respectivamente, os

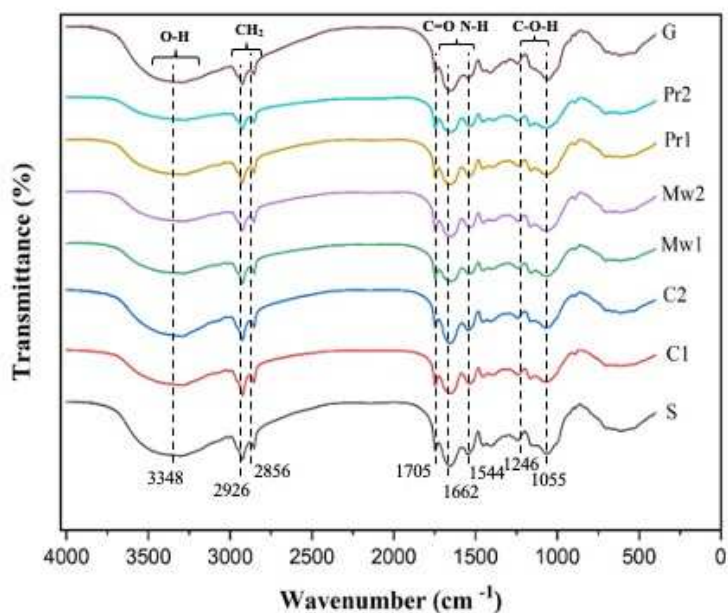
níveis de taninos. Os taninos são termolábeis, sendo assim eliminados pelo tratamento com alta temperatura, como o tratamento sob Pr atingiu temperatura mais elevada (120 °C) isso impactou mais no teor apresentado (Nartea *et al.*, 2023). Estudo anterior demonstrou que o cozimento sob pressão foi mais efetivo na redução de níveis de taninos em vagens de feijão-caupi comparado a cozimento sob fervura (Deol; Bains, 2010).

A AAT seguiu a mesma tendência discutida para polifenóis, flavonóides e carotenóides (Tabela 6). A farinha G apresentou AAT significativamente superior ( $p < 0,05$ ), porém houve redução significativa quando a semente de tremoço foi submetida a maceração (C2), quando foi aplicado tratamento térmico na semente inteira (Pr1 e Mw1) e intensificado na semente macerada (PR2 e Mw2). Conforme relatado anteriormente, a farinha G foi a amostra que apresentou maior quantidade de polifenóis totais, flavonóides e carotenóides, induzindo, portanto, no maior valor de AAT. Semelhantemente, como nas demais amostras o conteúdo desses compostos foram reduzidos com a aplicação dos tratamentos, isso impactou no menor resultado de AAT encontrado. Outros estudos corroboraram com os nossos resultados em que a germinação mostrou-se um método eficaz para aumentar a AAT de leguminosas como lentilha, ervilha e feijão (Medhe *et al.*, 2022; Świeca *et al.*, 2012).

### **3.3.4 Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)**

A técnica de espectroscopia na região do infravermelho possibilita informações químicas a nível molecular de farinhas, fornecendo informações sobre as possíveis diferenças/semelhanças entre os grupos funcionais presentes nas amostras. Esses grupos funcionais podem identificar macromoléculas presente como proteína, carboidratos, lipídios, fenólicos e etc. (Oladimeji; Adebo, 2024). A análise de espectroscopia infravermelha de transformada de Fourier (FTIR) foi realizada para observar o efeito dos tratamentos nas amostras de farinha de tremoço, afim de compreender as modificações nas propriedades nutricionais (Figura 9).

Figura 9- Espectros de infravermelho de farinhas de trevoço na região 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$



Fonte: Autora (2024)

S, semente de trevoço; C1, farinha de trevoço da semente inteira; C2, farinha de trevoço da semente macerada; Pr1, farinha de trevoço da semente inteira e cozida sob pressão (1 atm,  $\sim 120^\circ\text{C}$ ) por 25 min; Pr2, farinha de trevoço da semente macerada e cozida sob pressão (1 atm,  $\sim 120^\circ\text{C}$ ) por 25 min; Mw1, farinha de trevoço da semente inteira e cozida em micro-ondas ( $100^\circ\text{C}/45$  min); Mw2, farinha de trevoço da semente macerada e cozida em micro-ondas ( $100^\circ\text{C}/45$  min); G, farinha de trevoço da semente germinada.

Dentro da faixa espectral estudada ( $4000\text{-}500\text{ cm}^{-1}$ ), houve vários picos que correspondem às diferentes ligações moleculares de compostos químicos que interagiram com a radiação infravermelha. Verificou-se que as farinhas manifestaram perfil espectral similar, havendo no entanto, diferenças na intensidade de transmitância. O pico mais largo foi percebido em  $3348\text{ cm}^{-1}$  que corresponde a vibração de alongamento do grupo hidroxil (O-H) (JADDU *et al.*, 2022; WANI *et al.*, 2020). De acordo com Carbas *et al.* (2020) essa região espectral corresponde a compostos distintos, uma vez que os grupos hidroxílicos estão presentes em diversas moléculas biológicas. Foi observado que a intensidade nessa região do espectro da amostra G foi semelhante a S e as amostras Pr2 e Mw2 foram as que mais diminuíram a intensidade, mostrando picos achatados. O pico nessa região foi detectado anteriormente por Medhe *et al.* (2023) em farinha de feijão.

Os espectros obtidos na faixa espectral entre  $3000\text{ e }2800\text{ cm}^{-1}$  corresponde a compostos lipídicos, devido às vibrações produzidas por grupos C-H de triglicerídeos que podem incluir CH, CH<sub>2</sub> ou CH<sub>3</sub> (Upadhyay *et al.*, 2018). Nesse estudo, especificamente, os picos foram registrados na região de  $2926\text{ e }2856\text{ cm}^{-1}$ , característicos de ligação CH<sub>2</sub>. A amostra S mostrou

pico de intensidade maior, sendo reduzido à medida da aplicação dos tratamentos, refoçando que os tratamentos aplicados na semente de tremoço modificou a quantidade de lipídios da farinha. Da mesma forma, Medhe *et al.* (2023) encontraram picos na faixa espectral de 3050-2800  $\text{cm}^{-1}$  para amostra de farinha de feijão, os autores atribuíram a existência de padrões vibracionais decorrentes do alongamento das ligações -C-H assimétricas e simétricas em triglicerídios.

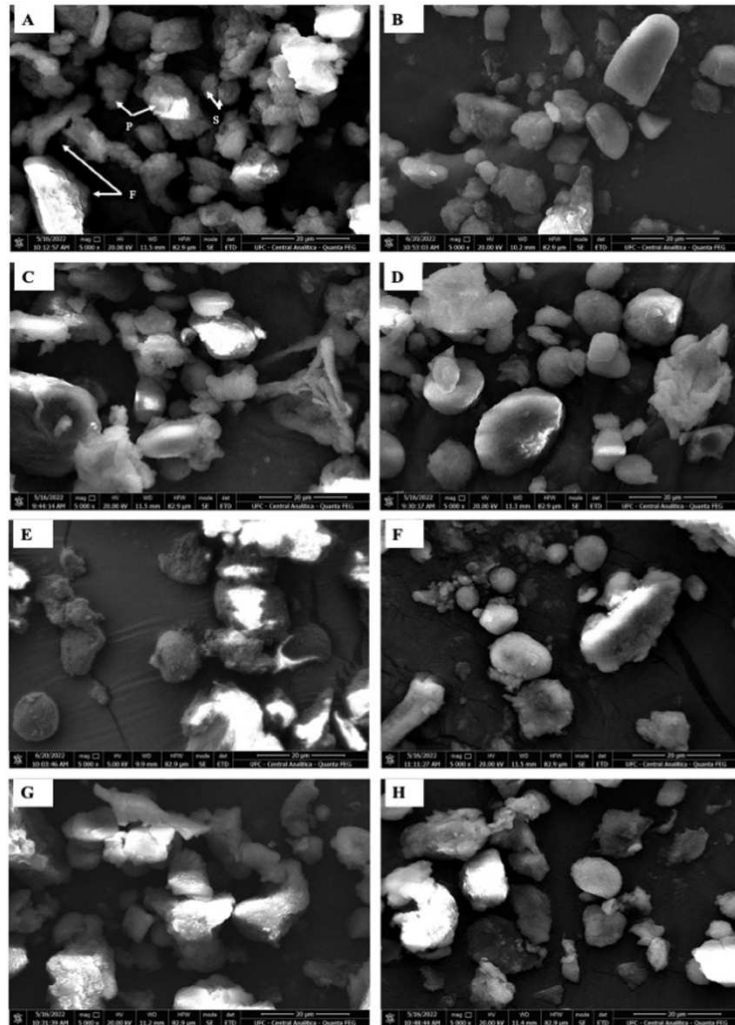
Outros picos dentro da faixa espectral entre 1705 e 1544  $\text{cm}^{-1}$  foram registrados, correspondente a vibrações de grupos C=O e N-H, tendo as características de bandas de amida primária e amida secundária de proteínas (Medhe *et al.*, 2022). Ao analisar os espectros de transmitância, pode-se observar que a intensidade do pico foi maior na amostra G, confirmando o aumento no teor de proteína encontrado nessa amostra. Por outro lado, nas farinhas Pr1, Pr2, Mw1 e Mw2, observou-se menor intensidade, indicando a ocorrência da hidrólise de proteínas por quebra das ligações peptídicas nesses tratamentos, o que está de acordo com os resultados obtidos anteriormente (Tabela 5). Outros autores mostraram que o processamento térmico em sementes de legumionosas para a elaboração de farinha está positivamente correlacionado com a desnaturação de proteínas (Chávez-Murillo *et al.*, 2018; Rosa-Millán *et al.*, 2018).

Todas as amostras de farinha apresentaram bandas espectrais no intervalo entre 1246 e 1055  $\text{cm}^{-1}$ . O aparecimento de bandas nesta região do espectro de infravermelho é referente às vibrações de deformação axial em grupamentos O-C-H e para as deformações axiais em C-O observadas em álcoois primários e secundários, sendo estes padrões atribuídos a presença de carboidratos nas amostras (Andrade *et al.*, 2019).

### 3.3.5 Microestrutura

As imagens das farinhas após aplicação dos tratamentos foram registradas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e estão apresentadas na Figura 10.

Figura 10- Micrografias das farinhas de tremoço após aplicação de tratamentos.



Fonte: Autora (2024).

(A) S, semente de tremoço; (B) G, farinha de tremoço da semente germinada; (C) C1, farinha de tremoço da semente inteira; (D) C2, farinha de tremoço da semente macerada; (E) Pr1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; (F) Pr2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; (G) Mw1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); (H) Mw2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min) ampliada 5000 x. As setas identificam (S) amido, (P) proteína, e (F) fibra.

Na semente de tremoço (S), as setas identificam microestruturas arredondadas característica de grânulos de amido fixada em uma matriz de proteínas aderida ao grânulo e fragmentos de fibras. (Figura 10A). As observações realizadas por Güemes-Vera et al. (2004) para tremoço da variedade de *L. mutabilis*, concordam com as relatadas nesse estudo. Estruturas semelhantes foram relatadas por Schlangen et al. (2022) após a moagem de feijão mungo, ervilha amarela e feijão-capa. Segundo os autores, após a moagem os cotilédones de leguminosas são divididos em grânulos de amido e partículas de proteína aderidas ao grânulo.



Os fragmentos de fibras observados na micrografia da S são proveniente do tegumento da semente de tremoço, pois os tratamentos foram aplicados na semente integral.

A farinha germinada (G) diferiu da estrutura apresentada na S, revelando microestruturas soltas com grânulos de amido desprendido de corpos proteicos e fragmentos de fibra livre (Figura 10B). Pesquisa anterior realizada em farinha de grão-de-bico revelou que a microestrutura da farinha antes da germinação continha grânulo do amido densamente fixado em fibras e matrizes proteicas, no entanto, após a germinação, a estrutura da matriz de proteínas e fibras se soltou e alguns grânulos de amido foram liberados da matriz (Mao *et al.*, 2024). Provavelmente, proteases e celulasas ativas durante o processo de germinação foram responsáveis pela perda dessas estruturas (Medhe *et al.*, 2022).

Na micrografia da amostra C1, verificou-se alguns grânulos de amido de tamanho maior comparado ao S devido à pré-gelatinização ocasionado pelo inchaço do amido durante imersão da semente, e com corpos proteicos ainda aderidos a superfície do amido (Figura 10C). Semelhantemente ao C1 (Figura 10C), na micrografia da farinha C2 (Figura 10D) também foi percebido tamanho irregular do grânulo, no entanto, a imagem apresentou um desprendimento da matriz proteica com liberação do grânulo de amido. Como no tratamento C1 as sementes foram imersas inteira e a superfície do tegumento não é porosa, isso reduziu ingestão de água por fluxo capilar para dentro da semente mantendo os grânulos de amidos menos inchados que no C2 (Figura 10D) (Miano *et al.*, 2015).

Desse forma, percebe-se que a maceração aplicada antes da imersão, contribuiu para intensificar desorganização da matriz proteica, deixando o amido livre para absorver mais água durante a imersão (Figura 10D). Esse comportamento ocorreu nos demais tratamentos em que a maceração foi aplicada Pr2 e Mw2 (Figuras 10F e 10H, respectivamente), pois nos tratamentos Pr1 e Mw1 foi possível verificar que o calor aplicado favoreceu a agregação da matriz de proteínas no grânulo (Figuras 10F e 10H, respectivamente). Segundo Medhe *et al.* (2022), o calor ao desnaturar as proteínas, promove a sua agregação. Pesquisa anterior esclareceu que as alterações na estrutura de proteínas de leguminosas tratadas pelo calor se dá na perda da estrutura secundária, contudo há a formação de ligações intermoleculares induzidos pelo calor, que são reconhecidos como estruturas muito estáveis (Carbonaro *et al.*, 2012). Chávez-Murillo *et al.* (2018) demonstraram que tratamentos hidrotérmicos utilizando altas temperaturas promoveram danos proteicos e rearranjo das estruturas que levam a um encolhimento de sua estruturas em farinhas de lentilha, grão-de-bico, fava e feijão.

Observou-se que o tratamento térmico aplicado isoladamente, em semente de tremoço promoveu a agregação de corpos proteicos nas farinhas, no entanto a aplicação da maceração

antes do tratamento térmico foi responsável pela desprendimento da matriz de proteína deixando os grânulos de amido livres (Figuras 10F e 10H). Com corpos protéicos e amidos livres houve maior interação com a água e essas farinhas puderam apresentar melhor performance na absorção de água e melhor entumescimento. Essa hipótese está de acordo com os resultados obtidos anteriormente (Tabela 5).

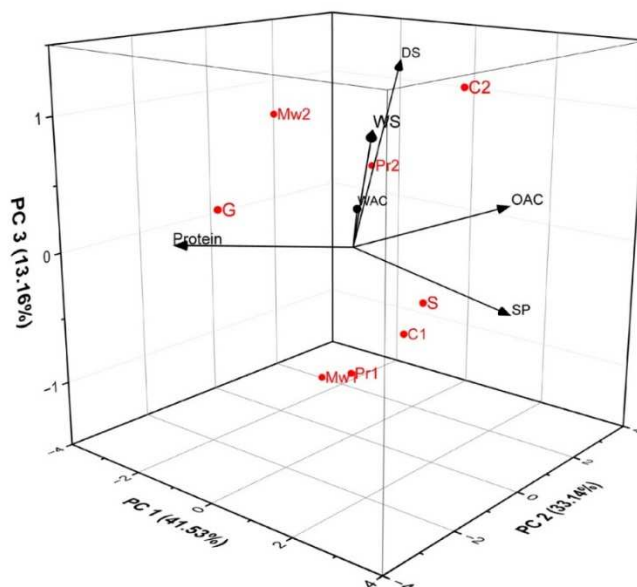
### **3.3.6 Análise multivariada**

Neste estudo foi realizada a Análise de Componentes Principais (ACP) para visualizar de forma simplificada as inter relações entre os tratamentos aplicados na semente de tremoço e as propriedades tecnofuncionais e antioxidantes da farinha e, por último, foi realizado um dendrograma (Análise Hierárquica de Agrupamentos) para verificar os aspectos gerais de similaridade entre as farinhas.

#### **3.3.6.1 Propriedades tecnofuncionais**

A Figura 11 mostra o efeito simultâneo dos tratamentos aplicados na semente sob as propriedades tecnofuncionais e as inter relações desses com o teor de amido danificado (DS) e proteínas (compostos associados as variáveis tecnofuncionais). Observou-se que foram necessárias 3 Componentes Principais (PC1, PC2 e PC3) para explicar 87,83% da variação dos dados para as variáveis analisadas, no qual PC1 explicou 41,53% da variação, PC2 33,14% e PC3 13,16%. Pode-se observar na PC3 uma separação de 2 agrupamentos, na região positiva, os tratamentos C2, Pr2 e Mw2 e na região oposta (negativa), os tratamentos C1, Pr1, Mw1 juntamente com a S. Indicando que a forma na qual os tratamentos foram aplicados, semente inteira (região negativa) ou macerada (região positiva), induziram características diferentes na farinha de tremoço. Dessa forma, o método de calor aplicado teve baixa influência sob as características tecnofuncionais da farinha de tremoço. Verificou-se que WS e WAC estão altamente correlacionadas positivamente com DS, e por conseguinte, estão na região positiva de C2, Pr2 e Mw2 de PC3. Isso está de acordo com os achados anteriormente no estudo, que a maceração aplicada na semente induziu a formação AD e, conseqüentemente, aumentou a WS e a WAC da farinha. Por outro lado, as amostras que não receberam maceração tiveram suas características semelhante a S que não recebeu nenhum tratamento. A G foi agrupada na região negativo de PC1 juntamente com a variável proteína, mas em oposição as variáveis SP e OAC. Isso confirma que foi esse tratamento que melhorou o teor de proteínas, produzindo farinha com baixo SP e OAC.

Figura 11- Gráfico 3D de análise de componentes principais das propriedades tecnofuncionais das amostras de farinhas de tremoço submetidas a diferentes tratamentos.



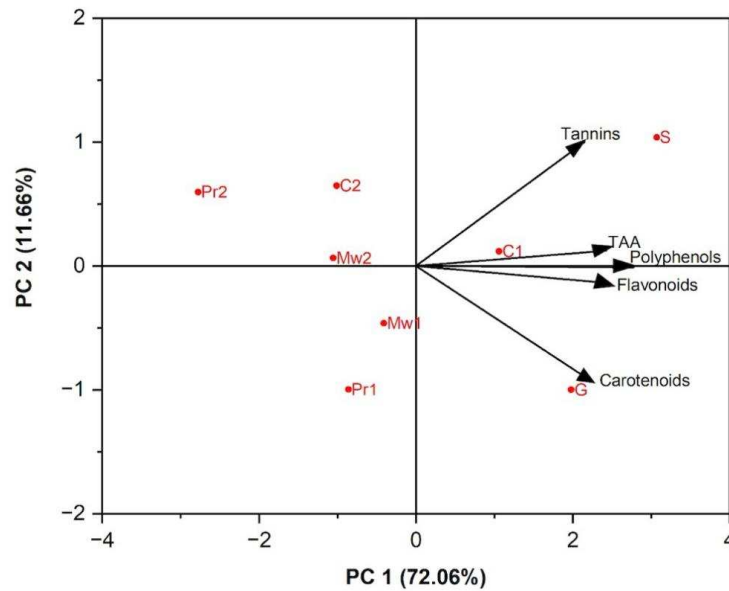
Fonte: Autora (2024).

S, semente de tremoço; C1, farinha de tremoço da semente inteira; C2, farinha de tremoço da semente macerada; Pr1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; Pr2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; Mw1, farinha de tremoço da semente inteira e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); Mw2, farinha de tremoço da semente macerada e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); G, farinha de tremoço da semente germinada; WAC, capacidade de absorção de água; OAC, capacidade de absorção de óleo; WS, solubilidade em água; SP, poder de intumescimento; DS, amido danificado.

### 3.3.6.2 Propriedades antioxidantes (PA)

A PC mostrou que os primeiros 2 componentes principais (PC1 e PC2) representaram 83,72% da variação dos parâmetros medidos para os tratamentos aplicados na farinha de tremoço (Figura 12). Considerando a PC1 (maior explicação da variação com 72,06%), percebeu-se uma separação de 2 grupamentos. As variáveis antioxidante ficaram agrupadas na região positiva, juntamente com os tratamentos C1, G e a semente (S), mostrando que esses tratamentos foram o que mais preservaram as propriedade antioxidante da S, portanto, foram os tratamentos que produziram farinha com maior propriedade antioxidante. No lado oposto, negativo de PC1, ficaram agrupadas as demais amostras, implicando que todos esses tratamentos reduziram os compostos antioxidantes.

Figura 12- Componentes principais das propriedades antioxidantes das amostras de farinhas de tremço submetidas a diferentes tratamentos.



Fonte: Autora (2024).

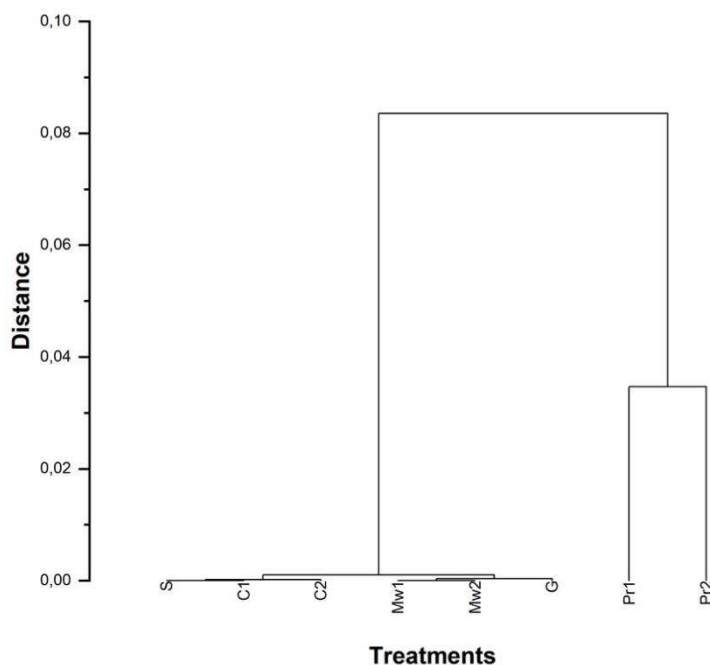
S, semente de tremço; C1, farinha de tremço da semente inteira; C2, farinha de tremço da semente macerada; Pr1, farinha de tremço da semente inteira e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; Pr2, farinha de tremço da semente macerada e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; Mw1, farinha de tremço da semente inteira e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); Mw2, farinha de tremço da semente macerada e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); G, farinha de tremço da semente germinada; TAA, atividade antioxidante total.

No entanto, foi verificado que os tratamentos Pr1 e Mw1 ficaram mais próximos ao eixo de PC1 diferente das amostras C2, Pr2 e Mw2, que apresentaram-se mais distantes. Isso comprova que o calor reduziu os compostos antioxidantes da farinha, porém o calor aplicado na semente macerada intensificou a perda. Outro aspecto observado, é que a técnica de imersão isoladamente aplicada na semente inteira (C1) reduziu os taninos mas mantém a farinha com os outros compostos antioxidantes preservados. O tratamento G apresentou-se na região positiva de PC1, exibindo semelhança com S e C1. Contudo, percebeu-se um distanciamento maior do vetor da variável de taninos, comparado a C1. O tratamento G mostrou ser o tratamento mais efetivo na redução de taninos e que produz uma farinha com boa propriedade antioxidante ao preservar os compostos antioxidantes, sobretudo de carotenóides.

### 3.3.6.3 Dendograma

Para determinar as diferenças/similaridades dos tratamentos aplicados na semente de tremoço todos resultados obtidos foram submetidos a Análise de Agrupamento Hierarquico (HCA) e um dendrograma foi construído (Figura 13). Os resultados do HCA indicaram que a distância entre os tratamentos produziram 2 clustes principais baseados na intensidade dos tratamentos sob a modificação composicional e tecnofuncional da farinha. O primeiro cluster apresentou-se dividido em 2, que corresponderam aos tratamentos S, C1, C2 e Mw1, Mw2 e G, respectivamente. O não distanciamento entre esses tratamentos demonstra que compartilham um alto grau de similaridade entre si. Contudo, a subdivisão sugere que houve maior grau de similaridade entre os tratamentos S, C1 e C2, mostrando que a maceração e a imersão são tratamentos que afetaram minimamente a semente de tremoço, portanto, a aplicação desses métodos podem produzir farinhas semelhante a semente sem nenhum tipo de tratamento (S). Já as os tratamentos Mw1, Mw2 e G exibiram compartilhar mais similaridades entre si. Pode-se considerar, que esses tratamentos foram intermediários, com grau de modificação moderado, no qual alteraram a composição inicial da semente mas melhoraram alguns aspectos, principalmente a propriedade antioxidante, como relatado anteriormente. No segundo cluster ficaram os tratamentos Pr1 e Pr2 com um distanciamento 4 vezes maior comparada ao primeiro cluster. Indicando que esses tratamentos alteraram intensivamente a composição e as propriedades tecnofuncionais da semente de tremoço produzindo farinhas com maior modificação comparada as características iniciais. Esses achados indicaram que, de forma geral, o calor foi mais determinante na diferenciação das farinhas do que as condições em que é aplicado na semente, se na forma inteira ou macerada, sendo mais relevante o tipo de calor aplicado. Ficou demonstrado que é possível substituir a G, um método conhecido por melhorar a qualidade nutricional de farinhas de leguminosas, pelo tratamento por Mw, pois ambas mostraram alto grau de similaridade.

Figura 13- Dendrograma das amostras de farinhas de tremço submetidas a diferentes tratamentos.



Fonte: Autora (2024).

S, semente de tremço; C1, farinha de tremço da semente inteira; C2, farinha de tremço da semente macerada; Pr1, farinha de tremço da semente inteira e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; Pr2, farinha de tremço da semente macerada e cozida sob pressão (1 atm, ~120°C) por 25 min; Mw1, farinha de tremço da semente inteira e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); Mw2, farinha de tremço da semente macerada e cozida em micro-ondas (100°C/ 45 min); G, farinha de tremço da semente germinada.

### 3.4 CONCLUSÕES

Os resultados do nosso estudo trouxeram informações importantes sobre como os pré-tratamentos e os tratamentos térmicos, isolados ou combinados, aplicados na semente inteira e macerada de tremço foram capazes de modificar as propriedades da farinha. Mostrando quais métodos são mais convenientes para aplicação, levando em consideração o impacto direto nas características do produto final.

A maceração combinada com imersão mostrou ser um pré-tratamento que intensifica a redução de taninos e melhora a WS da farinha ao aumentar o teor de amido danificado, produzindo uma farinha com baixa concentração de compostos bioativos. Esses métodos

poderiam ser aplicados na elaboração de farinhas direcionadas para alimentos de fácil solubilidade, como os alimentos infantis.

Dentre os tratamentos térmicos, a Pr foi o método que alterou drasticamente as características da farinha. Combinado à maceração, houve uma aceleração do processo de perda nutricional e bioativa, porém, houve melhoria das características tecnofuncionais como WAC, SP e WS. Essa técnica poderia ser útil para elaboração de farinha com função hidrocolóide destinado a incorporação de sopas e molhos.

A farinha produzida por Mw se assemelhou a farinha G com alto teor de proteínas, porém foi mais eficiente na redução de taninos. A maceração combinada ao Mw mostrou ser um bom tratamento para aumentar o conteúdo protéico com menor impacto nos compostos bioativos, sendo interessante para elaboração de produtos cárneos *plant based* como presuntos e salsichas.

Esse estudo foi de grande importância para se compreender a influência de tratamentos aplicados em leguminosas na elaboração de farinhas, resultando em melhores características nutricionais e tecnológicas e assim, orientar o processamento e projetar potenciais aplicações alimentares. Pesquisas futuras poderiam se concentrar nas características sensoriais dessas farinhas.

## **4 CAPÍTULO 3: Massa fresca a base de tremço com alto teor de proteína: aspectos estruturais, tecnológicos e sensoriais**

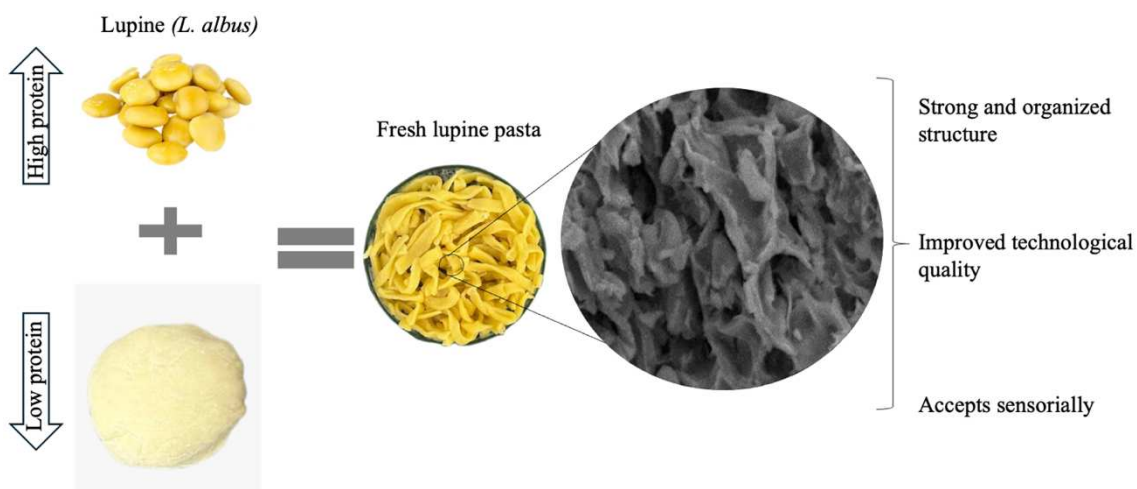
### **RESUMO**

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da fortificação de farinha de trigo mole utilizando farinha de tremço com alto teor proteico na elaboração de massa alimentícia fresca e seu impacto na microestrutura, nas características físico-químicas, tecnológicas e sensoriais. Foram elaboradas quatro formulações de massas com diferentes proporções de farinha de tremço (0%, 10%, 20% e 30%). A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das massas mostrou que a farinha de tremço alterou a microestrutura e massas com 20% apresentaram estrutura mais compacta, enquanto as com 30% resultou em descontinuidade da matriz de amido e proteína. As massas com maior proporção de farinha de tremço apresentaram coloração mais amarelada influenciada pelo maior teor de proteínas. A dureza das massas aumentou com o aumento de proteínas na massa crua, porém na massa cozida com 30% houve redução influenciada pela desorganização da estrutura e perda de sólidos (CL). A fortificação aumentou o tempo ótimo de cozimento (OCT) e reduziu a lixiviação de amido, melhorando a qualidade de cozimento das massas. A análise sensorial indicou que as massas com até 20% de farinha de tremço foram aceitas pelos provadores, enquanto aquelas com 30% apresentaram uma aceitação menor devido às alterações na textura e sabor. Os resultados indicaram que o fortalecimento de até 20% de farinha de tremço podem atuar no melhoramento de massas alimentícias frescas sem comprometer significativamente as características microestruturais, tecnológicas e sensoriais.

**Palavras-chaves:** tremço. farinha de trigo. massa alimentícia fresca. fortificação proteica. análise sensorial.



## Resumo gráfico:



## 4.1 INTRODUÇÃO

Novas tendências na alimentação dos consumidores preocupados com a saúde e a sustentabilidade tem impulsionado o crescimento de produtos ricos em proteínas vegetais no mercado (Keogh *et al.*, 2019). Alimentos com maior teor de proteína vegetal tornaram-se rapidamente uma das categorias de produtos que mais crescem, pois são reconhecidos por trazer benefícios no controle de peso, diminuição da perda muscular que ocorre com o envelhecimento, redução de açúcar no sangue e controle da alta pressão arterial (Banovic *et al.*, 2018). Somando-se a isso, estudo anterior revelou que a percepção dos consumidores por alimentos saudáveis está relacionado com o apelo ao teor proteico (Lusk, 2019). Dessa forma, a indústria alimentícia necessita se adequar às demandas, inovando com ingredientes, que agreguem valor proteico através da adição/substituição aos ingredientes tradicionais.

As massas alimentícias são ótimos veículos para incorporação de nutrientes que pode promover uma alimentação saudável. São simples de preparar, não requer custo elevado, admite diferentes sabores e formatos, são sensorialmente aceitas e conhecida na maior parte do mundo (Panza *et al.*, 2022). O mercado de massas é um nicho forte e em expansão, segundo a Associações de Fabricantes de Massas da União Europeia, cerca de 16,9 milhões de toneladas de massas foram produzidas em todo o mundo no ano de 2023 e a previsão para os próximos anos é de crescimento (Unuvar *et al.*, 2023).

Dentro os diversos tipos de massas, as massas alimentícias frescas possuem umidade acima de 24% e podem ser elaboradas com farinha de trigo duro (*Triticum durum*) ou pelo processamento de farinha de trigo macio (soft) (*Triticum aestivum*). Apesar do trigo duro ser

considerado a matéria-prima preferida para a elaboração, devido a qualidade tecnológica desejada no produto, ligada ao alto teor de proteínas, o trigo mole é, aproximadamente, 25% mais barato, sendo mais viável economicamente em diversos países em desenvolvimento. Porém, um dos desafios ao uso de trigo mole é o teor de proteínas inferior, que compromete as características de qualidade da massa como estrutura, cozimento, textura e etc (Miceli *et al.*, 2015; Righetti *et al.*, 2018; Unuvar *et al.*, 2023a).

Muitas pesquisas foram realizadas para investigar a fortificação de massas frescas com farinhas de vegetais como moringa, alcachofra, tomate, brócolis, castanha, folhas de borage, espinafre, repolho etc., usados principalmente para substituir a farinha de trigo duro ou sêmola de trigo e avaliar a composição química, o desempenho de cozimento, qualidade da textura e cor (Alinovi *et al.*, 2023; Angiolillo *et al.*, 2019; La Gatta *et al.*, 2023; Miceli *et al.*, 2015; Simonato *et al.*, 2021; Tazart *et al.*, 2016; Wang, *et al.*, 2021). A maioria dos autores relataram uma melhora geral das características químicas das novas formulações, um maior apelo visual da massa, mas nem sempre bons resultados no que diz respeito à perda de cozimento ou firmeza de massas, dependendo da dose do ingrediente utilizado. Contudo, poucos estudos se concentraram na avaliação dessas características em massas frescas com trigo mole fortificado com leguminosas (Llavata *et al.*, 2020). Segundo Tazart *et al.* (2016), a fortificação de massa fresca com leguminosas não recebeu tanta atenção da comunidade científica, sendo, portanto, interessante focar neste tema e investigar e trazer mais informações sobre a capacidade de produzir esse tipo de alimento e avaliar sua qualidade nutricional, juntamente com aspectos tecnológicos e sensoriais.

O tremoço é uma leguminosa utilizada na nutrição humana como fonte de proteína em todo o mundo (Guillamón *et al.*, 2010; Musco *et al.*, 2017). As sementes são ricas em proteínas com propriedades nutricionais e tecnológicas importantes: emulsificação, gelificação, melhoria da textura e capacidade de ligação à água. Ademais, o valor dietético é maior que a do feijão e ervilha, contendo um bom balanceamento de aminoácidos essenciais, podendo servir como um alimento nutracêutico por causa da sequência intrínseca de peptídeos bioativos (Asgar *et al.*, 2010; Chukwuejim *et al.*, 2023; Klupsaite *et al.*, 2017). A farinha de tremoço é um ingrediente comum utilizado na produção de produtos de panificação, pastelaria e massas. A adição de farinha de tremoço a essas formulações mostrou ser um ingrediente, que ajudou a melhorar o valor nutricional e proteico (Fiocchi *et al.*, 2009; Hoehnel *et al.*, 2022; Villarino *et al.*, 2015). Porém, os trabalhos realizados utilizaram a combinação de trigo duro/ sêmola com farinha de tremoço, deixando de analisar o desempenho da farinha de tremoço com trigo de menor força nas características dos produtos.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da fortificação utilizando farinha de tremoço com alto teor de proteínas em farinha de trigo mole na produção de massas frescas e analisar a estrutura, as propriedades físico-químicas, a qualidade de cozimento e sensorial das massas. A utilização de farinha de tremoço em massas pode ganhar atenção do setor de alimentos de massas frescas artesanais, tornando um potencial ingrediente para a fortificação de farinha com baixo teor proteico.

## **4.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.2.1 Local da pesquisa**

Essa etapa da pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos (LABCERT) da Universidade Federal do Ceará (UFC) em parcerias com outros laboratórios. No Laboratório de Frutos e Hortaliças (LAFRUTH), foram realizadas as análises físico-químicas. A análise de MEV foi realizada na Central Analítica, do Departamento de Física, da Universidade Federal do Ceará (UFC) e no Laboratório de Tecnologia da Biomassa (LTB), da Embrapa Agroindústria Tropical, realizou-se as análises de FTIR e textura. O RMN foi realizado no Centro Nordestino de Aplicação e Uso da Ressonância Magnética Nuclear - CENAUREMN, UFC. A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Processamento de Frutos (DEAL-UFC).

### **4.2.2 Material**

O tremoço doce (*L. albus*), adquirido no comércio local de São Paulo (Empório quatro estrelas, Pompéia-SP), foi lavado com água corrente para retirada de sujidades e outros materiais estranhos, posteriormente, foi imerso em solução de hipoclorito de sódio 0,07% (v/v) por 30 min e, depois, lavado novamente com água corrente e foi deixado para secar em bandejas sob toalha absorvente. Depois, as sementes foram maceradas e imersas em água durante 12 h. Então, foram cozidas (1:3 p/v, semente: água) em forno micro-ondas (Eletrolux, M141S, Potência 1600 W) durante 45 min a  $100 \pm 2$  °C e secas em estufa a 50 °C por 24h. Finalmente, para a obtenção da farinha, as sementes inteiras foram moídas através de moinho de martelos (Laboratory Mill 3110, Perten, Suécia), e passadas em peneira de 0,5 mm para maior uniformidade de sua granulometria e, finalmente, armazenada a -18 °C em recipientes herméticos até serem analisadas.

A farinha de baixo teor de proteínas obtida de trigo mole foi utilizada no presente estudo para avaliar a performance da adição da farinha de tremoço, com alto teor de proteínas nas características de massa alimentícia fresca. A farinha de trigo mole foi cedida por um moinho local (Fortaleza/CE) com teor de proteínas de 7,51%, valor W (índice de força do glúten) de  $84.10^{-4}$  J, tempo de desenvolvimento da massa (TDM) de 2,2 min e estabilidade de 3,1 min. Os demais ingredientes usados para a elaboração da massa foram adquiridos no comércio local (Fortaleza-CE).

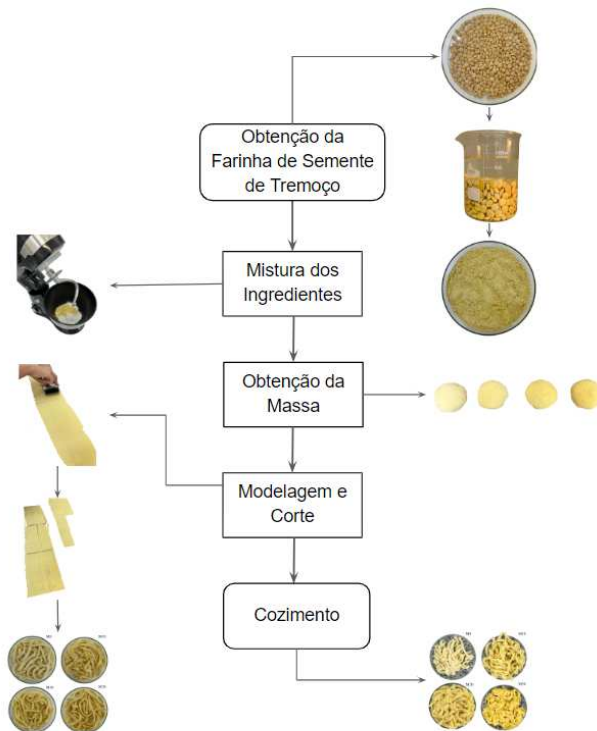
### 4.2.3 Métodos

#### 4.2.3.1 Preparação da massa fresca experimental com farinha de tremoço

A formulação das massas foram preparadas de acordo com Panza *et al.* (2022). Foram produzidas massas com 0 g (M0-controle), 10 g (M10), 20 g (M20) e 30 g (M30) de farinha de tremoço, portanto, utilizando uma mistura de farinha de trigo: farinha de tremoço de 100:0, 90:10, 80:20 e 70:30 (p/p), respectivamente. A quantidade de água adicionada em cada formulação foi previamente determinada em cada mistura (farinha de trigo:farinha de tremoço), através de farinógrafo de 300 g Brabender (Brabender, Duisburg, Alemanha), de acordo com o método AACC (2000). Na preparação das massas misturou-se os ingredientes secos em batedeira (Britânia, BBPE01) equipada com gancho em velocidade baixa por 1 min. Posteriormente, a água foi adicionada e misturada por 4 min em velocidade média .

Após a formação da massa, a mesma ficou em repouso por 20 min. A massa, então, foi laminada duas vezes em rolos (máquina de macarrão inox, Astro Mix) ajustados com abertura de 1 mm e depois duas vezes em rolos com abertura reduzida de 0,5 mm. A folha foi cortada em tiras de macarrão com 15 cm de comprimento e 0,5 cm de largura. As massas prontas foram cozidas em panela de aço inox na proporção de 1:12 p/v massa:água e, posteriormente, foram armazenadas em sacos laminados herméticos sob refrigeração (7 °C) para realização das análises (Figura 14). O teor de proteínas total das farinhas e massas foi analisado em triplicata utilizando o método de Kjeldahl, com fator de conversão de 5,70 para farinha de trigo e 6,25 para farinha de tremoço (AOAC, 1997). A formulação e composição das massas elaboradas são apresentadas na Tabela 7.

Figura 14 - Etapas da elaboração de massas frescas experimentais elaboradas com diferentes misturas de farinha de trigo e farinha de tremçoço.



Fonte: Fonte: Autora (2024).

Tabela 7 - Formulações e teor de proteínas de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremçoço.

Formulações						
Matéria-prima	M0	M10	M20	M30	Farinha de trigo	Farinha de tremçoço
Farinha de trigo (%)	100	90	80	70	-	-
Farinha de tremçoço (%)	0	10	20	30	-	-
NaCl (%)	2	2	2	2	-	-
Água (mL)	62	73	86	87	-	-
<b>Teor de proteínas (%)</b>	4,01 ± 0,28	11,18 ± 0,21	14,20 ± 0,41	17,97 ± 0,45	7,51 ± 0,21	35,79 ± 0,27

Fonte: Autora (2024).

M0, massa sem adição de farinha de tremoço (controle); M10, massa com adição de 10% de farinha de tremoço; M20, massa com adição de 20% de farinha de tremoço; M30, massa com adição de 30% de farinha de tremoço. O teor de proteínas é apresentado como média  $\pm$  D.P de 3 repetições.

#### **4.2.3.2 Análises físico-químicas das massas**

##### 4.2.3.2.1 Umidade

O teor de umidade das massas foi determinado através de um analisador de umidade (OHAUS, MB27, Brasil). As amostras foram pesadas (10 g) diretamente na balança em uma placa de alumínio e distribuídas uniformemente, posteriormente, foram aquecidas a 130 °C até peso constante. Os testes foram realizados em triplicata para cada amostra.

##### 4.2.3.2.2 Cor

A cor foi determinada através da medição dos parâmetros  $*L$ ,  $*a$  e  $*b$  usando um colorímetro Konica Minolta (CR-400, Japão). A leitura foi realizada em quintuplicata a cada 50 g de massas cozidas.

##### 4.2.3.2.3 Análise Perfil de textura (APT)

As amostras das massas frescas crua e cozidas foram analisadas quanto à textura conforme metodologia descrita por Shein *et al.* (2021). Foram pesadas 25 g de amostras e colocadas em um recipiente de polipropileno (60 mm de diâmetro x 70 mm de altura) e montada em um texturômetro modelo TA.TX Plus (Stable Micro Systems, Ltd., UK), posteriormente, a massa foi comprimida por uma sonda (6 mm de diâmetro) utilizando uma força de gatilho de 5 g e uma deformação de 70% por de 2 s. A velocidade de pré-teste e pós-teste foram de 1,0 mm/s e 3,0 mm/s, respectivamente. As propriedades de dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade foram registradas e as leituras foram realizadas à temperatura ambiente ( $24 \pm 2$  °C) em cinco repetições.

#### **4.2.3.3 Análises de qualidade de cozimento das massas**

##### 4.2.3.3.1 Tempo de cozimento ideal (OCT), absorção de água (WA) e perda de sólidos (CL)

A qualidade de cozimento (OCT, WA e CL) das amostras de massa fresca foram determinadas de acordo com o método AACC 66-50 (AACC, 2010). Aproximadamente, 25 g de massa foram cozidos em 500 mL de água fervente. O tempo ótimo de cozimento foi determinado como o tempo mínimo necessário até à inexistência de núcleo branco ao cortar o macarrão entre duas lâminas de vidro. A massa fresca cozida foi enxaguado em 300 mL de água destilada por 30 segundos e escorrido por 5 minutos antes de ser pesado. A água de cozimento foi recolhida e diluída para 500 mL com água destilada. Uma alíquota de 50 mL foi levada para um béquer pré-seco e evaporada em estufa a 105 °C até peso constante. O resíduo foi então pesado e a perda por cozimento foi expressa como a porcentagem de matéria seca que o macarrão perde durante o cozimento. A absorção de água, que se refere à porcentagem de água absorvida pelo macarrão durante o cozimento, foi calculada como a razão de massa após e antes do cozimento.

#### 4.2.3.3.2 Identificação de sólidos por RMN

Para avaliar a qualidade de cozimento os compostos presentes na água de cozimento das massas foram identificados pela técnica de RMN, em que 50 g de massa foi cozida em 300 mL de água destilada. Após o cozimento, a massa foi retirada e a água de cozimento foi levada para ultrafreezer e depois liofilizada (Christ, Alpha 3-4 LSCbasic, Alemanha). Os espectros de <sup>1</sup>H-RMN das amostras da água de cozimento foram obtidos em um espectrômetro Bruker Advance DRX - 500 MHz (500,13,<sup>1</sup>H) equipado com sonda direta dupla de 5 mm. Aproximadamente 30 mg de pó foram diluídas em 600 µL de água deuterada (D<sub>2</sub>O). Após completa homogeneização, as amostras foram transferidas para tubos de RMN de 5 mm. Os espectros de <sup>1</sup>H-RMN foram adquiridos a 70 °C, usando pulsos calibrados, 64 varreduras, com janela espectral (SW) de 20,0 ppm e atraso de relaxação (D1) de 1,0 s.

#### 4.2.3.4 Espectroscopia infravermelha de transformada Fourier (FTIR)

Os compostos presente nas massas foram identificados através de um espectro de infravermelho (Pirkim Elmer, Spectrum Two, São Paulo, Brasil). Uma pequena quantidade de pó de massa foi colocada no suporte da amostra e os espectros foram registrados dentro da faixa de comprimento de onda de 4000 a 500 cm<sup>-1</sup>, em modo de transmitâncias com 32 exames e uma resolução de 4 cm<sup>-1</sup> à temperatura ambiente (24 °C). Os espectros foram submetidos ao software Oringin Pro 9.0 (Northampton, EUA).

#### ***4.2.3.5 Microestrutura***

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) das superfícies das massas frescas após o preparo e cozimento foi realizada através microscópio eletrônico de varredura (Inspect S50, FEI®). As amostras foram liofilizadas (Christ, Alpha 3-4 LSCbasic, Alemanha) e depois cortadas em tamanho 1 cm x 1 cm, posteriormente, foram montadas sobre fita adesiva de carbono e fixado em stubs metálicos. As imagens das microestruturas foram registradas utilizando um aumento de  $\times 2000$  a uma tensão de 15 KV.

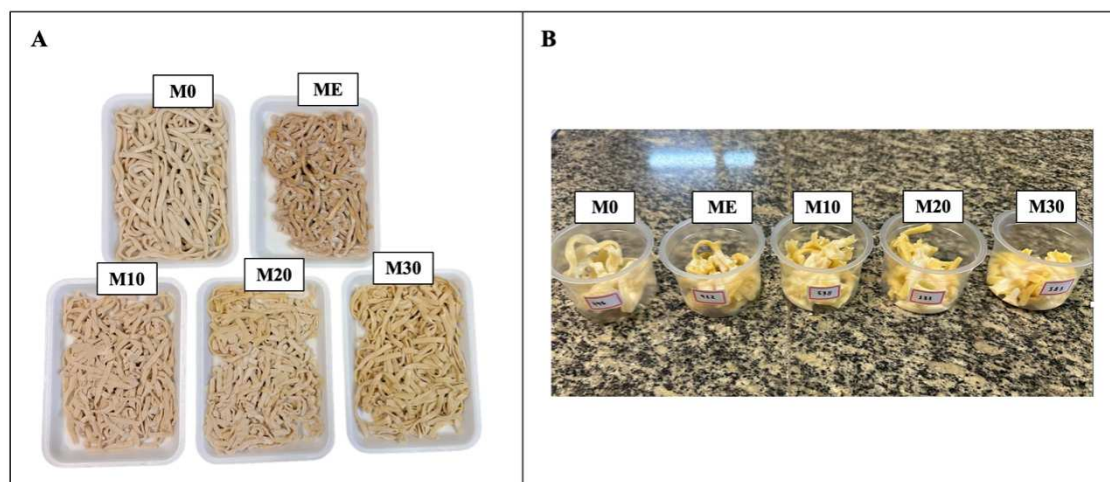
#### ***4.2.3.5 Análise sensorial***

O teste afetivo qualitativo de discussão interativa conhecido como grupo focal foi aplicado para identificar as características relevantes da massa fresca adicionada com diferentes percentuais de farinha de tremço e compará-las a uma massa contendo ovos (ME), que é um ingrediente geralmente usado na elaboração de massa fresca. A amostra ME foi elaborada para servir de um controle adicional, afim de permitir que os participantes comparassem as amostras com uma preparação padrão de consumo. A elaboração da amostra ME foi semelhante a amostra M0, com exceção do acréscimo de 18,3 g de ovos pasteurizados (Fleisheggs®) (quantidade definida com base em testes preliminares). A sensorial foi submetida ao Comitê de Ética através da Plataforma Brasil (CAAE: 41822420.2.0000.5054) registrada com número de parecer: 4.729.905.

As massas foram preparadas e cozidas com o tempo de cozimento ideal, depois submetida aos provadores imediatamente após o cozimento em recipientes de plásticos codificados contendo 25 g de cada formulação (Figura 15).



Figura 15- Massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremoço para análise de grupo focal.



Fonte: Autora (2024).

(A) Massas cruas, (B) massas após cozimento codificadas e apresentadas aos participantes. M0, massa sem adição de farinha de tremoço (controle); ME, massa com ovos, M10, massa com adição de 10% de farinha de tremoço; M20, massa com adição de 20% de farinha de tremoço; M30, massa com adição de 30% de farinha de tremoço.

A condução da análise foi realizada por um moderador e dois assistentes. Foram selecionadas 10 pessoas para participar do grupo focal, sendo 5 mulheres e 5 homens com idade entre 20 e 59 anos, estudantes e servidores da Universidade Federal do Ceará (UFC), que possuíam como característica, o consumo de massas alimentícias semanalmente. A entrevista foi conduzida por 1 h e a discussão foi gravada e transcritas em Word. As perguntas que foram realizadas aos provadores estão apresentadas no Quadro 1

Quadro 1- Perguntas realizadas pelo moderador no grupo focal durante a discussão das características das massas.

1	O que você acha da aparência? Qual sua opinião sobre a aparências das massas
2	O que você acha da cor? Qual amostra tem a cor mais agradável? Qual cor uma massa fresca com tremoço deveria apresentar?
3	O que você acha da textura? Qual amostra tem a textura mais agradável? Por quê?
4	O que você acha do sabor? Por quê?
5	Dentre as amostras quais as suas preferidas?

7	O que você melhoraria nessas amostras?
---	--

Fonte: Autora (2024).

Para a verificar a aceitabilidade de cada formulação quanto aos atributos de aparência, cor, textura, sabor, foi pedido aos participantes atribuírem notas em escala de classificação de 5 pontos, na qual foi utilizada para o atributo aparência e cor a escala equivalente a 1: péssima, 2: ruim, 3: média, 4: boa e 5: ótima. Para o atributo textura a escala consistiu em 1: sem firmeza, 2: pouco firme, 3: firme, 4: muito firme e 5: extremamente firme. Para o sabor a escala apresentada variou de 1: ausente, 2: fraco, 3: moderado, 4: forte e 5: intenso. Além disso, foi averiguado a intenção de compra das massas pelos participantes pedindo-os que marcassem para cada amostra, uma das opções, 1: compraria, 2: talvez compraria ou 3: não compraria (a ficha utilizada encontra-se no Apêndice A- Ficha 1).

#### 4.2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando teste de média de Tukey a nível de 5% de significância. A análise sensorial do grupo focal foi tratada qualitativamente utilizando a transcrição da discussão em word, para obtenção de nuvem de palavras através de aplicativo Text Cloud Generator. A análise de correlação de Pearson e *heatmap* foram realizados entre o teor de proteínas das formulações e parâmetros físico-químicos, perda de cozimento e aceitabilidade. Com exceção da nuvem de palavras, todos os gráficos e análises foram realizados através do software OriginPro 2024b (OriginLab Corporation, Northampton, USA).

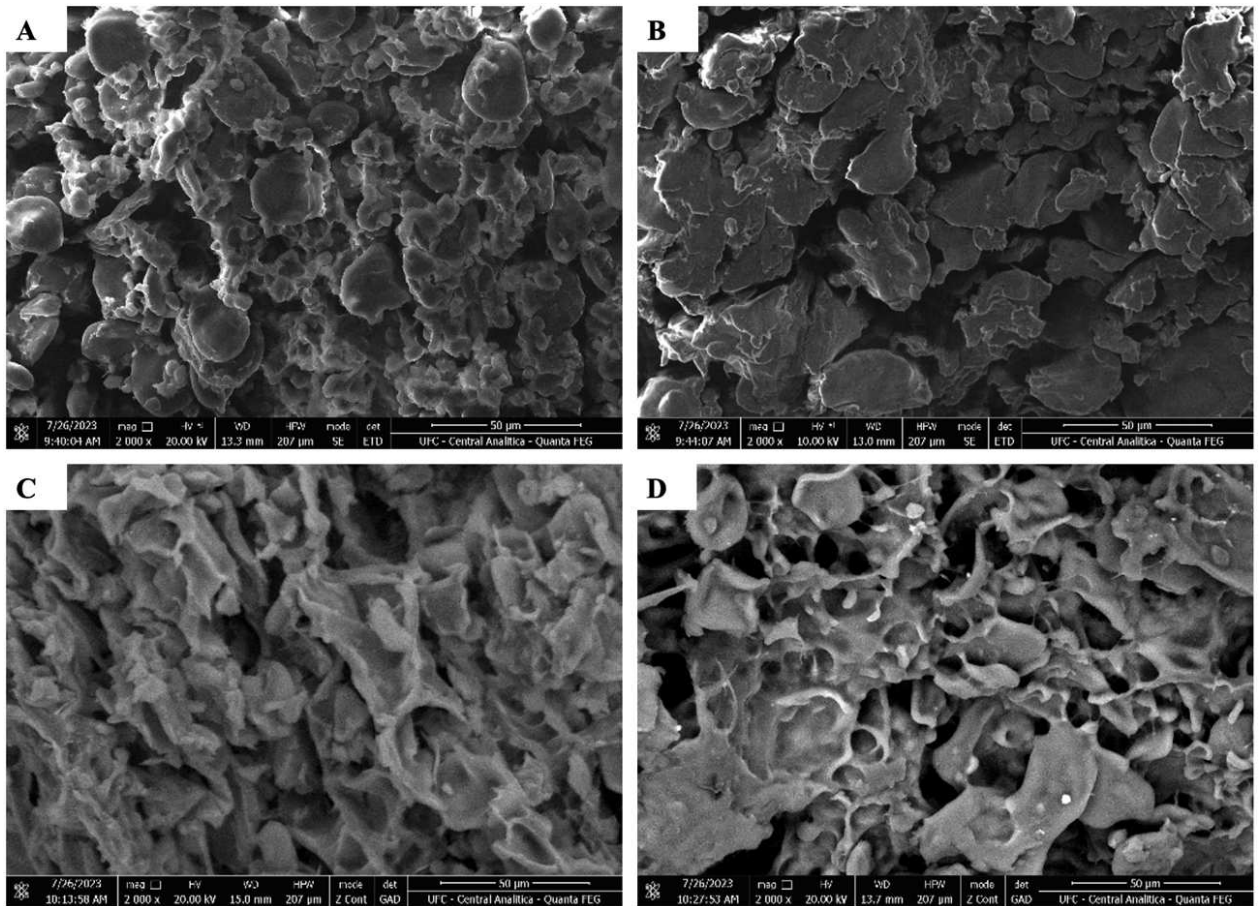
### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1 Microestrutura

O MEV das massas foi realizado para verificar a influência da farinha de tremço na estrutura das massas elaboradas (Figura 16). Segundo Hoehnel *et al.* (2022), durante o cozimento de massas, a coagulação proteica e a gelatinização do amido são os principais

processos que ocasionam mudanças estruturais. A matriz proteica coagulante aprisiona grânulos de amido que gelatinam lentamente quando a água penetra na rede de proteínas.

Figura 16- MEV da superfície de massas frescas fortificadas com farinha de tremoço.



Fonte: Autora (2024).

Ampliação 2000x e barra 50 µm. (A) M0, controle; (B) M10, massa com 10%; (C) M20, massa com 20% e (D) M30, massa com 30% de farinha de tremoço.

A microestrutura da massa M0 apresentou uma rede de proteínas aprisionando grânulos de amido inchados (Figura 16A). Estrutura semelhante foi registrado por Pérez e Bertoft (2010). Mudanças cada vez mais intensas foram observada à medida que se aumentou o percentual de farinha de tremoço na massa (Figura 16B, C e D). Na massa controle (M0) foi observada uma estrutura uniforme e compacta com grânulos de amido aprisionado na rede de glúten (Figura 16A). Na microestrutura da massa M10 foi possível identificar uma matriz semelhante a M0 com estrutura não interrompida. Porém, foi percebido espaçamentos na estrutura devido ao

enfraquecimento da rede de glúten ocasionado pela adição da farinha de tremoço (Figura 16B). Na amostra M20, foi verificado uma estrutura filamentosa devido ao farelo presente, esses filamentos envolveu a matriz promovendo compactação da estrutura (Figura 16C).

Na massa M30, a matriz de glúten foi interrompida, mostrando descontinuidade da matriz de amido e proteína, resultando em espaçamento entre as estruturas, possivelmente o maior teor de farelo pode ter danificado os grânulos de amido alterando a estrutura da massa (Figura 16D) (ARAVIND *et al.*, 2012). Adiba *et al.* (2024) relataram resultados semelhantes, no qual estrutura de massa elaborada com farinha de feijão integral apresentou rede de proteína interrompida pelas fibras tornando a massa menos contínua. Vijaykrishnaraj *et al.* (2015) mostraram que quando a incorporação do nível de farinha de grão-de-bico foi aumentada, a estrutura de interação entre moléculas de amido de proteínas desmoronou. Embora a adição de 20 % e 30 % de farinha de tremoço tenha resultado em um aumento de 4 % de proteína (M0) para 14% e 18 %, respectivamente, nas massas (Tabela 7), a amostra M20 mostrou-se mais estruturada e com menos espaçamentos. O maior teor de farinha de tremoço (30%) diluiu a rede de glúten promovendo menor interação entre o amido e a fração de proteína da massa. Já na amostra M10, a quantidade de 10% de farinha de tremoço foi insuficiente para fortalecer essa interação.

#### 4.3.2 Análises físico-químicas

A Tabela 8 apresenta as análises de umidade, cor e APT das massas frescas cruas e cozidas. Todas as massas frescas obtiveram teor médio de umidade em torno de 24%, considerado dentro do esperado para massa fresca (Miceli *et al.*, 2015). Segundo Costa *et al.* (2010), as massas requerem umidade de 24% e temperaturas de armazenamento inferiores a 4 °C. Não houve diferença significativa na umidade das massas ( $p > 0,05$ ), que obtiveram valores elevados, devido ao tipo de produto (fresco). Burgos *et al.* (2019) encontraram valores de umidade superiores à 50% para nhoque fresco à base de quinoa e amaranto. Essa variação se deve à diferença da matéria-prima utilizada.

A cor é um atributo que mais caracteriza a qualidade do produto, sendo a propriedade que o consumidor pode avaliar no mercado (Burgos *et al.*, 2019). As massas cruas e cozidas apresentaram diferença significativa para todos os parâmetros de cor analisados. Com o aumento do percentual de farinha de tremoço nas massas houve redução significativa da luminosidade ( $L^*$ ) ( $p < 0,05$ ), portanto, ficaram mais escuras. Na massa crua o  $L^*$  reduziu de 81,10 (M0) para 73,37 (M30). Após o cozimento a diminuição foi de 69,96 (M0) para 64,48

(M30) ( $p < 0,05$ ), respectivamente (Tabela 8). Segundo Wang *et al.* (2021), a cor da massa vegetal é fortemente influenciada pela adição de vegetais, além disso, a perda de brilho ( $L^*$ ) em massas frescas cozidas ocorre quando os fitoquímicos, que fornecem a cor, são lixiviados para a água de cozimento. Perda de brilho em massas frescas incorporadas de leguminosas como lentilha, ervilha e fava foi mostrada anteriormente (Kaya *et al.*, 2018). Para o parâmetro  $a^*$ , as massas cruas tiveram, a partir de 20 % de fortificação de farinha de tremoço na massa, redução e uma tendência significativa para tons verdes ( $p < 0,05$ ). Após o cozimento, as massas apresentaram valores maiores de  $a^*$  comparadas a M0, indicando coloração voltada para o vermelho ( $p < 0,05$ ). Costantini *et al.* (2021) relataram que a incorporação de 8% de farinha de grão-de-bico em massas frescas aumentou o valor de  $a^*$  nas massas cozidas, mas redução nas massas cruas. No geral, os valores de  $b^*$  mostraram que antes e após o cozimentos, as massas apresentaram coloração amarelo mais intenso ( $p < 0,05$ ). Como era esperado, a adição de farinha de tremoço alterou a cor da massa fresca, mudando a cor esbranquiçada da M0, passando para uma cor amarelo mais intenso. Segundo Bustos *et al.* (2015), um dos atributos mais importantes, que definem a massa com boa qualidade, é o seu amarelo característico, que é facilmente obtido com o uso de sêmola devido ao seu alto teor de carotenóides. A massa do presente estudo não possui sêmola na formulação e foi possível obter um produto com coloração amarelada, características de massas tradicionais, com menor percentual testado (M10).

Os resultados da APT das massas cruas e cozidas foram avaliadas e estão apresentados na Tabela 8. A dureza corresponde à força necessária para comprimir um fio de massa entre os dentes molares, estando relacionada a consistência da massa (Tazart *et al.*, 2019). O aumento da quantidade de farinha de tremoço na massa fresca elevou significativamente ( $p < 0,05$ ) a dureza na massa crua, porém, após o cozimento, apenas as massas M10 e M20 foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ). Possivelmente, a M30 durante o cozimento perdeu parte da estrutura lixiviação, uma vez que, a estrutura era mais desorganizada (Figura 3D). As massas M10 e M20 apresentaram estruturas mais compactas e coesas (Figuras 3B e 3C, respectivamente), isso contribuiu para maior resistência durante as compressões da análise. Por outro lado, a amostra M30 exibiu uma estrutura descontínua (Figura 3D), indicando que a quantidade de farinha de tremoço interferiu na estrutura de glúten e, conseqüentemente, deixou a estrutura mais frágil. Da mesma forma, Gallegos-infante *et al.* (2010) descobriram que massas incorporadas com 30% de farinha de feijão tiveram a dureza maior quanto a de 15 % e controle, mas após o cozimento houve redução. Osó *et al.* (2022) relataram que a adição de farinha de fruto (kiwi) aumentou efetivamente a diluição do glúten, resultando em uma diminuição na

firmeza de massas. Lux *et al.* (2023) mostraram que massas frescas menos resistentes foram obtidas com maior teor de farinha de amaranto.

A adesividade pode se entendida como a força empregada para vencer a força atrativa entre a superfície de um alimento e de outros materiais. Em massas alimentícias, a adesividade está ligada à pegajosidade, sugerindo que quanto maior a quantidade de amido solto durante o cozimento, maior será a possibilidade do amido solto recobrir a massa aumentando assim a pegajosidade (Gasparre *et al.*, 2019). Os valores de adesividade nas massas cruas revelaram que, comparada a M0, ocorreu um aumento significativo da pegajosidade nas amostras M10 e M20, sendo a amostra M30, a menos pegajosa ( $p < 0,05$ ) (Tabela 8). Com exceção da M0, as massas com menor e maior adesividade foram M30 e M20 com -133,11 e -183,43 g.s, respectivamente. Nas massas cozidas ocorreu um aumento expressivo da pegajosidade da massa M30 (-451,14 g.s) comparada as outras amostras ( $p < 0,05$ ). A irregularidade na estrutura M30, ocasionada pela granulação de fibra e pela falta de uniformidade no tamanho da partícula da farinha, pode ter gerado à formulação maior pegajosidade (Sanguinetti *et al.*, 2015). Segundo Carvalho *et al.* (2012), o alimento absorve mais água com estruturas irregulares.

A elasticidade da massa está associada a resiliência, ou seja, com a capacidade da massa de ser resistente a deformação (Alessandrini *et al.*, 2010). Na massa crua, a M10 apresentou a maior elasticidade (0,94), diferindo estatisticamente das demais amostras ( $p < 0,05$ ). Após o cozimentos, a elasticidade melhorou nas massas fortificadas comparadas ao controle ( $p < 0,05$ ). Esses resultados sugerem que o maior teor proteico das massas fortificadas pode ter, durante o cozimento, melhorado a rede contínua de proteína, com inchaço mais lento de amido, contribuindo para a melhoria da elasticidade (Marti *et al.*, 2014). As imagens obtidas das massas confirmam essas observações. Foi percebido que os grânulos de amido reduzem o inchaço com aumento do teor de farinha de tremoço e, conseqüentemente, com o teor de proteínas (Figura 3).

A gomosidade representa a energia necessária para fragmentar um alimento semissólido até o momento que possa engolir, portanto, é um parâmetro utilizado para simular a energia necessária para desintegrar um alimento até estar pronto para deglutição (Armellini *et al.*, 2018). Um aumento significativo da gomosidade na massa crua e cozida M10 foi registrado ( $p < 0,05$ ). As amostras enriquecidas com 20 e 30% de farinha de tremoço apresentaram diminuição ( $p < 0,05$ ). Šeregelj *et al.* (2022) observaram que massas adicionadas com farinha de cenoura tiveram um aumento da gomosidade, com a incorporação de 10%, mas ao acrescentar 20% houve uma redução. Os autores atribuíram isso à melhoria na estrutura da massa.

A mastigabilidade é indicada por uma energia requerida para mastigar uma amostra (velocidade constante) e reduzi-la à uma consistência até que possa engoli-la (Cordelino *et al.*, 2019). Segundo os dados obtidos, assim como no parâmetro gomosidade, a M10 registrou aumento da mastigabilidade em detrimento das outras amostras ( $p < 0,05$ ), possivelmente, devido a estrutura mais organizada apresentada (Figura 3). Com a matriz de amido-proteína mais organizada, maior força é necessária pra causar ruptura da massa (Rodriguez-Huezo *et al.*, 2022). Os valores menores das amostras M20 e M30 indicam que essas massas podem ser preferidas por crianças e idosos, que possuem capacidade de mastigar por pouco tempo (Bolarinwa; Oyesiji, 2021).

Tabela 8- Análise físico-química de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremçoço.

Análises físico-químicas	Massa fresca crua				Massa fresca cozida			
	M0	M10	M20	M30	M0	M10	M20	M30
Umidade (%)	-	-	-	-	23,90 ± 0,52 <sup>a</sup>	24,95 ± 1,70 <sup>a</sup>	24,88 ± 0,38 <sup>a</sup>	24,66 ± 1,77 <sup>a</sup>
<i>Cor</i>								
<i>L*</i>	81,10 ± 0,04 <sup>a</sup>	79,73 ± 0,06 <sup>b</sup>	78,28 ± 0,02 <sup>c</sup>	73,37 ± 0,25 <sup>d</sup>	69,96 ± 0,03 <sup>a</sup>	67,88 ± 0,17 <sup>b</sup>	65,20 ± 0,11 <sup>c</sup>	64,48 ± 0,09 <sup>d</sup>
<i>a*</i>	-1,06 ± 0,04 <sup>a</sup>	-1,32 ± 0,33 <sup>a</sup>	-1,83 ± 0,04 <sup>b</sup>	-1,91 ± 0,02 <sup>b</sup>	-1,13 ± 0,14 <sup>d</sup>	-0,18 ± 0,03 <sup>c</sup>	1,48 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,73 ± 0,02 <sup>a</sup>
<i>b*</i>	17,81 ± 0,20 <sup>d</sup>	26,60 ± 0,41 <sup>c</sup>	29,90 ± 0,10 <sup>b</sup>	34,67 ± 0,47 <sup>a</sup>	18,63 ± 0,55 <sup>c</sup>	26,40 ± 0,41 <sup>b</sup>	28,75 ± 0,22 <sup>a</sup>	29,38 ± 0,08 <sup>a</sup>
<i>APT</i>								
Dureza (g)	104,30 ± 1,06 <sup>c</sup>	123,79 ± 3,42 <sup>b</sup>	126,77 ± 2,74 <sup>b</sup>	165,92 ± 0,78 <sup>a</sup>	175,08 ± 2,97 <sup>c</sup>	185,17 ± 3,07 <sup>b</sup>	199,26 ± 3,64 <sup>a</sup>	176,96 ± 2,02 <sup>c</sup>
Adesividade (g.s)	-116,32 ± 3,06 <sup>a</sup>	-163,07 ± 2,56 <sup>c</sup>	-183,43 ± 1,79 <sup>d</sup>	-133,11 ± 1,72 <sup>b</sup>	-82,68 ± 0,80 <sup>d</sup>	-96,30 ± 2,64 <sup>c</sup>	-193,77 ± 2,22 <sup>b</sup>	-451,14 ± 2,69 <sup>a</sup>
Elasticidade (ratio)	0,64 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,94 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,68 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,84 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,95 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,96 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,99 ± 0,02 <sup>a</sup>
Gomosidade (g)	46,42 ± 2,94 <sup>b</sup>	70,36 ± 2,36 <sup>a</sup>	30,67 ± 0,71 <sup>c</sup>	46,73 ± 2,44 <sup>b</sup>	107,37 ± 3,67 <sup>b</sup>	127,47 ± 2,56 <sup>a</sup>	88,23 ± 0,76 <sup>c</sup>	77,29 ± 2,14 <sup>d</sup>
Mastigabilidade (g)	33,39 ± 0,85 <sup>c</sup>	58,09 ± 2,72 <sup>a</sup>	45,00 ± 2,41 <sup>b</sup>	34,26 ± 1,55 <sup>c</sup>	71,61 ± 1,26 <sup>bc</sup>	123,10 ± 2,54 <sup>a</sup>	67,22 ± 2,78 <sup>c</sup>	76,03 ± 2,77 <sup>b</sup>

Fonte: Autora (2024).

APT, Análise do Perfil de Textura; M0, massa sem adição de farinha de tremçoço (controle); M10, massa com adição de 10% de farinha de tremçoço; M20, massa com adição de 20% de farinha de tremçoço; M30, massa com adição de 30% de farinha de tremçoço. Cada valor representa a média ± D.P de cinco repetições. Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as formulações pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

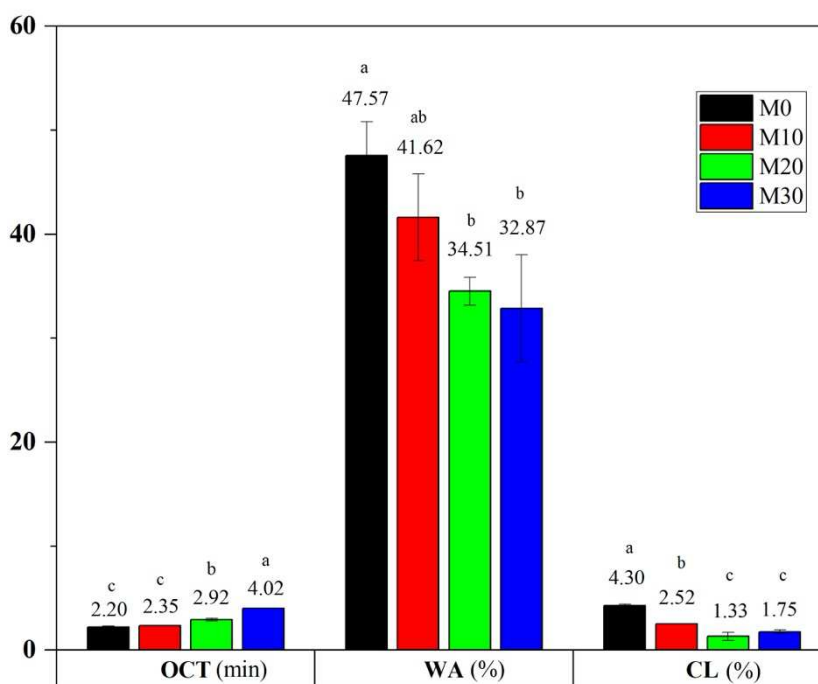


### 4.3.3 Qualidade de cozimento das massas

#### 4.3.3.1 Tempo de cozimento ideal (OCT), absorção de água (WA) e perda de sólidos por cozimento (CL)

A qualidade de cozimento da massa fresca é descrita pelo OCT, WA e CL (Figura 17), que são determinações sobre o desempenho da qualidade da massa durante o cozimento (Fradinho *et al.*, 2020).

Figura 17- Análise da qualidade de cozimento de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremçoço.



Fonte: Autora (2024).

OCT, tempo de cozimento ideal; WA, absorção de água; CL, perda de sólidos por cozimento; M0, massa sem adição de farinha de tremçoço (controle); M10, massa com adição de 10% de farinha de tremçoço; M20, massa com adição de 20% de farinha de tremçoço; M30, massa com adição de 30% de farinha de tremçoço. Cada valor acima das barras representa a média e a barra mostra DP de cinco repetições. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa entre as formulações pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os resultados indicaram que altos teores de proteína produziram massas frescas com maior OCT ( $p < 0,05$ ). As massas M20 e M30 apresentaram OCT de 2,92 e 4,02 min, respectivamente. O enriquecimento de 30 % (M30) aumentou praticamente em 2x o OCT da massa, comparada a M0. Conforme demonstrado por Hoehnel *et al.* (2022), os OCTs mais longos

estão associados a taxas mais lentas de penetração de água devido ao maior teor de proteína e, consequentemente, fortalecimento da rede de glúten. A incorporação de farinha de tremoço nesse percentual comprometeu a continuidade da estrutura da massa (Figura 16), sugerindo-se que as proteínas da farinha de tremoço fortaleceu a matriz proteica, em torno dos grânulos de amido e atrasado a penetração da água. Essa hipótese é fortalecida ao analisar a WA das massas, em que observa-se uma redução significativa com o crescente percentual de proteína da massa ( $p < 0,05$ ) (Figura 17). Outro estudo relatou resultados semelhantes, no qual farinha de tremoço com alto teor de proteína fortaleceu a rede de glúten (Hoehnel *et al.*, 2019).

A WA da massa cozida está associada ao inchaço do amido e a gelatinização, sendo um parâmetro que indica a integridade da matriz proteica que restringe a penetração de água (Alinovi *et al.*, 2023; Costantini *et al.*, 2021; Wang, *et al.*, 2021). Os resultados mostraram uma redução progressiva da WA com o aumento de farinha de tremoço na massa de 47,57 (M0) para 41,62 (M10), 34,51 (M20) e 32,87 (M30). Diminuição significativa foi encontrada nas formulações M20 e M30, comparadas ao controle (M0) ( $p < 0,05$ ). Estudo anterior demonstrou que o aumento da fortificação de farinha de grão-de-bico diminuiu significativamente a WA de macarrão (Wood, 2009). A microestrutura das massas mostraram que as amostras M0 e M10 foram as que apresentaram mais grânulos de amidos inchados (Figura 16A e B, respectivamente) e WA de ambas foram os maiores registrado. Isso reforça que o maior teor de proteína de farinha de tremoço na massa e levou a WA durante o cozimento de macarrão.

A CL está relacionada à continuidade e força da matriz proteica e sua capacidade de manter o amido, e especificamente a amilose dos grânulos de amido inchados, da lixiviação dos fios de macarrão para a água de cozimento. As massas alimentícias são, geralmente, consideradas de boa qualidade, quando CL está abaixo de 10 % (Llavata *et al.*, 2020). Os valores desse parâmetro para todas as amostras ficaram abaixo de 10% (Figura 17). Os dados exibiram que a fortificação das massas com farinha de tremoço e, consequentemente, com o aumento de proteínas das massas, reduziu significativamente a CL. A CL da M0 foi aproximadamente 2x maior quando comparada à M10 (4,30% e 2,52 %, respectivamente). Nas amostra M20 e M30, a diferença foi ainda maior, 3 e 2,5, respectivamente. Embora a M20 e M30 não tenham apresentado diferenças significativas entre si, percebeu-se a tendência das massas frescas com maiores percentuais de proteínas apresentaram menos perdas. Essa hipótese está de acordo com Moayed *et al.* (2021), que demonstraram que as amostras com altos teores de proteína produziram massas frescas com menor CL.

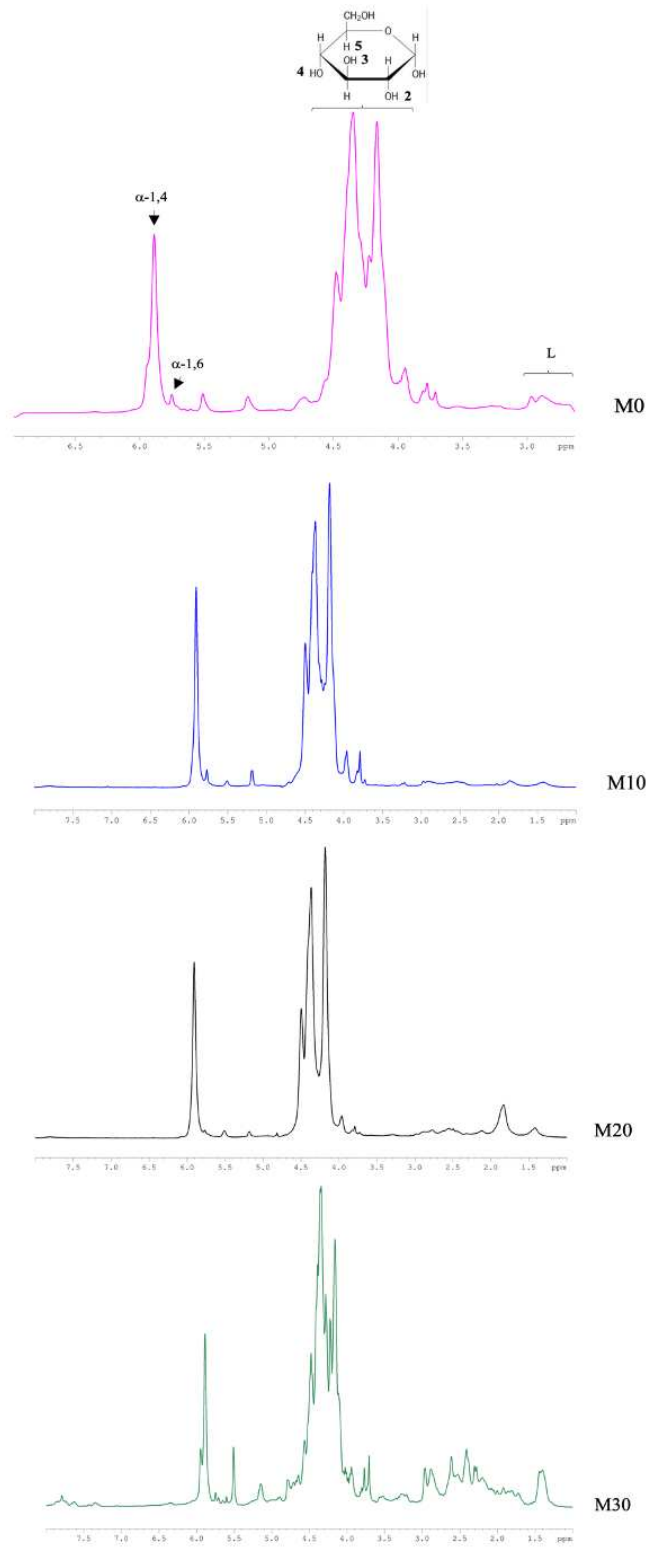
Diferentemente dos resultados desse estudo, OCT maior (15,45 min) e CL maior (7,78%) foram registrados para massas fortificadas com farinha de soja (Bolarinwa; Oyesiji,

2021). Drabińska *et al.* (2022) encontrou OCT de 3,60 min e CL acima de 8,00% em massas elaboradas com farinha de brócolis. Espinosa-Solis *et al.*, (2019) relataram OCT médio de 8,50 min e CL de 5,78 % para massas fortificadas com farinha de maçã. Nestes estudos, os autores trabalharam com fortificação em farinha com alto teor proteico (sêmola de trigo duro). As massas elaboradas foram comparadas às massas de boa qualidade com características ideais. No nosso estudo, a massa controle foi elaborada com farinha mole e com baixo teor proteico, com características não ótimas para a elaboração das massas. A fortificação com proteínas de tremoço na massa melhorou a força da massa, uma vez que, pode ter aumentado a competição da farinha de trigo pela água durante o cozimento. Isso pode ter impactado na migração da água para o interior da massa durante o cozimento (WA), aumentando, o tempo de cozimento das massas (OCT). Com tempo maior de cozimento, ou seja, maior tempo para inchamento dos grânulos de amido, menos amido foi lixiviado para a água (CL).

#### **4.3.4 Identificação de sólidos por RMN**

A perda de cozimento é comumente usada como preditor de desempenho geral de cozimento por consumidores e indústrias e, geralmente, é acompanhada por uma transferência da massa de constituintes da massa para a água de cozimento (Diamante *et al.*, 2019). Os sólidos que se difundiram da estrutura das massas para a água de cozimento foram identificados pela técnica de RMN (Figura 18). A ressonância entre 3,6 e 4,8 ppm, aproximadamente, apresentam os picos relacionados à glicose do amido e foram identificados com base nos trabalhos realizados por Whitney *et al.* (2016) e Bai *et al.* (2011). Esses picos representam os hidrogênios nas posições 2, 3, 4 e 5. Como era esperado, na formulação M0, o pico nessa região apresentou intensidade maior e banda mais larga em comparação com as outras amostras, indicando mais conteúdo de amido na água de cozimento. O menor pico foi encontrado para a formulação M20, correlacionando-se com menor teor de CL obtido e apresentado anteriormente.

Figura 18- Espectro de RMN da água de cozimento de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremço.



M0, massa sem adição de farinha de tremço (controle); M10, massa com adição de 10% de farinha de tremço; M20, massa com adição de 20% de farinha de tremço; M30, massa com adição de 30% de farinha de tremço. L, prótons de lipídios. Setas indicam ligação α-1,4 e α-1,6 de glicose.

Fonte: Autora (2024).

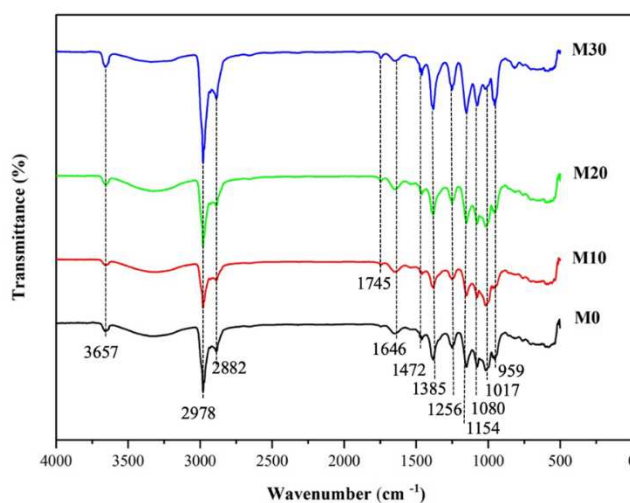
Ainda, as ressonâncias adquiridas mostraram a presença ligações das  $\alpha$ -1,4 (amilose) e  $\alpha$ -1,6, que são encontradas principalmente nas moléculas de amilopectina. Percebeu-se que ambos os picos tem intensidade maior em M0 e diminuem com o aumento do percentual de farinha de tremoço na massa (Sandhu *et al.*, 2012; Winning *et al.*, 2009). Medições espectroscópicas de  $^1\text{H}$ -RMN anteriores mostraram que os picos localizados entre 1,5- 3,0 ppm correspondem ao lipídios (L), especificamente, a protons de hidrogênio a carbonila e a protons de hidrogênio a carbonos de metileno localizados entre duas ligações duplas, usados para determinar ácidos graxos saturados e poliinsaturados, respectivamente (Barison *et al.*, 2010; Feitosa *et al.*, 2019). Foi observado que as amostras M20 e M30 apresentaram intensidade maior nesses picos devido a maior quantidade de farinha de tremoço incorporada na massa.

Na amostra M30 foram registrados uma maior complexidade espectral, com a presença de outros picos não identificados nas amostras anteriores. Considerando que a identificação de compostos da água de cozimento de massa fresca com farinha de tremoço foi uma abordagem não realizada anteriormente, valores comparáveis não puderam ser encontrados na literatura.

#### 4.3.5 Espectroscopia Infravermelha de Transformada Fourier (FTIR)

Os espectros de FTIR sobrepostos das massas frescas controle e fortificadas com farinha de tremoço são apresentadas na Figura 19.

Figura 19- Espectros de infravermelho de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremoço na região 4000 a 500  $\text{cm}^{-1}$ .



Fonte: Autora (2024).

M0, massa sem adição de farinha de tremoço (controle); M10, massa com adição de 10% de farinha de tremoço; M20, massa com adição de 20% de farinha de tremoço; M30, massa com adição de 30% de farinha de tremoço.

Os espectros das massas mostraram picos em faixas de comprimento de onda semelhantes mas com diferentes intensidades de transmitância. A banda do pico em cerca de  $3657\text{ cm}^{-1}$  corresponde ao grupo OH (alongamento OH), sendo atribuída às interações entre as moléculas de água e os componentes da massa, bem como as interações água-água (água livre) através de ligações de hidrogênio (Garcia-Valle *et al.*, 2021). Outra região característica da presença de água está localizada no pico  $1646\text{ cm}^{-1}$ , relacionada a curvatura OH da molécula de água (Velzen *et al.*, 2003). No primeiro pico ( $3657\text{ cm}^{-1}$ ) a formulação M30 apresentou um pico ligeiramente mais intenso, mas não houve diferença de intensidade de transmitância entre as amostras no segundo pico.

A região de  $2978\text{-}2882\text{ cm}^{-1}$  corresponde aos modos de alongamento simétrico e assimétrico dos grupos  $\text{CH}_3$  e  $\text{CH}_2$  de lipídios (Durazzo *et al.*, 2018). A massa M30 mostrou intensidade maior desses picos, indicando a presença de maiores quantidades de lipídios. A farinha de tremoço é rica em lipídios (11,2%) e essa amostra por conter percentual maior, contribuiu para o resultado obtido (Mierlita *et al.*, 2018)

A única diferença notável entre os espectros FTIR das amostras foi na região de  $1745\text{ cm}^{-1}$ , onde pequenos picos foram observados nas massas com farinha de tremoço, mas não encontrado na M0. Esta região foi previamente reconhecida na determinação do grau de esterificação dos grupos carbonílicos (C=O) de pectina (Amir *et al.*, 2013). De fato, a farinha de tremoço incorporada nas massas M10, M20 e M30 foi obtida da semente integral. Dessa forma, esses picos indicam a presença de fibras nessas amostras.

As bandas de transmitância características principais de proteína foram verificadas aproximadamente em  $1472\text{ cm}^{-1}$  (amida I) e  $1385\text{ cm}^{-1}$  (amida II). Amida I surge do estiramento de C-O do grupo peptídico na proteína. A banda amida II é principalmente da dobra do NH e, secundariamente, do efeito do estiramento CN (Rani *et al.*, 2019). A forte transmitância do estiramento do NH no espectro da amostra M30 indica alto teor de proteínas comparada as demais.

A região espectral de polissacarídeos está localizada na faixa de  $1256\text{ a }1154\text{ cm}^{-1}$  e reflete as vibrações de ligações associadas as ligações C-O presentes em polissacarídeos. Essa região corresponde à vibração de ligações de anéis de piranose e ligações C-O-C nas unidades

de glicose, que compõem os polissacarídeos (Unuvar *et al.*, 2023b). Essa bandas apresentaram intensidades superiores nas amostras M20 e M30, inferindo que a farinha de tremoço em maior concentração nas massas contribuiu para o aumento da composição de polissacarídeos .

Segundo Laurent *et al.* (2023), a faixa de amido apresenta três picos característicos entre a região 1070 e 950  $\text{cm}^{-1}$  e estão relacionados ao alongamento C-O-C e ao alongamento CO(COH). Cada pico oferece informação sobre a organização molecular do amido. No presente estudo, foi percebido que esses pico foram obtidos entre as regiões 1080 e 959  $\text{cm}^{-1}$ . A região de 1080  $\text{cm}^{-1}$  refere-se a estruturas ordenadas (por exemplo, duplas hélices); a transmitância em 1022  $\text{cm}^{-1}$  está relacionada à estruturas amorfas e a transmitância em 959  $\text{cm}^{-1}$  corresponde a estruturas cristalinas hidratadas. Dessa maneira, o aumento da intensidade das bandas em 1080  $\text{cm}^{-1}$  podem indicar um aumento da quantidade de estruturas ordenadas, de curto alcance nas amostras a medida que se aumenta a quantidade de farinha de tremoço nas massas (M10 < M20 < M30). A estrutura amorfa (1017  $\text{cm}^{-1}$ ) das amostras M0 e M10 mostraram-se semelhantes. Contudo, foi verificado que as massas M20 e M30 apresentaram redução de intensidade nesse pico, inferindo que possuíam mais ordenação atômica. Resumidamente, os resultados indicaram que maior percentual de proteína de tremoço (acima de 20% de farinha nas massas) diminuíram estruturas vítreas da massa e aumentaram as estruturas ordenadas (AMIR *et al.*, 2013). A magnitude do pico 959  $\text{cm}^{-1}$  da massa M30 indica maior quantidade de ligação de hidrogênio intramolecular do grupo OH no carbono C6 do anel glicólico (Rodriguez-Huezo *et al.*, 2022).

#### 4.3.6 Análise sensorial

##### 4.3.6.1 Nuvem de palavras

A nuvem de palavras é uma ferramenta visual válida para destacar os resultados qualitativos de estudos com consumidores, como grupos focais. O princípio é exibir as palavras que ocorrem com mais frequência em uma determinada descrição. A ocorrência e o tamanho de cada palavra mostram a relevância de cada resultado específico, permitindo que os observadores percebam rapidamente as diferenças entre as amostras através de descritores, que ilustram o perfil de cada amostra (Alderson *et al.*, 2021). Assim, a Figura 20 sintetiza visualmente, os perfis das formulações com base na frequência das palavras utilizadas pelo grupo focal, para descrever as massas degustadas. Quanto maior o termo na figura, maior foi a frequência citada durante a entrevista. Pode-se destacar que na amostra M0, os termos

proeminentes foram ‘sabor de farinha de trigo’ e ‘textura muito firme’, outros aspectos citados foram ‘aparência firme’ e ‘cor muito pálida’. Assim como na M0, na formulação ME, o sabor foi o atributo mais relevante, seguido da cor e da aparência. A adição de ovos no controle ME mudou a percepção dos participantes do sabor da massa, passando a caracterizar a amostra ME com ‘sabor de ovo’. No atributo cor, pode-se considerar que a percepção foi melhorada, uma vez que, a adição de ovos em massas frescas tem função de melhorar a coloração.

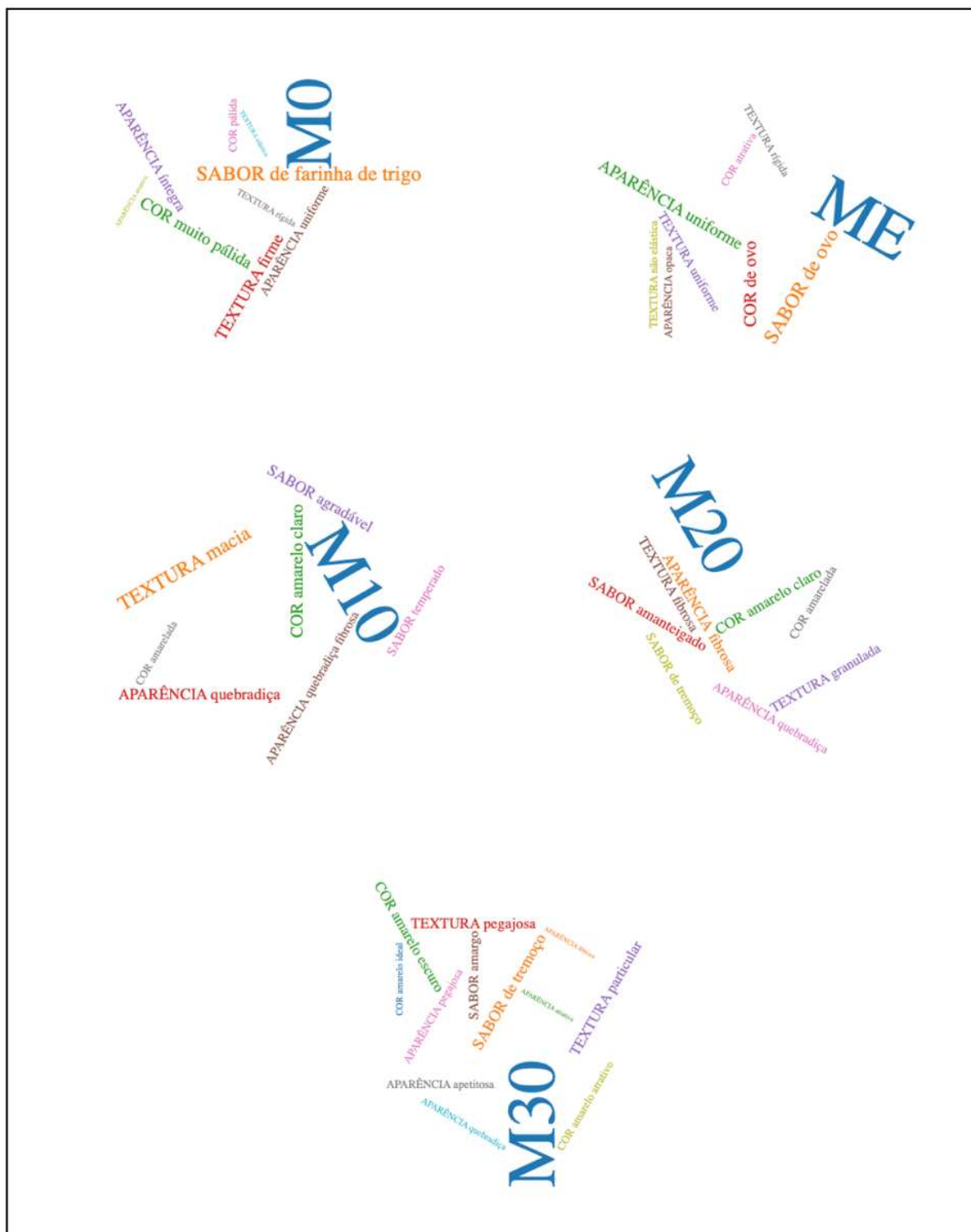
Foi observado que nas massas fortificadas com farinha de tremoço o atributo mais destacado foi a textura. A formulação M10 foi caracterizada com o termo ‘textura macia’ diferente dos termos recebidos para M0 (‘textura firme’) e ME (‘textura rígida’). Já nas amostras M20 e M30, foram citados com maior frequência ‘textura fibrosa’ e ‘textura particulada’, respectivamente. Percebeu-se que acima de 10% de farinha de tremoço na massa, as fibras tornaram-se perceptíveis durante a degustação. Outro aspecto que apoia essa hipótese foram os termos obtidos quanto à aparência: ‘aparência quebradiça’, ‘aparência fibrosa’ e ‘aparência quebradiça e fibrosa’. Na amostra M30 houve a descrição de ‘textura pegajosa’. Essa descrição está em concordância com os resultados obtidos de alto valor de pegajosidade para essa amostra (Tabela 8). Estudo anterior relatou que a adição de farinha de tremoço trouxe características sensoriais ligeiramente indesejáveis como granulidade e sabor residual (Rodrigues *et al.*, 2024).

No atributo sabor, as massas com farinha de tremoço foram identificadas com as expressões ‘sabor agradável’, ‘sabor amanteigado’ e ‘sabor de tremoço’. A expressão ‘sabor de tremoço’ só foi relatada nas amostras M20 e M30. Contudo, foi percebido que a característica ‘sabor de tremoço’ na M20 foi acompanhada do descritor ‘sabor amanteigado’, mas na amostra M30 foi relacionado à ‘sabor amargo’. Indicando que, possivelmente, esse percentual maior de farinha de tremoço induziu percepção negativa do sabor. Na formulação M10, o termo ‘sabor agradável’ foi acompanhado de ‘sabor temperado’, diferente da M20 e M30, não houve identificação do tremoço.

O perfil de cor das amostras foram descritos como ‘amarelo claro’ para M10 e M20 e ‘amarelo escuro’ para M30. Esses termos concordam com os dados de cor obtidos em que o aumento de farinha de tremoço na massa favoreceu o escurecimento e tendência a coloração amarela (Tabela 8). Com a nuvem de palavras foi verificado que o escurecimento da massa M30 foi apreciada uma vez que foi descrita como ‘cor amarelo atrativo’ e ‘cor amarelo ideal’.



Figura 20- Nuvem de palavras do grupo focal, mostrando as características identificadas nas massas pelos participantes.



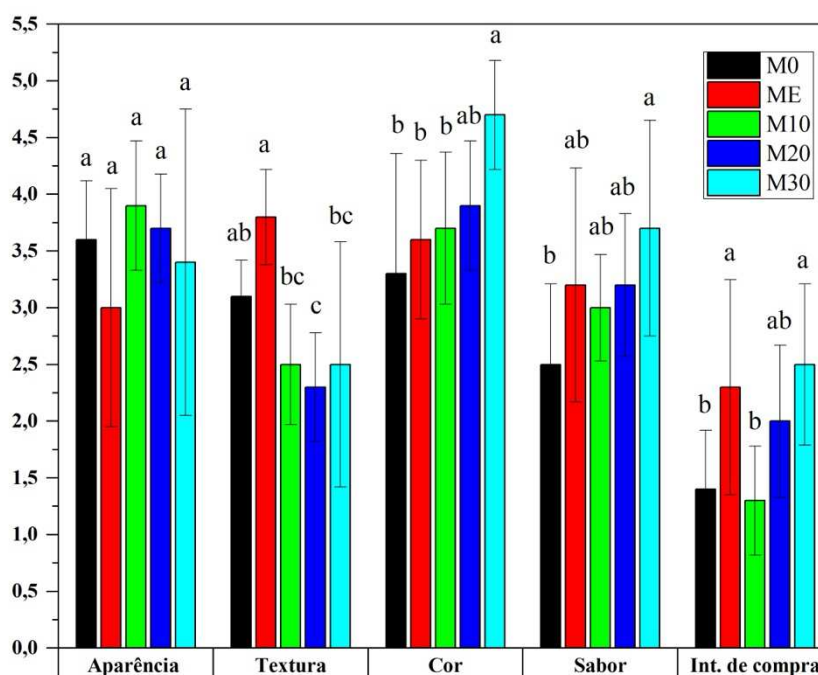
Fonte: Autora (2024).

M0, massa sem adição de farinha de tremçoço (controle); ME, massa com ovos; M10, massa com adição de 10% de farinha de tremçoço; M20, massa com adição de 20% de farinha de tremçoço; M30, massa com adição de 30% de farinha de tremçoço.

#### 4.3.6.2 Teste de aceitação e intenção de compra

O teste de aceitação quanto aos atributos aparência, textura, cor, sabor, somado à intenção de compra foi aplicado e as médias das notas obtidas são apresentadas na Figura 8. Para aparência, verificou-se que entre as formulações não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ). As amostras foram classificadas com notas que variaram entre 3 (média) e 4 (boa) para ME e M10, respectivamente. Foi percebido que esses atributos foram tratados com relevante frequência entre os participantes, na nuvem de palavras obtida e sugere que o aumento da concentração de farinha de tremoço na massa, não influenciou negativamente a aparência (Figura 21).

Figura 21- Escore médio do teste de aceitação e intenção de compra de massas frescas experimentais fortificadas com farinha de tremoço.



Fonte: Autora (2024).

M0, massa sem adição de farinha de tremoço (controle); ME, massa com ovos; M10, massa com adição de 10% de farinha de tremoço; M20, massa com adição de 20% de farinha de tremoço; M30, massa com adição de 30% de farinha de tremoço. As barras coloridas representam a média das respostas e a barra mostra DP. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa entre as formulações pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os resultados de textura mostraram que a farinha de tremço na massa influenciou a percepção dos participantes ( $p < 0,05$ ). Dentre as amostras, a ME foi caracterizada como muito firme, apresentando maior valor médio 4. Por outro lado, a amostra M20 recebeu valor médio menor 2, caracterizada como pouco firme. As amostras M10 e M30 receberam avaliação semelhante à M0 e M20, sendo consideradas massas com textura entre pouco firme e firme ( $p > 0,05$ ). A farinha de tremço ao ser incorporada na massa interferiu na estrutura do glúten, diminuindo a firmeza. Isso explica a classificação dos termos ‘textura macia’ e ‘textura pegajosa’ apontado pelos participantes para essas massas (Figura 20).

A coloração das massas com tremço foram aceitas e classificadas na escala como boa para as amostras M10 e M20, obtendo média 4 e ótima para a M30, obtendo nota máxima 5, portanto, sendo significativamente a formulação mais aceita ( $p < 0,05$ ). Maior teor de farinhas de tremço na massa proporcionou uma coloração mais escura consistindo como ‘cor amarelo ideal’ na percepção dos provadores (Figura 20).

Não houve diferença entre as massas com tremço para o atributo sabor ( $p > 0,05$ ). No entanto, foi observado que a massa M30 diferiu significativamente da M0 ( $p < 0,05$ ), apresentando maior valor (4- sabor forte). Possivelmente, esse resultado foi influenciado pela percepção de sabor amargo identificado na análise (Figura 20).

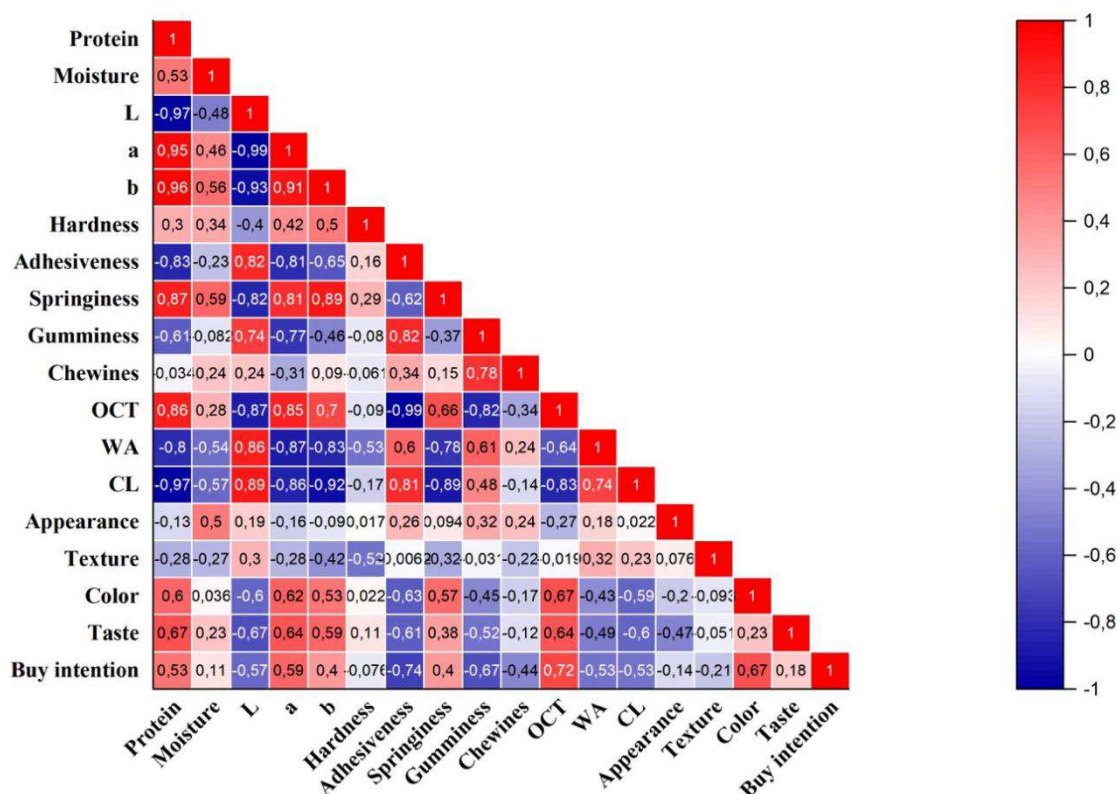
Os valores médios de intenção de compra para as cinco amostras de massas variaram entre 1 e 3 na escala. Diferenças na intenção de compra foram encontradas entre as amostras ( $p < 0,05$ ). As amostras ME e M30 foram classificadas como ‘não compraria’, sendo portanto as amostras menos aceitas. A M20 com nota 2, foi conceituada como ‘talvez comprasse’. A M10 foi a formulação que recebeu melhor avaliação pelos participantes, apontada como a amostra que eles comprariam.

#### 4.3.7 Correlação de Pearson

Os resultados de umidade, cor, APT, qualidade de cozimento e teste de aceitabilidade foram correlacionados com o teor de proteínas das formulações com a finalidade de analisar a relação entre os parâmetros. O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) obtido foi disposto em gráfico de calor (*heatmap*), mostrando que os valores de correlação significativos ( $p < 0,05$ ) estão nas áreas com coloração intensa: vermelho escuro e azul escuro (Figura 22). O teor de proteínas apresentou uma relação forte negativa no  $L$  das massas ( $r = -0,97$ ). Nos componentes  $a$  e  $b$  houve correlação positiva forte com  $r = 0,95$  e  $0,96$ , respectivamente. Esta observação está de acordo com Martinez *et al.* (2012), que relataram correlação significativa do teor total

de proteínas e os parâmetros  $a$  e  $b$  de massas frescas ( $r = 0,84$  e  $0,89$ , respectivamente). Assim como nesse estudo, o  $L$  correlacionou-se negativamente ( $r = -0,85$ ).

Figura 22- Mapa de calor com matrix de correlação de Pearson.



Fonte: Autora (2024).

Os dados no mapa mostram os coeficientes de correlação de Pearson. Correlações significativas apresentam coloração mais intensa (vermelho e azul) a nível de 0,05 de significância.

Os parâmetros de APT que apresentaram correlação significativa com o teor de proteínas foram a adesividade ( $r = -0,83$ ), elasticidade e ( $r = 0,87$ ) e gomosidade ( $r = -0,61$ ). Assim, o aumento do conteúdo de proteínas de tremço na massa com incorporação da farinha teve correlação positiva na adesividade e elasticidade, e negativa na gomosidade.

Correlações significativas dos parâmetros de qualidade de cozimento com o teor de proteínas das massas foram encontrados ( $p < 0,05$ ). Foi observado que o OCT mostrou efeito forte positivo ( $r = 0,86$ ), indicando que quanto maior quantidade de proteína na massa, maior foi o tempo de cozimento necessário. A WA e CL apresentou correlação negativa forte com  $r$

= -0,80 e -0,97, respectivamente, apoiando que a massa elaborada com trigo fraco adicionada com a farinha de tremoço melhorou a qualidade tecnológica das massas frescas ao diminuir a quantidade de WA e CL durante o cozimento. Estudos anteriores relataram que proteínas de tremoço adicionadas em diferentes alimentos melhoraram a qualidade tecnológica, como exemplo, biscoitos e pães tiveram diminuição da WA do produto final aumentando a estabilidade, CL em produtos de carne (hambúrgueres, frankfurters e salsichas) diminuíram devido ao fortalecimento da estrutura dos produtos com proteínas de tremoço, espaguete fortificado com tremoço obtiveram CL comparável ao espaguete controle (100% sêmola) (DOXASTAKIS *Et Al.*, 2007; DRAKOS; DOXASTAKIS; KIOSSEOGLU, 2007; Mota *et al.*, 2020; Vogelsang-O'dwyer *et al.*, 2020) Esses resultados induzem que, do ponto de vista tecnológico, ao aumentar a quantidade de proteína de tremoço ocorreu melhoria da qualidade tecnológica. No entanto, foi percebido que essa melhoria é limitante até níveis de 20% de incorporação de farinha de tremoço, após isso, ocorre diluição do glúten, desestruturação da massa e aumento da CL.

De forma geral, a aceitabilidade das massas foram correlacionadas negativamente com a adesividade e gomosidade, e positivamente com OCT ( $P < 0,05$ ), uma vez que o  $r$  da intenção de compra foram -0,74, - 0,67 e 0,72, respectivamente. O aumento de farinha de tremoço e, conseqüentemente, de proteínas nas massas frescas diminuiu a aceitabilidade das massas ao induzir as massas maior adesividade e gomosidade. Os participantes mostraram que aceitaram massas com OCT superior.

#### 4.4 CONCLUSÕES

Esses resultados foram úteis para aprofundar o estudo dos aspectos estruturais, tecnológicos e sensoriais de alimento com alto teor de proteínas, uma tendência mundial. Podendo ser importante para a indústria de massas artesanais, permitindo a diversificação de ingredientes e a produção de baixo custo ao utilizar trigo com menor teor de proteínas.

A fortificação de trigo mole com farinha de tremoço para a elaboração de massas frescas melhorou as propriedades nutricionais e tecnológicas das massas, sem comprometer a aceitação sensorial. Os resultados demonstraram que a fortificação aumentou o teor de proteínas contribuindo para uma rede contínua de proteínas mais fortes e com inchaço, mais lento de amido, influenciando positivamente a adesividade, elasticidade e tempo de cozimento das massas. No entanto, a incorporação de níveis superiores a 20% resultou em diluição do glúten,

desestruturação da massa e aumento da perda de cozimento, indicando um limite para a quantidade ideal de fortificação.

Além disso, foi observado que a aceitabilidade das massas correlacionou-se negativamente com a adesividade e gomosidade, e positivamente com o tempo de cozimento. Os participantes do estudo mostraram preferência por massas com menor adesividade e maior elasticidade, aceitando melhor aquelas com até 20% de fortificação.

Levando em consideração o alto teor de compostos antioxidantes do tremoço, futuras pesquisas poderiam investigar e caracterizar os compostos bioativos oriundos da farinha nas massas, explorando a funcionalidade para o aumento do prazo de vida útil do produto.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo proposto para este estudo que foi a avaliação da influência de tratamentos combinados: maceração e imersão (pré-tratamentos) com tratamento térmico sob pressão e micro-ondas na elaboração de farinha de tremoço e verificação da aplicabilidade na produção de massas alimentícias frescas, tendo em vista os resultados obtidos pode-se afirmar que:

Os pré-tratamentos combinados com cozimento através de micro-ondas produziram farinha de tremoço com melhor teor de proteínas, semelhante a farinha germinada. No entanto, com melhor performance na remoção de taninos, um antinutriente presente na semente de tremoço que propicia sabor indesejado.

Os pré-tratamentos aliados ao cozimento sob pressão impactaram negativamente a qualidade nutricional da farinha de tremoço, no entanto, melhorou o desempenho tecnológico da farinha.

A fortificação de 20% de farinha de tremoço na elaboração de massa fresca melhorou as propriedades nutricionais e tecnológicas das massas, sem comprometer a aceitação sensorial.

## REFERÊNCIAS

- AACC, Approved Methods 46. **American association of cereal chemists**. Method 66–50, 26–10A, 26.41, 66, v. 41, 2000.
- ABAD, A. G. K.; KINNUNEN, T. I.; MAUKONEN, M.; KOIVISTO, A.-M.; MÄNNISTÖ, S.; KAARTINEN, N. E. Association between legume consumption and the intake of other foods and nutrients in the Finnish adult population. **British Journal of Nutrition**, v. 130, n. 8, p. 1458–1468, out. 2023.
- ABBAS, Y.; AHMAD, A. IMPACT OF PROCESSING ON NUTRITIONAL AND ANTINUTRITIONAL FACTORS OF LEGUMES: A REVIEW. **Annals: Food Science & Technology**, v. 19, n. 2, 2018.
- ADIBA, I. F.; SAE-TAN, S.; KATEKHONG, W.; RITTHIRUANGDEJ, P.; CHAVEESUK, R.; RATANASUMAWONG, S. Effect of ingredients on cooking quality, textural properties, and microstructure of fresh mung bean by-product gluten-free pasta. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 59, n. 4, p. 2581–2591, 2024.
- AJAYI, F. F.; MUDGIL, P.; MAQSOOD, S. Molecular structural modification of jack bean protein using thermo-shearing/ultrasound/microwave treatments for improved extractability, functional and gelling properties: The underlying impacts of matrix pre-treatment versus alkaline-assisted extraction. **Food Hydrocolloids**, v. 154, p. 110066, 1 set. 2024.
- ALDERSON, H.; LIU, C.; MEHTA, A.; GALA, H. S.; MAZIVE, N. R.; CHEN, Y.; ZHANG, Y.; WANG, S.; SERVENTI, L. **Sensory Profile of Kombucha Brewed with New Zealand Ingredients by Focus Group and Word Clouds**. **Fermentation**, v. 7, n. 3, p. 100, set. 2021.
- ALESSANDRINI, L.; BALESTRA, F.; ROMANI, S.; ROCCULI, P.; ROSA, M. D. Physicochemical and Sensory Properties of Fresh Potato-Based Pasta (Gnocchi). **Journal of Food Science**, v. 75, n. 9, p. S542–S547, 2010.
- ALGHAMDI, Salem S. Chemical composition of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes under various water regimes. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 8, n. 4, p. 477-482, 2009.
- ALINOVI, M.; PACIULLI, M.; RINALDI, M.; BARBANTI, D.; CHIAVARO, E. Effect of chestnut flour fortification on physico-chemical characteristics of gluten-free fresh pasta. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 58, n. 6, p. 3360–3370, 2023.
- ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, J.; GUILLAMÓN, E.; CRESPO, J. F.; CUADRADO, C.; BURBANO, C.; RODRÍGUEZ, J.; FERNÁNDEZ, C.; MUZQUIZ, M. Effects of Extrusion, Boiling, Autoclaving, and Microwave Heating on Lupine Allergenicity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1294–1298, 2005.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **AACC Approved Methods of Analysis**. 11th ed. Rheological behavior of flour by farinograph: constant flour weight procedure. Saint Paul: Cereals & Grains Association, method 54-21.02, approved Jan 6, 2011.



Disponível em: <https://methods.aaccnet.org/summaries/54-21-02.aspx>. Acesso em: 10 dez. 2023.

AMIR, R. M.; ANJUM, F. M.; KHAN, M. I.; KHAN, M. R.; PASHA, I.; NADEEM, M. Application of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy for the identification of wheat varieties. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 5, p. 1018–1023, 1 out. 2013.

AMOAH, I.; ASCIONE, A.; MUTHANNA, F. M. S.; FERACO, A.; CAMAJANI, E.; GORINI, S.; ARMANI, A.; CAPRIO, M.; LOMBARDO, M. Sustainable Strategies for Increasing Legume Consumption: Culinary and Educational Approaches. **Foods**, v. 12, n. 11, p. 2265, jan. 2023.

ANDRADE, J.; PEREIRA, C. G.; ALMEIDA JUNIOR, J. C. de; VIANA, C. C. R.; NEVES, L. N. de O.; SILVA, P. H. F. da; BELL, M. J. V.; ANJOS, V. de C. dos. FTIR-ATR determination of protein content to evaluate whey protein concentrate adulteration. **LWT**, v. 99, p. 166–172, 1 jan. 2019.

ANGIOLILLO, L.; SPINELLI, S.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Extract from Broccoli Byproducts to Increase Fresh Filled Pasta Shelf Life. **Foods**, v. 8, n. 12, p. 621, dez. 2019.

ARAOYE, K. T.; AKINOLA, S. A.; OYELADE, A. M.; OGAGAR, S.; OYEWALE, M. B.; OGUNBUSOLA, E. M.; SANNI, T. A.; OLUDAHUNSI, O. F. Efeito da acetilação sobre as características funcionais do feijão-de-líma (*Phaseolus lunatus*). **Food and Humanity**, v. 2, p. 100237, 1 maio 2024.

ARAVIND, N.; SISSONS, M.; EGAN, N.; FELLOWS, C. Effect of insoluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. **Food Chemistry**, v. 130, n. 2, p. 299–309, 15 jan. 2012.

ASGAR, M. A.; FAZILAH, A.; HUDA, N.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Nonmeat Protein Alternatives as Meat Extenders and Meat Analogs. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 5, p. 513–529, 2010.

ASMEDA, R.; NOORLAILA, A.; NORZIAH, M. H. Relationships of damaged starch granules and particle size distribution with pasting and thermal profiles of milled MR263 rice flour. **Food chemistry**, v. 191, p. 45-51, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY- **Official Methods of Analysis** (1997) 16th Ed., AOAC International, J. AOAC Int, v. 80, n. 6, p. 127A, 1997.

ATUDOREI, D.; STROE, S.-G.; CODINĂ, G. G. Impact of Germination on the Microstructural and Physicochemical Properties of Different Legume Types. **Plants**, v. 10, n. 3, p. 592, mar. 2021.

AYDIN, E.; GOCMEN, D. The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 385–392, 1 jan. 2015.

BÄHR, M.; FECHNER, A.; HASENKOPF, K.; MITTERMAIER, S.; JAHREIS, G. Chemical composition of dehulled seeds of selected lupin cultivars in comparison to pea and soya bean. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 587–590, 1 nov. 2014.

BAI, Y.; SHI, Y.-C.; HERRERA, A.; PRAKASH, O. Study of octenyl succinic anhydride-modified waxy maize starch by nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n. 2, p. 407–413, 10 jan. 2011.

BANOVIC, M.; ARVOLA, A.; PENNANEN, K.; DUTA, D. E.; BRÜCKNER-GÜHMANN, M.; LÄHTEENMÄKI, L.; GRUNERT, K. G. Foods with increased protein content: A qualitative study on European consumer preferences and perceptions. **Appetite**, v. 125, p. 233–243, 1 jun. 2018.

BARISON, A.; SILVA, C. W.; CAMPOS, F. R.; SIMONELLI, F.; LENZ, C. A.; FERREIRA, A. G. A simple methodology for the determination of fatty acid composition in edible oils through <sup>1</sup>H NMR spectroscopy. **Magnetic Resonance in Chemistry**, v. 48, n. 8, p. 642–650, 2010.

BERRU, L. B.; GLORIO-PAULET, P.; BASSO, C.; SCARAFONI, A.; CAMARENA, F.; HIDALGO, A.; BRANDOLINI, A. Chemical Composition, Tocopherol and Carotenoid Content of Seeds from Different Andean Lupin (*Lupinus mutabilis*) Ecotypes. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 76, n. 1, p. 98–104, 1 mar. 2021.

BETA, T.; HWANG, T. Influence of heat and moisture treatment on carotenoids, phenolic content, and antioxidant capacity of orange maize flour. **Food Chemistry**, v. 246, p. 58–64, 25 abr. 2018.

BIELEFELD, D.; HUGHES, J.; GRAFENAUER, S. The Changing Landscape of Legume Products Available in Australian Supermarkets. **Nutrients**, v. 13, n. 9, p. 3226, set. 2021.

BOLARINWA, I. F.; OYESIJI, O. O. Gluten free rice-soy pasta: proximate composition, textural properties and sensory attributes. **Heliyon**, v. 7, n. 1, p. e06052, 28 jan. 2021.

BONACCI, S.; DI STEFANO, V.; SCIACCA, F.; BUZZANCA, C.; VIRZÌ, N.; ARGENTO, S.; MELILLI, M. G. Hemp Flour Particle Size Affects the Quality and Nutritional Profile of the Enriched Functional Pasta. **Foods**, v. 12, n. 4, p. 774, jan. 2023.

BOU, R.; NAVARRO-VOZMEDIANO, P.; DOMÍNGUEZ, R.; LÓPEZ-GÓMEZ, M.; PINENT, M.; RIBAS-AGUSTÍ, A.; BENEDITO, J. J.; LORENZO, J. M.; TERRA, X.; GARCÍA-PÉREZ, J. V.; PATEIRO, M.; HERRERA-CERVERA, J. A.; JORBA-MARTÍN, R. Application of emerging technologies to obtain legume protein isolates with improved techno-functional properties and health effects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 21, n. 3, p. 2200–2232, 2022.

BRANDOLINI, A.; GLORIO-PAULET, P.; ESTIVI, L.; LOCATELLI, N.; CORDOVA-RAMOS, J. S.; HIDALGO, A. Alterações em tocoferóis, carotenóides e fenólicos durante o processamento de sementes de tremço andino (*Lupinus mutabilis* Sweet). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 106, p. 104335, 1 mar. 2022.

BRANDOLINI, A.; LUCISANO, M.; MARIOTTI, M.; HIDALGO, A. A study on the quality of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) pasta. **Journal of Cereal Science**, v. 82, p. 57–64, 1 jul. 2018.

BURGOS, V. E.; LÓPEZ, E. P.; GOLDNER, M. C.; DEL CASTILLO, V. C. Physicochemical characterization and consumer response to new Andean ingredients-based

fresh pasta: Gnocchi. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 16, p. 100142, 1 jul. 2019.

BUSTOS, M. C.; PEREZ, G. T.; LEON, A. E. Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. **RSC Advances**, v. 5, n. 39, p. 30780–30792, 30 mar. 2015.

CABELLO-HURTADO, F.; KELLER, J.; LEY, J.; SANCHEZ-LUCAS, R.; JORRÍN-NOVO, J. V.; AÏNOUCHE, A. Proteomics for exploiting diversity of lupin seed storage proteins and their use as nutraceuticals for health and welfare. **Journal of Proteomics, Food and Crop Proteomics**. v. 143, p. 57–68, 30 jun. 2016.

CALABRÒ, S.; CUTRIGNELLI, M. I.; LO PRESTI, V.; TUDISCO, R.; CHIOFALO, V.; GROSSI, M.; INFASCELLI, F.; CHIOFALO, B. Characterization and effect of year of harvest on the nutritional properties of three varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 15, p. 3127–3136, 2015.

CAPURSO, A.; CREPALDI, G.; CAPURSO, C. Legumes and Pulses. In: CAPURSO, A.; CREPALDI, G.; CAPURSO, C. (orgs.). *Benefits of the Mediterranean Diet in the Elderly Patient*. Cham: **Springer International Publishing**, 2018. p. 285–324.

CARAMONA, A.; MARTINS, A. M.; SEIXAS, J.; MARTO, J. The use, reuse and valorization of lupin and its industry by-products for dermocosmetics applications. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 38, p. 101477, 1 abr. 2024.

CARBONARO, M.; MASELLI, P.; NUCARA, A. Relationship between digestibility and secondary structure of raw and thermally treated legume proteins: a Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic study. **Amino Acids**, v. 43, n. 2, p. 911–921, 1 ago. 2012.

CARBONI A, D.; SALINAS, V.; PUPPO, C. M. Production of legume-wheat dough of optimum quality for breadmaking: essential analyses required. **Current Opinion in Food Science**, v. 49, p. 100970, 1 fev. 2023.

CARRANÇA, T. **Por que feijão está sumindo do prato dos brasileiros**. **BBC News Brasil**, Jan 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c90935j2k8go> . Acesso em: 21 fev. 2024.

CARVAJAL-LARENAS, F. E.; LINNEMANN, A. R.; NOUT, M. J. R.; KOZIOL, M.; VAN BOEKEL, M. a. J. S. *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 9, p. 1454–1487, 3 jul. 2016.

CARVALHO, A. V., Bassinello, P. Z., Mattietto, R. A., Carvalho, R. N., Rios, A. O., & Seccadio, L. L. (2012). Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**, 15(1), 72-83. 2012.

CAUVAIN, S. P. *Baking Problems Solved*. Woodhead Publishing Series in Food Science, **Technology and Nutrition**. p. 33–144, 2017.

CHANDRASEKARAN, S.; RAMANATHAN, S.; BASAK, T. Microwave food processing—A review. **Food Research International**, v. 52, n. 1, p. 243–261, 1 jun. 2013.

CHAPLEAU, N.; LAMBALLERIE-ANTON, M. de. Improvement of emulsifying properties of lupin proteins by high pressure induced aggregation. **Food Hydrocolloids**, v. 17, n. 3, p. 273–280, 1 maio 2003.

CHÁVEZ-MURILLO, C. E.; VEYNA-TORRES, J. I.; CAVAZOS-TAMEZ, L. M.; DE LA ROSA-MILLÁN, J.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. Physicochemical characteristics, ATR-FTIR molecular interactions and in vitro starch and protein digestion of thermally-treated whole pulse flours. **Food Research International**, v. 105, p. 371–383, 1 mar. 2018.

CHENG, Y. F.; BHAT, R. Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing underutilized jering (*Pithecellobium jiringa* Jack.) legume flour. **Food Bioscience**, v. 14, p. 54–61, 1 jun. 2016.

CHIGWEDERE, C. M.; NJOROGE, D. M.; VAN LOEY, A. M.; HENDRICKX, M. E. Understanding the Relations Among the Storage, Soaking, and Cooking Behavior of Pulses: A Scientific Basis for Innovations in Sustainable Foods for the Future. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 4, p. 1135–1165, 2019.

CHINMA, C. E.; ABU, J. O.; ASIKWE, B. N.; SUNDAY, T.; ADEBO, O. A. Effect of germination on the physicochemical, nutritional, functional, thermal properties and in vitro digestibility of Bambara groundnut flours. **LWT**, v. 140, p. 110749, 1 abr. 2021.

CHINMA, C. E.; ADEWUYI, O.; ABU, J. O. Effect of germination on the chemical, functional and pasting properties of flour from brown and yellow varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). **Food Research International**, v. 42, n. 8, p. 1004–1009, 1 out. 2009.

CHINMA, C. E.; ANUONYE, J. C.; SIMON, O. C.; OHIARE, R. O.; DANBABA, N. Effect of germination on the physicochemical and antioxidant characteristics of rice flour from three rice varieties from Nigeria. **Food Chemistry**, v. 185, p. 454–458, 15 out. 2015.

CHOE, U.; OSORNO, J. M.; OHM, J.-B.; CHEN, B.; RAO, J. Modification of physicochemical, functional properties, and digestibility of macronutrients in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours by different thermally treated whole seeds. **Food Chemistry**, v. 382, p. 132570, 15 jul. 2022.

CHUKWUEJIM, S.; UTIOH, A.; CHOI, T. D.; ALUKO, R. E. Lupin Seed Proteins: A Comprehensive Review of Composition, Extraction Technologies, Food Functionality, and Health Benefits. **Food Reviews International**, v. 40, 2023.

CHUKWUEJIM, S.; UTIOH, A.; CHOI, T. D.; ALUKO, R. E. Lupin seed proteins: A comprehensive review of composition, extraction technologies, food functionality, and health benefits. **Food Reviews International**, v. 40, n. 2, p. 691-714, 2024.

CODA, R.; MELAMA, L.; RIZZELLO, C. G.; CURIEL, J. A.; SIBAKOV, J.; HOLOPAINEN, U.; PULKKINEN, M.; SOZER, N. Effect of air classification and fermentation by *Lactobacillus plantarum* VTT E-133328 on faba bean (*Vicia faba* L.) flour nutritional properties. **International Journal of Food Microbiology**, v. 193, p. 34–42, 16 jan. 2015.

CÓRDOVA-RAMOS, J. S.; GLORIO-PAULET, P.; CAMARENA, F.; BRANDOLINI, A.; HIDALGO, A. Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet): Processing effects on chemical

composition, heat damage, and in vitro protein digestibility. **Cereal Chemistry**, v. 97, p. 827–835, 2020.

CORRÊA, M. M. **Avaliação da qualidade tecnológica de sete cultivares de feijão comum (Phaseolus vulgaris L.) quanto à: absorção de água, tempo de cozimento, hard-shell e aos teores de ferro e zinco antes e após diferentes métodos de cozimento doméstico.** 2007. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). UFRRJ, Rio de Janeiro, 2007.

COSTA, C.; LUCERA, A.; MASTROMATTEO, M.; CONTE, A.; NOBILE, M. A. D. Shelf life extension of durum semolina-based fresh pasta. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 8, p. 1545–1551, 1 ago. 2010.

COSTANTINI, M.; SUMMO, C.; FACCIA, M.; CAPONIO, F.; PASQUALONE, A. Kabuli and Apulian black Chickpea Milling By-Products as Innovative Ingredients to Provide High Levels of Dietary Fibre and Bioactive Compounds in Gluten-Free Fresh Pasta. **Molecules**, v. 26, n. 15, p. 4442, jan. 2021.

DEOL, J. K.; BAINS, K. Effect of household cooking methods on nutritional and anti nutritional factors in green cowpea (*Vigna unguiculata*) pods. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 5, p. 579–581, 1 out. 2010.

DEOL, J. K.; BAINS, K. Effect of household cooking methods on nutritional and anti nutritional factors in green cowpea (*Vigna unguiculata*) pods. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 5, p. 579–581, 1 out. 2010.

DEORUKHKAR, A.; ANANTHANARAYAN, L. Effect of thermal processing methods on flavonoid and isoflavone content of decorticated and whole pulses. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, n. 2, p. 465–473, 1 fev. 2021.

DIAMANTE, G.; PERESSINI, D.; SIMONATO, M.; ANESE, M. Effect of continuous cooking on cooking water properties and pasta quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 6, p. 3017–3023, 2019.

DIEDERICKS, C. F.; VENEMA, P.; MUBAIWA, J.; JIDEANI, V. A.; VAN DER LINDEN, E. Effect of processing on the microstructure and composition of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) seeds, flour and protein isolates. **Food Hydrocolloids**, v. 108, p. 106031, 1 nov. 2020.

DOXASTAKIS, G.; PAPAGEORGIOU, M.; MANDALOU, D.; IRAKLI, M.; PAPALAMPROU, E.; D'AGOSTINA, A.; RESTA, D.; BOSCHIN, G.; ARNOLDI, A. Technological properties and non-enzymatic browning of white lupin protein enriched spaghetti. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 57–64, 1 jan. 2007.

DRABIŃSKA, N.; NOGUEIRA, M.; SZMATOWICZ, B. Valorisation of Broccoli By-Products: Technological, Sensory and Flavour Properties of Durum Pasta Fortified with Broccoli Leaf Powder. **Molecules**, v. 27, n. 15, p. 4672, 22 jul. 2022.

DRAKOS, A.; DOXASTAKIS, G.; KIOSSEOGLU, V. Functional effects of lupin proteins in comminuted meat and emulsion gels. **Food Chemistry**, v. 100, n. 2, p. 650–655, 1 jan. 2007.

DU, S.-K.; JIANG, H.; YU, X.; JANE, J.-L. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *LWT - Food Science and Technology*, v. 55, n. 1, p. 308–313, 1 jan. 2014.

DUEÑAS, M.; HERNÁNDEZ, T.; ESTRELLA, I.; FERNÁNDEZ, D. Germination as a process to increase the polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.). *Food Chemistry*, v. 117, n. 4, p. 599–607, 15 dez. 2009.

DUEÑAS, Montserrat; SARMENTO, T.; AGUILERA, Y.; BENITEZ, V.; MOLLÁ, E.; ESTEBAN, R. M.; MARTÍN-CABREJAS, M. A. Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). *LWT - Food Science and Technology*, v. 66, p. 72–78, 1 mar. 2016.

DURAZZO, A.; KIEFER, J.; LUCARINI, M.; CAMILLI, E.; MARCONI, S.; GABRIELLI, P.; AGUZZI, A.; GAMBELLI, L.; LISCIANI, S.; MARLETTA, L. Qualitative Analysis of Traditional Italian Dishes: FTIR Approach. *Sustainability*, v. 10, n. 11, p. 4112, nov. 2018.

DUTTA, A.; TRIVEDI, A.; NATH, C. P.; GUPTA, D. S.; HAZRA, K. K. A comprehensive review on grain legumes as climate-smart crops: Challenges and prospects. *Environmental Challenges*, v. 7, p. 100479, 1 abr. 2022.

EL-SOHAIFY, S. A.; BRENNAN, M.; DARWISH, A. M. G.; BRENNAN, C. Physicochemical, texture and sensorial evaluation of pasta enriched with chickpea flour and protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, v. 65, n. 1, p. 28–34, 1 jun. 2020.

EL-TABEY SHEHATA, A. M. Hard-to-cook phenomenon in legumes. *Food Reviews International*, v. 8, n. 2, p. 191–221, 1 jan. 2009.

ERBAS, M. The effects of different debittering methods on the production of lupin bean snack from bitter lupinus albus l. seeds. *Journal of Food Quality*, v. 33, n. 6, p. 742–757, dez. 2010.

ESPINOSA-RAMÍREZ, J.; RODRÍGUEZ, A.; DE LA ROSA-MILLÁN, J.; HEREDIA-OLEA, E.; PÉREZ-CARRILLO, E.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. Shear-induced enhancement of technofunctional properties of whole grain flours through extrusion. *Food Hydrocolloids*, v. 111, p. 106400, 1 fev. 2021.

ESPINOSA-SOLIS, V.; ZAMUDIO-FLORES, P. B.; TIRADO-GALLEGOS, J. M.; RAMÍREZ-MANCINAS, S.; OLIVAS-OROZCO, G. I.; ESPINO-DÍAZ, M.; HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M.; GARCÍA-CANO, V. G.; SÁNCHEZ-ORTÍZ, O.; BUENROSTRO-FIGUEROA, J. J.; BAEZA-JIMÉNEZ, R. Evaluation of Cooking Quality, Nutritional and Texture Characteristics of Pasta Added with Oat Bran and Apple Flour. *Foods*, v. 8, n. 8, p. 299, 30 jul. 2019.

ESTRADA-GIRÓN, Y.; SWANSON, B. G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Advances in the use of high hydrostatic pressure for processing cereal grains and legumes. *Trends in Food Science & Technology*, v. 16, n. 5, p. 194–203, 1 maio 2005.

EZEGBE, C. C.; NWOSU, J. N.; OWUAMANAM, C. I.; VICTOR-ADULOJU, T. A.; NKHATA, S. G. Proximate composition and anti-nutritional factors in *Mucuna pruriens*

(velvet bean) seed flour as affected by several processing methods. **Heliyon**, v. 9, n. 8, p. e18728, 1 ago. 2023.

FABBRI, A. D. T.; CROSBY, G. A. A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 3, p. 2–11, 1 abr. 2016.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação: Dia Mundial das Leguminosas: para um futuro sustentável | FAO no Brasil | **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1630211/>. Acesso em: 22 nov. 2023.

FEITOSA, S.; BOFFO, E. F.; BATISTA, C. S. C.; VELASCO, J.; SILVA, C. S.; BONFIM, R.; ALMEIDA, D. T. A real case study on the physicochemical changes in crude palm oil (*Elaeis guineensis*) during the deep-frying of akara, traditional cowpea-paste balls, in Brazil. **Grasas y Aceites**, v. 70, n. 2, 2019.

FELKER, F. C.; KENAR, J. A.; BYARS, J. A.; SINGH, M.; LIU, S. X. Comparison of properties of raw pulse flours with those of jet-cooked, drum-dried flours. **LWT**, v. 96, p. 648–656, 1 out. 2018.

FERNANDEZ-OROZCO, R.; FRIAS, J.; MUÑOZ, R.; ZIELINSKI, H.; PISKULA, M. K.; KOZLOWSKA, H.; VIDAL-VALVERDE, C. Effect of fermentation conditions on the antioxidant compounds and antioxidant capacity of *Lupinus angustifolius* cv. zapaton. **European Food Research and Technology**, v. 227, n. 4, p. 979–988, 1 ago. 2008.

FIOCCHI, A.; SARRATUD, P.; TERRACCIANO, L.; VACCA, E.; BERNARDINI, R.; FUGGETTA, D.; BALLABIO, C.; DURANTI, M.; MAGNI, C.; RESTANI, P. Assessment of the tolerance to lupine-enriched pasta in peanut-allergic children. **Clinical & Experimental Allergy**, v. 39, n. 7, p. 1045–1051, 2009.

FLECK, J. D.; BETTI, A. H.; DA SILVA, F. P.; TROIAN, E. A.; OLIVARO, C.; FERREIRA, F.; VERZA, S. G. Saponins from *Quillaja saponaria* and *Quillaja brasiliensis*: Particular Chemical Characteristics and Biological Activities. **Molecules**, v. 24, n. 1, p. 171, jan. 2019.

FONTES, H. R.; MATINS, C. R. **Cobertura do solo com leguminosas - Portal Embrapa**. 8 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/coco/producao/sistema-de-cultivo/cobertura-do-solo-com-leguminosas>. Acesso em: 20 jul. 2024.

FRADINHO, P.; NICCOLAI, A.; SOARES, R.; RODOLFI, L.; BIONDI, N.; TREDICI, M. R.; SOUSA, I.; RAYMUNDO, A. Effect of *Arthrospira platensis* (spirulina) incorporation on the rheological and bioactive properties of gluten-free fresh pasta. **Algal Research**, v. 45, p. 101743, 1 jan. 2020.

GALLEGOS-INFANTE, J. A.; ROCHA-GUZMAN, N. E.; GONZALEZ-LAREDO, R. F.; OCHOA-MARTÍNEZ, L. A.; CORZO, N.; BELLO-PEREZ, L. A.; MEDINA-TORRES, L.; PERALTA-ALVAREZ, L. E. Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1544–1549, 15 abr. 2010.

GARCIA-VALLE, D. E.; BELLO-PÉREZ, L. A.; AGAMA-ACEVEDO, E.; ALVAREZ-RAMIREZ, J. Effects of mixing, sheeting, and cooking on the starch, protein, and water structures of durum wheat semolina and chickpea flour pasta. **Food Chemistry**, v. 360, p. 129993, 30 out. 2021.

GASPARRE, N.; BETORET, E.; ROSELL, C. M. Quality Indicators and Heat Damage of Dried and Cooked Gluten Free Spaghetti. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 74, n. 4, p. 481–488, 1 dez. 2019.

GHAVIDEL, R. A.; PRAKASH, J. Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flours. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 8, p. 1189–1195, 2006.

GIANGRIECO, I.; TAMBURRINI, M.; TUPPO, L.; PASQUERIELLO, M. S.; CIARDIELLO, M. A. Healthy biological activities in legume flours from industrial cooking. **Food Bioscience**, v. 48, p. 101743, 1 ago. 2022.

GIANNOUTSOS, K.; ZALIDIS, A. P.; KOUKOUMAKI, D. I.; MENEXES, G.; MOURTZINOS, I.; SARRIS, D.; GKATZIONIS, K. Production of functional crackers based on non-conventional flours. Study of the physicochemical and sensory properties. **Food Chemistry Advances**, v. 2, p. 100194, 1 out. 2023.

GONÇALVES, J. de P.; GASPARINI, K.; PICOLI, E. A. de T.; COSTA, M. D.-B. L.; ARAUJO, W. L.; ZSÖGÖN, A.; RIBEIRO, D. M. Metabolic control of seed germination in legumes. **Journal of Plant Physiology**, v. 295, p. 154206, 1 abr. 2024.

GRDEŃ, P.; JAKUBCZYK, A. Health benefits of legume seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 103, n. 11, p. 5213–5220, 30 ago. 2023.

GUILLAMÓN, E.; CUADRADO, C.; PEDROSA, M. M.; VARELA, A.; CABELLOS, B.; MUZQUIZ, M.; BURBANO, C. Breadmaking properties of wheat flour supplemented with thermally processed hypoallergenic lupine flour. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 1, p. 100–108, 1 mar. 2010.

GUPTA, A.; SHARMA, S. Pasta. In: SHAH, M. A.; VALIYAPEEDIYEEKKAL SUNOOJ, K.; MIR, S. A. (orgs.). *Cereal-Based Food Products*. Cham: Springer International Publishing, p. 197–219, 2023.

GUPTA, S.; CHHABRA, G. S.; LIU, C.; BAKSHI, J. S.; SATHE, S. K. Functional Properties of Select Dry Bean Seeds and Flours. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 8, p. 2052–2061, ago. 2018.

GUZMÁN-ORTIZ, F. A.; CASTRO-ROSAS, J.; GÓMEZ-ALDAPA, C. A.; MORA-ESCOBEDO, R.; ROJAS-LEÓN, A.; RODRÍGUEZ-MARÍN, M. L.; FALFÁN-CORTÉS, R. N.; ROMÁN-GUTIÉRREZ, A. D. Enzyme activity during germination of different cereals: A review. **Food Reviews International**, v. 35, n. 3, p. 177–200, 3 abr. 2019.

HALL, C.; HILLEN, C.; GARDEN ROBINSON, J. Composition, Nutritional Value, and Health Benefits of Pulses. **Cereal Chemistry**, v. 94, n. 1, p. 11–31, 2017.



HE, C.; ZHENG, J.; LIU, F.; WOO, M. W.; XIONG, H.; ZHAO, Q. Fabrication and characterization of oat flour processed by different methods. **Journal of Cereal Science**, v. 96, p. 103123, 1 nov. 2020.

HERCULANO, L. F. L. et al. Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas/Development of gluten-free breads from under-exploited flours. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 62905-62924, 2021.

HETTIARACHCHI, H. A. C. O.; GUNATHILAKE, K. D. P. P. Propriedades físico-químicas e funcionais das farinhas de sementes obtidas de *Canavalia gladiata* e *Mucuna pruriens* germinadas e não germinadas. **Heliyon**, v. 9, n. 9, p. e19653, 1 set. 2023.

HIGASHIJIMA, N. S.; LUCCA, A.; REBIZZ, L. R. H.; REBIZZI, L. M. H. Fatores antinutricionais na alimentação humana. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 27, p. e020013–e020013, 2020.

HOEHNEL, A.; AXEL, C.; BEZ, J.; ARENDT, E. K.; ZANNINI, E. Comparative analysis of plant-based high-protein ingredients and their impact on quality of high-protein bread. **Journal of Cereal Science**, v. 89, p. 102816, 1 set. 2019.

HOEHNEL, A.; BEZ, J.; AMAROWICZ, R.; ARENDT, E. K.; ZANNINI, E. Combining high-protein ingredients from pseudocereals and legumes for the development of fresh high-protein hybrid pasta: maintained technological quality and adequate sensory attributes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 12, p. 4977–4987, set. 2022.

HORSTMANN, S. W.; BELZ, M. C. E.; HEITMANN, M.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. Fundamental Study on the Impact of Gluten-Free Starches on the Quality of Gluten-Free Model Breads. **Foods**, v. 5, n. 2, p. 30, jun. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. POF 2017-2018: brasileiro ainda mantém dieta à base de arroz e feijão, mas consumo de frutas e legumes é abaixo do esperado, Editoria: Estatísticas Sociais, 2020.

ILGIN, D.; FILIZ, B.; SUKRU, G.; FIGEN, T.; BANU, O. Formulation of Gluten-Free Cookies Utilizing Chickpea, Carob, and Hazelnut Flours through Mixture Design. **Foods**, out. 2023.

JADDU, S.; PRADHAN, R. C.; DWIVEDI, M. Effect of multipin atmospheric cold plasma discharge on functional properties of little millet (*Panicum miliare*) flour. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 77, p. 102957, 1 maio 2022.

JENÉ, L.; MUNNÉ-BOSCH, S. Factors influencing tocopherol content and composition in lentils. **LWT**, v. 187, p. 115286, 15 set. 2023.

JIMENEZ MARTINEZ, C.; HERNANDEZ, H.; ALVAREZ MANILLA, G.; ROBLEDO, N.; HERRERA, J.; DÁVILA ORTIZ, G. Effect of aqueous and alkaline thermal treatments on chemical composition and oligosaccharide, alkaloid and tannin contents of *Lupinus campestris* seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 421–428, 1 mar. 2001.

KALA, B. K.; MOHAN, V. R. Effect of microwave treatment on the antinutritional factors of two accessions of velvet bean, *Mucuna pruriens* (L.) DC. var. utilis (Wall. ex Wight) Bak. ex Burck. **International Food Research Journal**, v. 19, p. 961-969, 2012.

KALOGEROPOULOS, N.; CHIOU, A.; IOANNOU, M.; KARATHANOS, V. T.; HASSAPIDOU, M.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Nutritional evaluation and bioactive microconstituents (phytosterols, tocopherols, polyphenols, triterpenic acids) in cooked dry legumes usually consumed in the Mediterranean countries. **Food Chemistry**, v. 121, n. 3, p. 682–690, 1 ago. 2010.

KATOCH, R. Rice Bean: A Potential Underutilized Legume. In: KATOCH, R. (org.). *Ricebean: Exploiting the Nutritional Potential of an Underutilized Legume*. Singapore: Springer, 2020. p. 55–79.

KAYA, E.; YILMAZ TUNCEL, N.; TUNCEL, N. B. Utilization of lentil, pea, and faba bean hulls in Turkish noodle production. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 5, p. 1734–1745, 1 maio 2018.

KEOGH, C.; LI, C.; GAO, Z. Evolving consumer trends for whey protein sports supplements: the Heckman ordered probit estimation. **Agricultural and Food Economics**, v. 7, n. 1, p. 6, 1 abr. 2019.

KHAN, M. K.; KARNPANIT, W.; NASAR-ABBAS, S. M.; HUMA, Z.-; JAYASENA, V. Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 50, n. 9, p. 2004–2012, 2015.

KHATTAK, A. B.; ZEB, A.; BIBI, N. Impact of germination time and type of illumination on carotenoid content, protein solubility and in vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. **Food Chemistry**, v. 109, n. 4, p. 797–801, 15 ago. 2008.

KLUPSAITE, D.; JUODEIKIENE, G.; ZADEIKE, D.; BARTKIENE, E.; MAKNICKIENE, Z.; LIUTKUTE, G. The influence of lactic acid fermentation on functional properties of narrow-leaved lupine protein as functional additive for higher value wheat bread. **LWT**, v. 75, p. 180–186, 1 jan. 2017.

KOPLÍK, R.; MESTEK, O.; KOMÍNKOVÁ, J.; BORKOVÁ, M.; SUCHÁNEK, M. Effect of cooking on phosphorus and trace elements species in peas. **Food Chemistry**, v. 85, n. 1, p. 31–39, 1 mar. 2004.

KOURIS-BLAZOS, A.; BELSKI, R. Health benefits of legumes and pulses with a focus on Australian sweet lupins. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, 2016.

KUMAR, M. M.; PRASAD, K.; SARAT CHANDRA, T.; DEBNATH, S. Evaluation of physical properties and hydration kinetics of red lentil (*Lens culinaris*) at different processed levels and soaking temperatures. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 3, p. 330–338, 1 jul. 2018.

KUMAR, S. B.; PRABHASANKAR, P. A study on starch profile of rajma bean (*Phaseolus vulgaris*) incorporated noodle dough and its functional characteristics. **Food Chemistry**, v. 180, p. 124–132, 1 ago. 2015.

KUMAR, Y.; SHARANAGAT, V. S.; SINGH, L.; MANI, S. Effect of germination and roasting on the proximate composition, total phenolics, and functional properties of black chickpea (*Cicer arietinum*) - Kumar - 2020 - Legume Science - Wiley Online Library. **Legume Science**, v. 2, 2019.

KUSUMAYANTI, H.; HANDAYANI, N. A.; SANTOSA, H. Swelling Power and Water Solubility of Cassava and Sweet Potatoes Flour. **Procedia Environmental Sciences**, v. 23, p. 164-167, 2015.

LA GATTA, B.; RUTIGLIANO, M.; LIBERATORE, M. T.; DILUCIA, F.; SPADACCINO, G.; QUINTO, M.; DI LUCCIA, A. Preservation of bioactive compounds occurring in fresh pasta fortified with artichoke bracts and tomato powders obtained with a novel pre-treatment. **LWT**, v. 187, p. 115298, 15 set. 2023.

LALEG, K.; BARRON, C.; CORDELLE, S.; SCHLICH, P.; WALRAND, S.; MICARD, V. How the structure, nutritional and sensory attributes of pasta made from legume flour is affected by the proportion of legume protein. **LWT - Food Science and Technology**, v. 79, p. 471–478, 1 jun. 2017.

LAURENT, M.; BARBAR, R.; BEAUDOUX, C.; SOUBIROU, E.; LHOMOND, L.; REAU, A.; CUQ, B. Changes in physico-chemical properties and water status of durum wheat constituents in pasta due to processing and cooking. **Journal of Cereal Science**, v. 112, p. 103707, 1 jul. 2023.

LIBERAL, Â.; ALMEIDA, D.; FERNANDES, Â.; PEREIRA, C.; FERREIRA, I. C. F. R.; VIVAR-QUINTANA, A. M.; BARROS, L. Nutritional, chemical and antioxidant evaluation of Armaña lentil (*Lens culinaris* spp): Influence of season and soil. **Food Chemistry**, v. 411, p. 135491, 15 jun. 2023.

LIN, Z.; GENG, D.-H.; QIN, W.; HUANG, J.; WANG, L.; LIU, L.; TONG, L.-T. Effects of damaged starch on glutinous rice flour properties and sweet dumpling qualities. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 181, p. 390–397, 30 jun. 2021.

LINSBERGER-MARTIN, G.; WEIGLHOFER, K.; THI PHUONG, T. P.; BERGHOFER, E. High hydrostatic pressure influences antinutritional factors and in vitro protein digestibility of split peas and whole white beans. **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, n. 1, p. 331–336, 1 abr. 2013.

LIU, S.; WANG, W.; LU, H.; SHU, Q.; ZHANG, Y.; CHEN, Q. New perspectives on physiological, biochemical and bioactive components during germination of edible seeds: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 123, p. 187–197, 1 maio 2022.

LIU, Y.; XU, M.; WU, H.; JING, L.; GONG, B.; GOU, M.; ZHAO, K.; LI, W. The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on quality of wheat flour noodle. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 12, p. 5142–5152, 1 dez. 2018.

LLAVATA, B.; ALBORS, A.; MARTIN-ESPARZA, M. E. High Fibre Gluten-Free Fresh Pasta with Tiger Nut, Chickpea and Fenugreek: Technofunctional, Sensory and Nutritional Properties. **Foods**, v. 9, n. 1, p. 11, jan. 2020.

LO, B.; KASAPIS, S.; FARAHNAKY, A. Lupin protein: Isolation and techno-functional properties, a review. **Food Hydrocolloids**, v. 112, p. 106318, 1 mar. 2021.

LUSK, J. L. **Consumer beliefs about healthy foods and diets**. PLOS ONE, v. 14, n. 10, p. e0223098, 15 out. 2019.

LUX, T.; SPILLMANN, F.; REIMOLD, F.; ERDÖS, A.; LOCHNY, A.; FLÖTER, E. Physical quality of gluten-free doughs and fresh pasta made of amaranth. **Food Science & Nutrition**, v. 11, n. 6, p. 3213–3223, 14 mar. 2023.

MA, Z.; BOYE, J. I.; HU, X. In vitro digestibility, protein composition and techno-functional properties of Saskatchewan grown yellow field peas (*Pisum sativum* L.) as affected by processing. **Food Research International**, v. 92, p. 64–78, 1 fev. 2017.

MA, Z.; BOYE, J. I.; SIMPSON, B. K.; PRASHER, S. O.; MONPETIT, D.; MALCOLMSON, L. Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. **Food Research International**, v. 44, n. 8, p. 2534–2544, 1 out. 2011.

MAO, H.; YUAN, S.; LI, Q.; ZHAO, X.; ZHANG, X.; LIU, H.; YU, M.; WANG, M. Influence of germination on the bioactivity, structural, functional and volatile characteristics of different chickpea flours. **Food Chemistry: X**, v. 21, p. 101195, 30 mar. 2024.

MAPHOSA, Y.; JIDEANI, V. A. **The role of legumes in human nutrition, Functional Food-Improve Health through Adequate Food**. InTechOpen, v. 10, p. 66263, 2017.

MARCHINI, M.; CARINI, E.; CATALDI, N.; BOUKID, F.; BLANDINO, M.; GANINO, T.; VITTADINI, E.; PELLEGRINI, N. The use of red lentil flour in bakery products: How do particle size and substitution level affect rheological properties of wheat bread dough? **LWT**, v. 136, p. 110299, 1 jan. 2021.

MARTEAU-BAZOUNI, M.; JEUFFROY, M.-H.; GUILPART, N. Grain legume response to future climate and adaptation strategies in Europe: A review of simulation studies. **European Journal of Agronomy**, v. 153, p. 127056, 1 fev. 2024.

MARTI, A.; D'EGIDIO, M. G.; DREISOERNER, J.; SEETHARAMAN, K.; PAGANI, M. A. Temperature-induced changes in dough elasticity as a useful tool in defining the firmness of cooked pasta. **European Food Research and Technology**, v. 238, n. 2, p. 333–336, 1 fev. 2014.

MARTINEZ, C. S.; RIBOTTA, P. D.; LEON, A. E.; AÑÓN, M. C. Colour Assessment on Bread Wheat and Triticale Fresh Pasta. **International Journal of Food Properties**, v. 15, n. 5, p. 1054–1068, 1 set. 2012.

MAZI, B. G.; YILDIZ, D.; BARUTÇU MAZI, I. Influence of different soaking and drying treatments on anti-nutritional composition and technological characteristics of red and green lentil (*Lens culinaris* Medik.) flour. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 17, n. 4, p. 3625–3643, 1 ago. 2023.

MEDHE, S. V.; KAMBLE, M. T.; KETTAWAN, A. K.; MONBOONPITAK, N.; KETTAWAN, A. Effect of Hydrothermal Cooking and Germination Treatment on Functional

and Physicochemical Properties of *Parkia timoriana* Bean Flours: An Underexplored Legume Species of *Parkia* Genera. **Foods** (Basel, Switzerland), v. 11, n. 13, p. 1822, 21 jun. 2022.

MEDHE, S. V.; KETTAWAN, A. K.; KAMBLE, M. T.; MONBOONPITAK, N.; THOMPSON, K. D.; KETTAWAN, A.; PIRARAT, N. Modification of Physicochemical and Techno-Functional Properties of Stink Bean (*Parkia speciosa*) by Germination and Hydrothermal Cooking Treatment. **Foods**, v. 12, n. 24, p. 4480, jan. 2023.

MEDHE, S.; JAIN, S.; ANAL, A. K. Effects of sprouting and cooking processes on physicochemical and functional properties of moth bean (*Vigna aconitifolia*) seed and flour. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 4, p. 2115–2125, 1 abr. 2019.

MIANO, A. C.; GARCÍA, J. A.; AUGUSTO, P. E. D. Correlação entre morfologia, cinética de hidratação e modelos matemáticos em tremoço andino (*Lupinus mutabilis* Doce) grãos. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, n. 2, p. 290–298, 1 maio 2015.

MICELI, A.; FRANCESCA, N.; MOSCHETTI, G.; SETTANNI, L. The influence of addition of *Borago officinalis* with antibacterial activity on the sensory quality of fresh pasta. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 2, n. 2, p. 93–97, 1 jan. 2015.

MICELI, A.; FRANCESCA, N.; MOSCHETTI, G.; SETTANNI, L. The influence of addition of *Borago officinalis* with antibacterial activity on the sensory quality of fresh pasta. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 2, n. 2, p. 93–97, 1 jan. 2015.

MIERLITA, D. A. N. I. E. L., SIMEANU, D., POP, I. M., CRISTE, F., POP, C., SIMEANU, C., & LUP, F. (2018). Chemical composition and nutritional evaluation of the lupine seeds (*Lupinus albus* L.) from low-alkaloid varieties. **Rev. Chim**, 69, 453–458.

MOAYEDI, S.; OHM, J.-B.; MANTHEY, F. A. Relationship between cooking quality of fresh pasta made from durum wheat and protein content and molecular weight distribution parameters. **Cereal Chemistry**, v. 98, n. 4, p. 891–902, 2021.

MONTEIRO, M. R. P.; ALVES, F. D.; SILVA, M. R. Evaluation of technological properties of lupine flour (*Lupinus albus* and *Lupinus angustifolius*). **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 5, p. 46–51, 29 abr. 2020.

MOTA, J.; LIMA, A.; B. FERREIRA, R.; RAYMUNDO, A. Lupin Seed Protein Extract Can Efficiently Enrich the Physical Properties of Cookies Prepared with Alternative Flours. **Foods**, v. 9, n. 8, p. 1064, ago. 2020.

MUSCO, N.; CUTRIGNELLI, M. I.; CALABRÒ, S.; TUDISCO, R.; INFASCELLI, F.; GRAZIOLI, R.; LO PRESTI, V.; GRESTA, F.; CHIOFALO, B. Comparison of nutritional and antinutritional traits among different species (*Lupinus albus* L., *Lupinus luteus* L., *Lupinus angustifolius* L.) and varieties of lupin seeds. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 101, n. 6, p. 1227–1241, 2017.

NAGESSA, W. B.; CHAMBAL, B.; MACUAMULE, C. Effects of processing methods on phytate and tannin content of black small common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivated in Mozambique. **Cogent Food & Agriculture**, v. 9, n. 2, p. 2289713, 31 dez. 2023.

NAGMANI, B.; PRAKASH, J. Functional properties of thermally treated legume flours. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 48, n. 3, p. 205–214, jan. 1997.

NAJIB, T.; HEYDARI, M. M.; TU, K.; MEDA, V. Modification in starch structure of soaked and germinated lentil seeds under various thermal processing methods, including conventional, microwave, and microwave-assisted techniques. **Food Chemistry Advances**, v. 2, p. 100267, 1 out. 2023.

NARTEA, A.; KUHALSAYA, A.; FANESI, B.; ORHOTOHWO, O. L.; SUSEK, K.; ROCCHETTI, L.; DI VITTORI, V.; BITOCCHI, E.; PACETTI, D.; PAPA, R. Legume byproducts as ingredients for food applications: Preparation, nutrition, bioactivity, and techno-functional properties. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 22, n. 3, p. 1953–1985, maio 2023.

NAVIGLIO, D.; FORMATO, A.; PUCILLO, G. P.; GALLO, M. A cyclically pressurised soaking process for the hydration and aromatisation of cannellini beans. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 3, p. 765–774, 1 jun. 2013.

NICOLÁS-GARCÍA, M.; PERUCINI-AVENDAÑO, M.; JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, C.; PEREA-FLORES, M. de J.; GÓMEZ-PATIÑO, M. B.; ARRIETA-BÁEZ, D.; DÁVILA-ORTIZ, G. Bean phenolic compound changes during processing: Chemical interactions and identification. **Journal of Food Science**, v. 86, n. 3, p. 643–655, 2021.

NIEWIADOMSKA, A.; SULEWSKA, H.; WOLNA-MARUWKA, A.; RATAJCZAK, K.; WARACZEWSKA, Z.; BUDKA, A. The Influence of Bio-Stimulants and Foliar Fertilizers on Yield, Plant Features, and the Level of Soil Biochemical Activity in White Lupine (*Lupinus albus* L.) Cultivation. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 150, jan. 2020.

OBADI, M.; ZHANG, J.; HE, Z.; ZHU, S.; WU, Q.; QI, Y.; XU, B. A review of recent advances and techniques in the noodle mixing process. **LWT**, v. 154, p. 112680, 15 jan. 2022.

OGBOLE, O. O.; AKIN-AJANI, O. D.; AJALA, T. O.; OGUNNIYI, Q. A.; FETTKE, J.; ODEKU, O. A. Nutritional and pharmacological potentials of orphan legumes: Subfamily faboideae. **Heliyon**, v. 9, n. 4, p. e15493, 1 abr. 2023.

OHANENYE, I. C.; TSOPMO, A.; EJIKE, C. E. C. C.; UDENIGWE, C. C. Germination as a bioprocess for enhancing the quality and nutritional prospects of legume proteins. **Trends in Food Science & Technology**, v. 101, p. 213–222, 1 jul. 2020.

OKEZIE, B. Onuma.; BELLO, A. b. Physicochemical and Functional Properties of Winged Bean Flour and Isolate Compared with Soy Isolate. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 2, p. 450–454, 1988.

OLADIMEJI, B. M.; ADEBO. Properties and metabolite profiling of Bambara groundnut flour as affected by different food processing conditions. **Applied Food Research**, v. 4, n. 1, p. 100389, 1 jun. 2024.

OLIVEIRA, C. T. **Caracterização bioquímica, determinação do perfil lipídico e obtenção de extrusados de grãos e farinhas de tremçoço branco (*Lupinus albus*)**. 2013. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de alimentos)- Universidade Federal de Minas Gerais., 2013.

OLIVIERO, T.; FOGLIANO, V. Food design strategies to increase vegetable intake: The case of vegetable enriched pasta. **Trends in Food Science & Technology**, v. 51, p. 58–64, 1 maio 2016.

OSOŚ, A.; JANKOWSKA, P.; DROŻDŻYŃSKA, A.; RÓŻAŃSKA, M. B.; BIEGAŃSKA-MARECIK, R.; BARANOWSKA, H. M.; RUSZKOWSKA, M.; KAČÁNIOVÁ, M.; TOMKOWIAK, A.; KIELISZEK, M.; KOWALCZEWSKI, P. Ł. Pasta with Kiwiberry (*Actinidia arguta*): Effect on Structure, Quality, Consumer Acceptance, and Changes in Bioactivity during Thermal Treatment. **Foods**, v. 11, n. 16, p. 2456, 15 ago. 2022.

OTERO, L.; SANZ, P. D. Modelling heat transfer in high pressure food processing: a review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 4, n. 2, p. 121–134, 1 jun. 2003.

OYEYINKA, S. A.; AJISAFE, A. O.; AKINTAYO, O. A.; IYIOLA, O. A.; OYEYINKA, A. T.; OLATUNDE, S. J.; BADMOS, A.-H. A.; FASOGBON, B. M.; PATEL, N. Effect of microwave treatment on cooking time, colour, sensory and nutritional properties of Bambara groundnut (*Vigna subterranea*). **Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam**, v. 15, n. 1–2, p. 11–16, 6 nov. 2020.

PANZA, O.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Recycling of fig peels to enhance the quality of handmade pasta. **LWT**, v. 168, p. 113872, 1 out. 2022.

PANZA, O.; LACIVITA, V.; TARANTINO, F.; MANZI, A.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Fruit and vegetable by-products as source of bioactive compounds to preserve handmade fresh pasta. **LWT**, v. 190, p. 115584, 1 dez. 2023.

PELGROM, P. J. M.; WANG, J.; BOOM, R. M.; SCHUTYSER, M. A. I. Pre- and post-treatment enhance the protein enrichment from milling and air classification of legumes. **Journal of Food Engineering**, v. 155, p. 53–61, 1 jun. 2015.

PERERA, D.; DEVKOTA, L.; GARNIER, G.; PANOZZO, J.; DHITAL, S. Hard-to-cook phenomenon in common legumes: Chemistry, mechanisms and utilisation. **Food Chemistry**, v. 415, p. 135743, 30 jul. 2023.

PÉREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. **Starch - Stärke**, v. 62, n. 8, p. 389–420, 2010.

PERRI, G.; CODA, R.; RIZZELLO, C. G.; CELANO, G.; AMPOLLINI, M.; GOBBETTI, M.; DE ANGELIS, M.; CALASSO, M. Sourdough fermentation of whole and sprouted lentil flours: In situ formation of dextran and effects on the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. **Food Chemistry**, v. 355, p. 129638, 1 set. 2021.

RAHATE, K. A.; MADHUMITA, M.; PRABHAKAR, P. K. Nutritional composition, anti-nutritional factors, pretreatments-cum-processing impact and food formulation potential of faba bean (*Vicia faba* L.): A comprehensive review. **LWT**, v. 138, p. 110796, 1 mar. 2021.

RAJHI, I.; BACCOURI, B.; RAJHI, F.; MHADHB, H.; FLAMINI, G. Monitoring the volatile compounds status of whole seeds and flours of legume cultivars. **Food Bioscience**, v. 41, p. 101105, 1 jun. 2021.

RAMÍREZ-CÁRDENASI, L.; LEONEL, A. J.; COSTAII, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

- RANI, S.; SINGH, R.; KAMBLE, D. B.; UPADHYAY, A.; KAUR, B. P. Structural and quality evaluation of soy enriched functional noodles. **Food Bioscience**, v. 32, p. 100465, 1 dez. 2019.
- REHMAN, Z.-; SHAH, W. H. Domestic processing effects on some insoluble dietary fibre components of various food legumes. **Food Chemistry**, v. 87, n. 4, p. 613–617, 1 out. 2004.
- REKHA, M. N.; CHAUHAN, A. S.; PRABHASANKAR, P.; RAMTEKE, R. S.; RAO, G. V. Influence of vegetable purees on quality attributes of pastas made from bread wheat (*T. aestivum*). **CyTA - Journal of Food**, v. 11, n. 2, p. 142–149, 1 maio 2013.
- REYES-MORENO, C.; PAREDES-LÓPEZ, O.; GONZALEZ, E. Hard-to-cook phenomenon in common beans — A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 3, p. 227–286, 1 jan. 2009.
- RIGHETTI, L.; RUBERT, J.; GALAVERNA, G.; HURKOVA, K.; DALL'ASTA, C.; HAJLSLOVA, J.; STRANSKA-ZACHARIASOVA, M. A novel approach based on untargeted lipidomics reveals differences in the lipid pattern among durum and common wheat. **Food Chemistry**, v. 240, p. 775–783, 1 fev. 2018.
- RODRIGUES, J. A.; FERRO, E.; ARAÚJO, R.; HENRIQUES, A. V.; GOMES, A. M.; VASCONCELOS, M. W.; GIL, A. M. Metabolic Evaluation of Lupin-Enriched Yogurt by Nuclear Magnetic Resonance Metabolomics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 72, n. 1, p. 894–903, 10 jan. 2024.
- RODRIGUEZ-HUEZO, M. E.; VALERIANO-GARCIA, N.; TOTOSAUS-SANCHEZ, A.; VERNON-CARTER, E. J.; ALVAREZ-RAMIREZ, J. The effect of the addition of soluble fibers (polydextrose, corn, pea) on the color, texture, structural features and protein digestibility of semolina pasta. **Applied Food Research**, v. 2, n. 2, p. 100187, 1 dez. 2022.
- ROSA-MILLÁN, J. de la; ORONA-PADILLA, J. L.; FLORES-MORENO, V. M.; SERNASALDÍVAR, S. O. Physicochemical, functional and ATR-FTIR molecular analysis of protein extracts derived from starchy pulses. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53, n. 6, p. 1414–1424, 2018.
- RUMIYATI; JAYASENA, V.; JAMES, A. P. Total Phenolic and Phytosterol Compounds and the Radical Scavenging Activity of Germinated Australian Sweet Lupin Flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 68, n. 4, p. 352–357, 1 dez. 2013.
- SALVADOR, A.; MARQUES, D.; SANTOS, M. **Botânica da família Fabaceae**. Escola Superior Agrícola de Coimbra, 2013. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/relatorio-botanica-fabaceacurso-leap-verso-pw/29047853>. Acesso em: 4 de Jun. 2023.
- SAMTIYA, M.; ALUKO, R. E.; DHEWA, T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview | **Food Production, Processing and Nutrition** | Full Text. 2020. Disponível em: <https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-020-0020-5>. Acesso em: 29 mar. 2022.
- SANDHU, H. P. S.; MANTHEY, F. A.; SIMSEK, S. Ozone gas affects physical and chemical properties of wheat (*Triticum aestivum* L.) starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 2, p. 1261–1268, 15 jan. 2012.



- SANGUINETTI, A. M.; SECCHI, N.; DEL CARO, A.; FADDA, C.; FENU, P. A. M.; CATZEDDU, P.; PIGA, A. Gluten-free fresh filled pasta: The effects of xanthan and guar gum on changes in quality parameters after pasteurisation and during storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 678–684, 1 dez. 2015.
- SCHETTINO, R.; PONTONIO, E.; GOBBETTI, M.; RIZZELLO, C. G. Extension of the Shelf-Life of Fresh Pasta Using Chickpea Flour Fermented with Selected Lactic Acid Bacteria. **Microorganisms**, v. 8, n. 9, p. 1322, set. 2020.
- SCHLANGEN, M.; TAGHIAN DINANI, S.; SCHUTYSER, M. A. I.; VAN DER GOOT, A. J. Dry fractionation to produce functional fractions from mung bean, yellow pea and cowpea flour. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 78, p. 103018, 1 jun. 2022.
- SCHOENECK, M.; IGGMAN, D. The effects of foods on LDL cholesterol levels: A systematic review of the accumulated evidence from systematic reviews and meta-analyses of randomized controlled trials. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 31, n. 5, p. 1325–1338, 6 maio 2021.
- SEMBA, R. D.; RAMSING, R.; RAHMAN, N.; KRAEMER, K.; BLOEM, M. W. Legumes as a sustainable source of protein in human diets - ScienceDirect. **Global Food Security**, v. 28, p. 100520, 2021.
- ŠEREGELJ, V.; ŠKROBOT, D.; KOJIĆ, J.; PEZO, L.; ŠOVLJANSKI, O.; TUMBAS ŠAPONJAC, V.; VULIĆ, J.; HIDALGO, A.; BRANDOLINI, A.; ČANADANOVIĆ-BRUNET, J.; ČETKOVIĆ, G. Quality and Sensory Profile of Durum Wheat Pasta Enriched with Carrot Waste Encapsulates. **Foods**, v. 11, n. 8, p. 1130, 14 abr. 2022.
- SIMONATO, B.; TOLVE, R.; RAINERO, G.; RIZZI, C.; SEGA, D.; ROCCHETTI, G.; LUCINI, L.; GIUBERTI, G. Technological, nutritional, and sensory properties of durum wheat fresh pasta fortified with *Moringa oleifera* L. leaf powder. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 5, p. 1920–1925, 30 mar. 2021.
- 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.
- SOFI, P. A.; MIR, R. R.; ZARGAR, S. M.; RANI, S.; FATIMA, S.; SHAFI, S.; ZAFFAR, A. What makes the beans (*Phaseolus vulgaris* L.) soft: insights into the delayed cooking and hard to cook trait. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v. 88, n. 2, p. 142–159, 1 jun. 2022.
- SOFI, S. A.; SINGH, J.; MIR, S. A.; DAR, B. N. In vitro starch digestibility, cooking quality, rheology and sensory properties of gluten-free pregelatinized rice noodle enriched with germinated chickpea flour. **LWT**, v. 133, p. 110090, 1 nov. 2020.
- SOMASUNDARAM, K.; RAJAGOPALAN, B.; THIYAGAMOORTHY, U. Effect of domestic processing methods on anti-nutritional factors and its impact on the bio-availability proteins and starch in commonly consumed whole legumes. **Asian Journal of Dairy and Food Research**, v. 38, 24 ago. 2019.

SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M. Expansion properties and ultrastructure of legumes: Effect of chemical and enzyme pre-treatments. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 44–49, 1 jan. 2009.

STANISAVLJEVIĆ, N.; JOVANOVIĆ, Ž.; ČUPIĆ, T.; LUKIĆ, J.; MILJUŠ ĐUKIĆ, J.; RADOVIĆ, S.; MIKIĆ, A. Extractability of antioxidants from legume seed flour after cooking and in vitro gastrointestinal digestion in comparison with methanolic extraction of the unprocessed flour. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 10, p. 2096–2104, out. 2013.

SUHAG, R.; DHIMAN, A.; DESWAL, G.; THAKUR, D.; SHARANAGAT, V. S.; KUMAR, K.; KUMAR, V. Microwave processing: A way to reduce the anti-nutritional factors (ANFs) in food grains. **LWT**, v. 150, p. 111960, 1 out. 2021.

ŚWIECA, M.; GAWLIK-DZIKI, U.; KOWALCZYK, D.; ZŁOTEK, U. Impacto do tempo de germinação e do tipo de iluminação nos compostos antioxidantes e na capacidade antioxidante dos brotos de *Lens culinaris*. **Scientia Horticulturae**, v. 140, p. 87–95, 1 jun. 2012.

TAHMASIAN, A.; BROADBENT, J. A.; JUHÁSZ, A.; NYE-WOOD, M.; LE, T. T.; BOSE, U.; COLGRAVE, M. L. Evaluation of protein extraction methods for in-depth proteome analysis of narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius*) seeds. **Food Chemistry**, v. 367, p. 130722, 15 jan. 2022.

TAZRART, K.; LAMACCHIA, C.; ZAIDI, F.; HAROS, M. Nutrient composition and in vitro digestibility of fresh pasta 2 enriched with *Vicia faba*. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 47, p. 8–15, 1 abr. 2016.

TAZRART, K.; ZAIDI, F.; SALVADOR, A.; HAROS, C. M. Effect of broad bean (*Vicia faba*) addition on starch properties and texture of dry and fresh pasta. **Food Chemistry**, v. 278, p. 476–481, 25 abr. 2019.

THAKUR, S.; SCANLON, M. G.; TYLER, R. T.; MILANI, A.; PALIWAL. Pulse Flour Characteristics from a Wheat Flour Miller's Perspective: A Comprehensive Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 3, p. 775-797, 2019.

UNGUREANU-IUGA, M.; ATUDOREI, D.; CODINĂ, G. G.; MIRONEASA, S. Rheological Approaches of Wheat Flour Dough Enriched with Germinated Soybean and Lentil. **Applied Sciences**, v. 11, n. 24, p. 11706, jan. 2021.

UNUVAR, A.; BOYACI, I. H.; YAZAR, S.; KOKSEL, H. Rapid detection of common wheat flour addition to durum wheat flour and pasta using spectroscopic methods and chemometrics. **Journal of Cereal Science**, v. 109, p. 103604, 1 jan. 2023.

UPADHYAY, N.; JAISWAL, P.; JHA, S. N. Application of attenuated total reflectance Fourier Transform Infrared spectroscopy (ATR–FTIR) in MIR range coupled with chemometrics for detection of pig body fat in pure. **Journal of Molecular Structure**, v. 1153, p. 275–281, 5 fev. 2018.

VELZEN, E. J. J. V.; VAN DUYNHOVEN, J. P. M.; PUDNEY, P.; WEEGELS, P. L.; VAN DER MAAS, J. Factors Associated with Dough Stickiness as Sensed by Attenuated Total Reflectance Infrared Spectroscopy. **Cereal Chemistry**, v. 80, p. 378–382, 2003.

- VIJAYKRISHNARAJ, M.; BHARATH KUMAR, S.; PRABHASANKAR, P. Green mussel (*Perna canaliculus*) as a marine ingredient to enrich gluten free pasta: product quality, microstructure and biofunctional evaluation. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 9, n. 1, p. 76–85, 1 mar. 2015.
- VILLARINO, C. B. J.; JAYASENA, V.; COOREY, R.; CHAKRABARTI-BELL, S.; JOHNSON, S. K. Full article: Nutritional, Health, and Technological Functionality of Lupin Flour Addition to Bread and Other Baked Products: Benefits and Challenges. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 56, n. 5, p. 835-857, 2016.
- VILLEGAS, R.; GAO, Y.-T.; YANG, G.; LI, H.-L.; ELASY, T. A.; ZHENG, W.; SHU, X. O. Legume and soy food intake and the incidence of type 2 diabetes in the Shanghai Women's Health Study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 87, n. 1, p. 162–167, 1 jan. 2008.
- VOGELSANG-O'DWYER, M.; BEZ, J.; PETERSEN, I. L.; JOEHNKE, M. S.; DETZEL, A.; BUSCH, M.; KRUEGER, M.; ISPIRYAN, L.; O'MAHONY, J. A.; ARENDT, E. K.; ZANNINI, E. Techno-Functional, Nutritional and Environmental Performance of Protein Isolates from Blue Lupin and White Lupin. **Foods**, v. 9, n. 2, p. 230, fev. 2020.
- WAINAINA, I.; KYOMUGASHO, C.; DELBAERE, S.; WAFULA, E.; VAN LOEY, A.; SILA, D.; HENDRICKX, M. (Bio)chemical reactions associated with ageing of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) during storage probed by volatile profiling: The role of glass transition temperature. **Food Research International**, v. 162, p. 112102, 1 dez. 2022.
- WANDERSLEBEN, T.; MORALES, E.; BURGOS-DÍAZ, C.; BARAHONA, T.; LABRA, E.; RUBILAR, M.; SALVO-GARRIDO, H. Enhancement of functional and nutritional properties of bread using a mix of natural ingredients from novel varieties of flaxseed and lupine. **LWT**, v. 91, p. 48–54, 1 maio 2018.
- WANG, J.; BRENNAN, M. A.; BRENNAN, C. S.; SERVENTI, L. Effect of Vegetable Juice, Puree, and Pomace on Chemical and Technological Quality of Fresh Pasta. **Foods**, v. 10, n. 8, p. 1931, ago. 2021.
- WANG, N.; HATCHER, D. W.; TYLER, R. T.; TOEWS, R.; GAWALKO, E. J. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 589-594, 2010.
- WANI, I. A.; ANDRABI, S. N.; SOGI, D. S.; HASSAN, I. Comparative study of physicochemical and functional properties of flours from kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and green gram (*Vigna radiata* L.) cultivars grown in Indian temperate climate. **Legume Science**, v. 2, n. 1, p. e11, 2020.
- WHITNEY, K.; REUHS, B. L.; OVANDO MARTINEZ, M.; SIMSEK, S. Analysis of octenylsuccinate rice and tapioca starches: Distribution of octenylsuccinic anhydride groups in starch granules. **Food Chemistry**, v. 211, p. 608–615, 15 nov. 2016.
- WINNING, H.; VIREECK, N.; WOLLENWEBER, B.; LARSEN, F. H.; JACOBSEN, S.; SONDERGAARD, I.; ENGELSEN, S. B. Exploring abiotic stress on asynchronous protein metabolism in single kernels of wheat studied by NMR spectroscopy and chemometrics. *Journal of Experimental Botany*, **Oxford Academic**, v. 60, p. 291–300, 2009.

WOOD, J. A. Texture, processing and organoleptic properties of chickpea-fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality. **Journal of Cereal Science**, v. 49, n. 1, p. 128–133, 1 jan. 2009.

WOOD, J. A.; MALCOLMSON, L. J. Chapter 10 - Pulse milling technologies. In: TIWARI, B. K.; GOWEN, A.; MCKENNA, B. (orgs.). **Pulse Foods** (Second Edition). [S. l.]: Academic Press, p. 213–263, 2021.

WU, D.-T.; LI, W.-X.; WAN, J.-J.; HU, Y.-C.; GAN, R.-Y.; ZOU, L. A Comprehensive Review of Pea (*Pisum sativum* L.): Chemical Composition, Processing, Health Benefits, and Food Applications. **Foods**, v. 12, n. 13, p. 2527, jan. 2023.

XU, L.; CHEN, L.; ALI, B.; YANG, N.; CHEN, Y.; WU, F.; JIN, Z.; XU, X. Impact of germination on nutritional and physicochemical properties of adlay seed (*Coixlachryma-jobi* L.). **Food Chemistry**, v. 229, p. 312–318, 15 ago. 2017.

XU, Y.; CARTIER, A.; OBILODAN, M.; JORDAN, K.; HAIRSTON, T.; SHANNON, A.; SISMOUR, E. Nutritional and anti-nutritional composition, and in vitro protein digestibility of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by differential processing methods. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 10, n. 3, p. 625–633, 1 set. 2016.

YIN, X.; MA, Z.; HU, X.; LI, X.; BOYE, J. I. Molecular rearrangement of Laird lentil (*Lens culinaris* Medikus) starch during different processing treatments of the seeds. **Food Hydrocolloids**, v. 79, p. 399–408, 1 jun. 2018.

ZANELLA-DÍAZ, E.; MÚJICA-PAZ, H.; SOTO-CABALLERO, M. C.; WELTI-CHANES, J.; VALDEZ-FRAGOSO, A. Quick hydration of tepary (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) and pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) driven by pressure gradients. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, Part 1, p. 800–805, 1 dez. 2014.

ZHONG, Y.; WANG, Z.; ZHAO, Y. Impact of Radio Frequency, Microwaving, and High Hydrostatic Pressure at Elevated Temperature on the Nutritional and Antinutritional Components in Black Soybeans. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 12, p. C2732–C2739, 2015.

ZHOU, Y.; YAN, Y.; SHI, M.; LIU, Y. Effect of an Atmospheric Pressure Plasma Jet on the Structure and Physicochemical Properties of Waxy and Normal Maize Starch. **Polymers**, v. 11, n. 1, p. 8, jan. 2019.

## APÊNDICE A – DADOS COMPLEMENTARES

Ficha 1- Aceitabilidade e intenção de compra do grupo focal



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**ANÁLISE ACEITABILIDADE E INTENÇÃO DE COMPRA - GRUPO FOCAL**

**Pesquisadores:**

**Nome:**

---

**E-mail:**

---

**LI e ASSINEI o Termo de Livre e esclarecido Comitê de Ética em Pesquisa da UFC CAAE XXXXXXXXX-  
Parecer Aprovado N° XXXXXX**

[ ] Sim

[ ] Não

### **QUESTIONÁRIO DEMOGRÁFICO**

**Em qual bairro da cidade de Fortaleza você reside?**

---

**Idade**

[ ] De 18 a 19 anos

[ ] De 20 a 39 anos

[ ] De 40 a 59 anos

[ ] De 60 anos ou mais

**Sexo**

- Feminino
- Masculino

**Cor ou raça:**

- Branca
- Preta
- Amarela
- Parda
- Indígena

**Grau de instrução**

- Sem instrução e menos de 1 ano de estudo
- Ensino fundamental incompleto
- Ensino fundamental completo
- Ensino médio incompleto
- Ensino médio completo
- Ensino superior incompleto
- Ensino superior completo
- Pós-graduação

**Grau de instrução**

- casado(a) ou em união estável
- divorciado(a)
- solteiro(a)
- viúvo(a)

**Você reside com:**

- Amigos(as)
- Conjuge
- Filhos
- Pais
- Parentes
- Sozinho(a)

**Trabalha fora de casa?**

- Sim
- Não

**Qual é a sua principal situação de trabalho?**

- [ ] Dono(a) de empresa (Micro, Pequena, Média, Grande empresas)
- [ ] Empregado com carteira de trabalho
- [ ] Empregado sem carteira de trabalho
- [ ] Não trabalha fora por ser dono(a) de casa
- [ ] Não trabalha fora por ser estudante
- [ ] Não trabalha por outro motivo
- [ ] Não trabalha por ser aposentado(a)
- [ ] Servidor(a) público(a)
- [ ] Trabalha por conta própria (Autônomo)
- [ ] Trabalha por conta própria (MEI - Microempresário(a) individual)
- [ ] Trabalha sem remuneração

**Qual a renda bruta do domicílio?**

- [ ] Sem rendimento
- [ ] Até R\$1.000,00
- [ ] De R\$1.000,00 até R\$2.000,00
- [ ] De R\$2.000,00 até R\$3.000,00
- [ ] De R\$3.000,00 até R\$5.000,00
- [ ] De R\$5.000,00 até R\$10.000,00
- [ ] R\$10.000,00 ou mais
- [ ] Não quero informar
- [ ] Não sei informar

**Quantas pessoas moram com você?**

- [ ] 1 morador
- [ ] 2 moradores
- [ ] 3 moradores
- [ ] 4 moradores
- [ ] 5 moradores
- [ ] 6 moradores
- [ ] 7 moradores
- [ ] 8 moradores ou mais

Com que frequência consome massas alimentícias? (diariamente, semanalmente, mensalmente, raramente)

---

---

Como você costuma comer massas alimentícias? (Como prato principal, como guarnição acompanhado de molhos/proteína)?

---



---

Você costuma comer massa fresca? Com que frequência (diariamente, semanalmente, mensalmente, raramente)?

---



---

Você tem experiência prévia com massas adicionadas com ingredientes não convencional como leguminosas, frutas ou outros vegetais?

---



---

Você já consumiu tremoço ou produtos à base de tremoço?

---



---

Você costuma considerar fatores de saúde ao escolher alimentos? Se sim, quais são esses fatores?

---



---

Você tem alguma experiência anterior em participar de grupos focais ou pesquisas de mercado? Se sim, por favor, compartilhe sua experiência.

---



---

## INTENÇÃO DE COMPRA E TESTE DE ACEITABILIDADE DE MASSAS FRESCAS

### Formulação:

**Circule a alternativa que mais se encaixa em sua opinião:**

- A. Qual a sua intenção de compra?** 1-Compraria 2-talvez comprasse 3-não compraria
- B. Quanto à sua aceitabilidade quanto:**
  - ✓ **Atributos gerais de aparência** 1-péssima, 2-ruim, 3-média, 4-boa, 5-ótima
  - ✓ **Cor** 1-péssima, 2-ruim, 3-média, 4-boa, 5-ótima
  - ✓ **Textura** 1-sem firmeza, 2-pouco firme, 3-firme, 4-muito firme e 5-extremamente firme
  - ✓ **Sabor** 1-ausente, 2-fracas, 3-moderada, 4-forte, 5-intenso
  - ✓ **Aroma** 1-ausente, 2-fracas, 3-moderada, 4-forte, 5-intenso

### Formulação:



**Circule a alternativa que mais se encaixa em sua opinião:**

**C. Qual a sua intenção de compra?** 1-Compraria 2-talvez comprasse 3-não compraria

**D. Quanto à sua aceitabilidade quanto:**

- ✓ **Atributos gerais de aparência** 1-péssima, 2-ruim, 3-média, 4-boa, 5-ótima
- ✓ **Cor** 1-péssima, 2-ruim, 3-média, 4-boa, 5-ótima
- ✓ **Textura** 1-sem firmeza, 2-pouco firme, 3-firme, 4-muito firme e 5-extremamente firme
- ✓ **Sabor** 1-ausente, 2-fracas, 3-moderada, 4-forte, 5-intenso
- ✓ **Aroma** 1-ausente, 2-fracas, 3-moderada, 4-forte, 5-intenso

**Formulação:**

**Circule a alternativa que mais se encaixa em sua opinião:**

**E. Qual a sua intenção de compra?** 1-Compraria 2-talvez comprasse 3-não compraria

**F. Quanto à sua aceitabilidade quanto:**

- ✓ **Atributos gerais de aparência** 1-péssima, 2-ruim, 3-média, 4-boa, 5-ótima
- ✓ **Cor** 1-péssima, 2-ruim, 3-média, 4-boa, 5-ótima
- ✓ **Textura** 1-sem firmeza, 2-pouco firme, 3-firme, 4-muito firme e 5-extremamente firme
- ✓ **Sabor** 1-ausente, 2-fracas, 3-moderada, 4-forte, 5-intenso
- ✓ **Aroma** 1-ausente, 2-fracas, 3-moderada, 4-forte, 5-intenso

**Formulação:**

**Circule a alternativa que mais se encaixa em sua opinião:**

**G. Qual a sua intenção de compra?** 1-Compraria 2-talvez comprasse 3-não compraria

**H. Quanto à sua aceitabilidade quanto:**

- ✓ **Atributos gerais de aparência** 1-péssima, 2-ruim, 3-média, 4-boa, 5-ótima
- ✓ **Cor** 1-péssima, 2-ruim, 3-média, 4-boa, 5-ótima
- ✓ **Textura** 1-sem firmeza, 2-pouco firme, 3-firme, 4-muito firme e 5-extremamente firme
- ✓ **Sabor** 1-ausente, 2-fracas, 3-moderada, 4-forte, 5-intenso
- ✓ **Aroma** 1-ausente, 2-fracas, 3-moderada, 4-forte, 5-intenso

**Formulação:**

**Circule a alternativa que mais se encaixa em sua opinião:**

**I. Qual a sua intenção de compra?** 1-Compraria 2-talvez comprasse 3-não compraria

**J. Quanto à sua aceitabilidade quanto:**

- ✓ **Atributos gerais de aparência** 1-péssima, 2-ruim, 3-média, 4-boa, 5-ótima
- ✓ **Cor** 1-péssima, 2-ruim, 3-média, 4-boa, 5-ótima
- ✓ **Textura** 1-sem firmeza, 2-pouco firme, 3-firme, 4-muito firme e 5-extremamente firme
- ✓ **Sabor** 1-ausente, 2-fracas, 3-moderada, 4-forte, 5-intenso
- ✓ **Aroma** 1-ausente, 2-fracas, 3-moderada, 4-forte, 5-intenso

APÊNDICE B – RESUMO GRÁFICO DA TESE

