



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO PALMAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**DE ALIMENTOS (PPGCTA)**

**LAÍS GAMA DE OLIVEIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE SUPLEMENTO ALIMENTAR CALÓRICO PROTEICO**  
**PRONTO PARA USO A BASE DE BARU (*Dipteryx alata*), HIDROLISADO**  
**PROTÉICO DE SEMENTE DE MELANCIA (*Crimson sweet*) e INAJÁ (*Maximiliana***  
***maripa*)**

**PALMAS – TO**

**2024**

**LAÍS GAMA DE OLIVEIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE SUPLEMENTO ALIMENTAR CALÓRICO PROTEICO  
PRONTO PARA USO A BASE DE BARU (*Dipteryx alata*), HIDROLISADO  
PROTÉICO DE SEMENTE DE MELANCIA (*Crimson sweet*) e INAJÁ (*Maximiliana  
maripa*)**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) da Universidade Federal do Tocantins, como requisito à obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa: Desenvolvimento de novos produtos alimentícios

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Caroline Roberta Freitas Pires

Coorientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Tatiana Nunes Amaral

**PALMAS – TO**

**2024**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- O48d Oliveira, Laís Gama de.  
Desenvolvimento de suplemento alimentar calórico proteico pronto para uso à base de baru (*Dipteryx alata*), hidrolisado proteico de semente de melancia (*Crimson sweet*) e inajá (*Maximiliana maripa*). / Laís Gama de Oliveira. – Palmas, TO, 2024.  
81 f.  
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2024.  
Orientadora : Caroline Roberta Freitas Pires  
Coorientadora : Tatiana Nunes Amaral  
1. Avaliação sensorial. 2. Hidrólise enzimática. 3. Resíduos alimentares. 4. Suplementos alimentares. I. Título

**CDD 664**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

LAIS GAMA DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE SUPLEMENTO ALIMENTAR CALÓRICO PROTEICO  
PRONTO PARA USO A BASE DE BARU (*Dipteryx alata*), HIDROLISADO  
PROTÉICO DE SEMENTE DE MELANCIA (*Crimson sweet*) e INAJÁ (*Maximiliana  
maripa*)**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 26 de Janeiro de 2024, pela Banca  
Examinadora constituída pelos membros:

---

Professora Doutora Caroline Roberta Freitas Pires – UFT (Orientadora)

---

Professor Doutora Patrícia Martins Guarda - UFT

---

Professora Doutora Larissa de Oliveira Ferreira Rocha - UFVJM (Examinador Externo)

Dedico este trabalho à minha mãe, Adelaide, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida e trajetória acadêmica. Dedico também à minha família, por todo incentivo e por sempre confiarem na minha capacidade. Sem eles nada disso seria possível!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar sabedoria, capacidade e saúde para conseguir alcançar meus objetivos. E por abençoar meu caminho.

Agradeço à minha mãe, Adelaide, que sempre fez o impossível para que pudéssemos ter acesso à educação e por nos mostrar que através dela tudo é possível.

Agradeço a meus familiares, em especial à minha irmã Larissa, por todo o apoio e pelo Álvaro, que é nossa alegria. Por muitas vezes acreditaram em mim mais do que eu mesma.

Agradeço a meus amigos e companheiros que acreditaram em mim e me deram força e apoio, estes que foram essenciais.

Agradeço à faculdade Atenas e aos técnicos do laboratório, Regina e Fabiana que me deram total suporte nas minhas análises.

Agradeço à minha querida orientadora Carol, que me incentivou, me ensinou, me ouviu, teve paciência, cativou, deu o máximo de si para que eu pudesse chegar tão longe como cheguei.

À minha coordenadora Tatiana, que sempre se mostrou pronta a ajudar e ensinar, sem se importar com horário ou dia.

Agradeço a minha dupla de mestrado, Delma, por sempre me ajudar, mesmo longe. O mundo precisa de mais pessoas como você.

Agradeço a Anielli, que sempre fez o possível para nos ajudar, seu trabalho faz diferença em nosso trabalho.

Agradeço a Najara, que me recebeu em sua casa com todo carinho, e fez possível e mais leve meu período em Palmas.

Aos meus companheirinhos Dionísio, Maria Julia, Joaquim e Tônico, com vocês minha vida é mais leve e alegre..

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA).

À Universidade Federal do Tocantins (UFT) pela infraestrutura disponibilizada para a execução dos experimentos.

## RESUMO

A palmeira do inajá possui fruto com noz comestível de elevado teor lipídico, mas com quantidades reduzidas de proteínas. Surge então, a torta da semente da melancia como uma opção de fonte vegetal de proteínas, e produção de hidrolisados proteicos. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um suplemento energético-protéico caracterizado como Alimento pronto para uso “Ready to use food” (RUF) à base de óleo de inajá e hidrolisado protéico de semente de melancia. Foram avaliadas as condições de hidrólise da torta de semente da melancia com o emprego da enzima comercial bromelina. Para isso adotou-se um delineamento composto central rotacional (DCCR) avaliando a influência das variáveis independentes tempo, temperatura e concentração enzimática sobre o grau de hidrólise e atividade antioxidantes avaliados pelos protocolos DPPH, FRAP E ABTS. O melhor ensaio foi utilizado para a elaboração de quatro formulações com diferentes concentrações de hidrolisado: F1(20%); F2(25%); F3(30%); F4(35%). Analisou-se o rendimento, composição nutricional e propriedades tecnológicas do hidrolisado. As formulações foram analisadas quanto a composição nutricional, teor de vitaminas, compostos fenólicos totais, minerais e ácidos graxos. A análise sensorial foi realizada com aplicação de teste afetivo (aceitação e intenção de compra) e descritores do CATA. A melhor condição de hidrólise foi obtida quando a torta da semente da melancia foi submetida ao processo hidrolítico com concentração enzimática de 1%, por 120 minutos a 60°C. Este ensaio foi escolhido para a produção do hidrolisado. A fração mista do hidrolisado apresentou 83,45% de rendimento, 48,7% de proteína e 23,63% de solubilidade. As quatro formulações elaboradas apresentaram de 25 a 28,9% de proteínas, 28,61 a 31,48% de lipídeos, 477,97 a 507 Kcal. As quatro formulações apresentaram em sua composição vitamina C e E, no entanto, não foram determinados os valores de vitamina A. Quanto ao teor de minerais, as formulações apresentaram destaque para Ferro, Zinco e Manganês com atendimento de 30 a 70% do valor diário recomendado. Os testes sensoriais afetivos mostraram que as formulações necessitam de adequações em relação aos sabor para atendimento das expectativas geradas pela aparência e aroma do produto. O sabor foi o atributo de maior impacto na aceitação dos provadores. A formulação 4, com maior porcentagem de hidrolisado apresentou sabor amargo, diferindo das demais. O índice de aceitabilidade indicou que aroma, aparência e cor foram os atributos aprovados pelos provadores com valores acima de 70%.

**Palavras-chave:** avaliação sensorial, hidrólise enzimática, resíduos alimentares, suplementos alimentares, qualidade.

## ABSTRACT

The inajá palm tree has edible nut fruit with a high lipid content, but with reduced amounts of proteins. Watermelon seed cake then emerges as an option for a vegetable source of protein and the production of protein hydrolysates. The objective of this work was to develop an energy-protein supplement characterized as Ready to use food (RUF) based on inajá oil and watermelon seed protein hydrolyzate (TSM). The TSM hydrolysis conditions were evaluated using the commercial enzyme bromelain. For this, a central composite rotational design (DCCR) was adopted, evaluating the influence of the independent variables time, temperature and enzyme concentration on the degree of hydrolysis and antioxidant activity evaluated by the DPPH, FRAP and ABTS protocols. The best assay was used to prepare four formulations with different concentrations of hydrolyzate: F1 (20%); F2(25%); F3(30%); F4(35%). The yield, nutritional composition and technological properties of the hydrolyzate were analyzed. The formulations were analyzed for nutritional composition, vitamin content, total phenolic compounds, minerals and fatty acids. The sensory analysis was carried out using an affective test (acceptance and purchase intention) and CATA descriptors. The best hydrolysis condition was obtained when the watermelon seed cake was subjected to the hydrolytic process with an enzyme concentration of 1%, for 120 minutes at 60°C. This assay was chosen for the production of the hydrolyzate. The mixed fraction of the hydrolyzate showed 83.45% yield, 48.7% protein and 23.63% solubility. The four formulations prepared presented 25 to 28.9% proteins, 28.61 to 31.48% lipids, 477.97 to 507 Kcal. The four formulations had vitamin C and E in their composition, however vitamin A values were not determined. Regarding mineral content, the formulations highlighted Iron, Zinc and Manganese, meeting 30 to 70% of the recommended daily value. . The affective sensory tests showed that the formulations require adjustments in terms of flavor to meet the expectations generated by the appearance and aroma of the product. Flavor was the attribute with the greatest impact on panelists' acceptance. Formulation 4, with the highest percentage of hydrolyzate, had a bitter taste, differing from the others. The acceptability index indicated that aroma, appearance and color were the attributes approved by the tasters with values above 70%.

**Keywords:** sensory evaluation, enzymatic hydrolysis, food waste, food supplements, quality.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Inajá (Maximiliana maripa)</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Melancia</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Hidrolisados proteicos</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Obtenção de matérias-primas</b>	<b>21</b>
4.1.1	Inajá (Maximiliana maripa)	21
4.1.2	Obtenção do óleo de inajá	22
4.1.3	Obtenção das sementes de melancia (Citrullus lanatus)	22
4.1.4	Obtenção da torta da semente de melancia (TSM)	22
4.1.5	Obtenção castanhas de Baru (Dipteryx alata)	23
4.1.6	Obtenção da pasta de Baru (Dipteryx alata)	23
<b>4.2</b>	<b>Caracterização das matérias-primas</b>	<b>23</b>
4.2.1	Caracterização da torta do Inajá	23
4.2.2	Determinação do perfil de ácidos graxos do óleo de inajá	24
4.2.3	Composição nutricional da torta da semente de melancia (TSM)	24
4.2.4	Composição nutricional do baru	24
<b>4.3</b>	<b>Elaboração do hidrolisado protéico da torta de semente de melancia</b>	<b>24</b>
<b>4.4</b>	<b>Variáveis respostas para a obtenção dos hidrolisados proteicos da torta da semente da melancia</b>	<b>25</b>
4.4.1	Determinação do Grau de hidrólise (%GH)	25
<b>4.4.2</b>	<b>Determinação da atividade antioxidante</b>	<b>26</b>
<b>4.5</b>	<b>Análise do rendimento, composição nutricional e tecnológica das frações dos hidrolisados proteicos da torta da semente da melancia</b>	<b>26</b>
4.5.1	Análise do rendimento	26
4.5.2	Composição nutricional das frações do hidrolisado da torta da semente de melancia	27
4.5.3	Propriedades tecnológicas das frações do hidrolisado protéico da torta da semente de melancia	27
<b>4.6</b>	<b>Elaboração de formulações à base de óleo de inajá e hidrolisado proteico da torta da semente da melancia</b>	<b>27</b>
<b>4.7</b>	<b>Composição nutricional das formulações à base de hidrolisado protéico de semente de melancia e óleo de inajá</b>	<b>28</b>
4.7.1	Perfil de ácidos graxos	28
4.7.2	Perfil de minerais	28
4.7.3	Determinação dos teores das vitaminas A, C e E	28
4.7.4	Determinação de compostos fenólicos Totais	29
<b>4.8</b>	<b>Análise microbiológica das formulações</b>	<b>29</b>
<b>4.9</b>	<b>Análise sensorial</b>	<b>29</b>

4.9.1	Primeira sessão de Análise Sensorial.....	30
4.9.2	Segunda sessão de Análise Sensorial.....	30
4.9.3	Índice de Aceitabilidade (I.A).....	31
<b>4.10</b>	<b>Delineamento estatístico.....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>Caracterização da torta do inajá (Maximiliana maripa) e do Baru.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2</b>	<b>Perfil dos ácidos graxos do óleo de Inajá.....</b>	<b>34</b>
<b>5.3</b>	<b>Composição nutricional das tortas das sementes de melancia.....</b>	<b>38</b>
<b>5.4</b>	<b>Otimização das condições de hidrólise enzimática para produção do hidrolisado protéico da torta da semente de melancia (HPTSM).....</b>	<b>41</b>
<b>5.6</b>	<b>Caracterização das frações do hidrolisado protéico da torta da semente de melancia.....</b>	<b>49</b>
<b>5.7</b>	<b>Propriedades tecnológicas das frações do hidrolisado protéico da torta da semente de melancia.....</b>	<b>51</b>
<b>5.8</b>	<b>Composição nutricional das formulações.....</b>	<b>53</b>
<b>5.9</b>	<b>Determinação de compostos fenólicos totais.....</b>	<b>55</b>
<b>5.10</b>	<b>Perfil de ácidos graxos das formulações.....</b>	<b>57</b>
<b>5.11</b>	<b>Determinação teor das Vitaminas A , C e E.....</b>	<b>61</b>
<b>5.12</b>	<b>Determinação do teor de minerais das formulações com adição de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia.....</b>	<b>63</b>
<b>5.13</b>	<b>Análises microbiológicas.....</b>	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISE SENSORIAL.....</b>	<b>65</b>
<b>6.1</b>	<b>Grupo de foco para descritores do Check All that Apply (CATA).....</b>	<b>65</b>
<b>6.2</b>	<b>Análise sensorial.....</b>	<b>66</b>
<b>6.3</b>	<b>Intenção de compra.....</b>	<b>68</b>
<b>6.4</b>	<b>Análise de componentes principais.....</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>70</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com cerca de 45 milhões de toneladas ao ano. Além disso, Brasil é o segundo grande centro de origem de espécies frutíferas tropicais, atrás apenas do Sudeste Asiático, e fonte valiosa de frutas, principalmente as exóticas (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2023).

As frutas exóticas apresentam características peculiares, seja pelo cheiro, cor, sabor ou textura (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE, 2022). De acordo com a Apex-Brasil (2021), o mercado brasileiro apresentou uma oportunidade de crescimento ainda maior nas exportações de frutas no ano de 2022, com destaque para as frutas exóticas como o inajá (*Maximiliana maripa*).

Segundo Cavalcante (1991) o inajazeiro (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) é uma palmeira da família Arecaceae (Palmae) encontrada em toda a Amazônia, tendo sua maior incidência no Estado do Pará e no estuário do Rio Amazonas, chegando até o Maranhão. Destaca-se pela resistência às sucessivas queimadas, elevado vigor de regeneração e a capacidade de fornecimento de uma grande quantidade de sementes (Bezerra, 2011).

A palmeira do inajá possui fruto com noz comestível, que contém cerca de 60% de óleo, sendo que sua polpa também apresenta quantidades significativas deste nutriente (Barbi *et al.*, 2019). O inajá também apresenta teor de zinco elevado, contribuindo com 13,13% da RDA quando 100 g de polpa desta fruta é ingerida diariamente, sendo ainda, considerado uma fonte de vitamina C (Becker *et al.*, 2018).

Por apresentar excelentes parâmetros de qualidade, o óleo produzido pela amêndoa e pela polpa do inajá se mostram como uma excelente fonte e matéria-prima para produção de alimentos funcionais, dado o seu elevado teor de compostos fenólicos totais e sua capacidade antioxidante, além da alta estabilidade térmica (Barbi *et al.*, 2019).

No entanto, apesar de seu elevado teor lipídico, o inajá apresenta quantidades reduzidas de proteínas, o que justifica sua combinação com outras matérias-primas, no desenvolvimento de novos produtos com valor energético proteico agregado.

Neste sentido, é importante o desenvolvimento de tecnologias visando o aproveitamento dos resíduos provenientes das agroindústrias, e sua utilização na formulação de novos produtos alimentícios, uma vez que os mesmos apresentam quantidades significativas de nutrientes essenciais para a saúde, além de contribuir na redução do desperdício alimentar, e conseqüentemente nos impactos ambientais, bem como

proporcionando a formulação de novos produtos alimentícios ricos nutricionalmente e de baixo custo (Pereira, 2021).

O mercado brasileiro de hortaliças é altamente diversificado e segmentado, com o volume de produção concentrado em seis espécies – batata, tomate, melancia, alface, cebola e cenoura (EMBRAPA, 2023). Estas correspondem a mais de 80% do faturamento do setor no mercado internacional (Confederação Nacional da Agricultura - CNA, 2023). Sua produção mundial é superior a 119 milhões de toneladas/ano. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2022), a produção de melancia no Brasil ocupa mais de 105 mil hectares, o que torna o país o quarto maior produtor mundial da fruta, superado apenas por China, Turquia e Irã

As sementes de melancia (*Citrullus lanatus*) estão contidas na polpa dos frutos, e se diferem em relação ao tamanho, espessura e textura (Milala *et al.*, 2018), sendo um dos principais resíduos gerados, responsáveis por cerca de 2% do peso total do fruto (Qin *et al.*, 2021). Sementes e casca acabam por tornar-se um fardo para o consumidor que pretende alimentar-se somente da polpa da fruta (Souza *et al.*, 2019). As sementes são ricas em proteínas com teores entre 25% a 37% e contêm altos teores de aminoácidos, sendo arginina, glutamina, ácido aspártico e leucina os mais abundantes (Jimoh *et al.*, 2017).

Segundo Liu *et al.* (2018), as proteínas vegetais vêm ganhando lugar de destaque devido às propriedades nutricionais e funcionais que elas possuem, sendo uma boa alternativa às fontes animais na produção de hidrolisados proteicos devido à sua segurança, baixo custo e facilidade para produção em larga escala (Nasri *et al.*, 2017).

Os hidrolisados protéicos são produtos resultantes da quebra das cadeias de proteínas em ligações peptídicas menores e aminoácidos livres, podendo ser obtidos após hidrólise fermentativa, enzimática ou química, a partir de substratos naturais de origem animal ou vegetal (Hau *et al.*, 2019; Kurozawa, Park, Hubinger, 2009).

Estes têm demonstrado propriedades técnico - funcionais melhoradas em relação às proteínas nativas (Bučko, *et al.*, 2016), destacando-se a retenção de água e óleo, emulsificação, formação de espuma e gelificação (Ahmed *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2021; Marinea, *et al.*, 2021). As principais fontes de proteínas vegetais são as leguminosas, oleaginosas, cereais, pseudocereais e resíduos agroindustriais (Zhang *et al.*, 2019), sendo as sementes das frutas ainda pouco exploradas..

Além disso, os hidrolisados proteicos vegetais são utilizados como suplemento proteico, empregado diretamente em dietas especiais, ou como ingrediente em formulações de alimentos para fins especiais, como alimentos para a terceira idade, alimentos infantis,

alimentos para desportistas, para o combate de má nutrição, doenças metabólicas, entre outras aplicações (Grande, 2016).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Inajá (*Maximiliana maripa*)

O inajazeiro (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) é uma palmeira oleaginosa pertencente à família Arecaceae, nativa do norte do Brasil, ocorrendo principalmente nos Estados do Pará, Amazonas e Maranhão. Produz cachos de frutos comestíveis com a polpa na cor laranja que podem ser consumidos frescos ou cozidos e também é a base de uma bebida conhecida como vinho inajá (Fernandez *et al.*, 2016).

É uma espécie resistente às sucessivas queimadas, com elevado vigor de regeneração e capacidade de fornecimento de uma grande quantidade de sementes (EMBRAPA, 2011), apresenta um estipe solitário e ereto com até 25 m de altura, podendo ser encontrada em diversos tipos de ambientes com solo argilo-arenosos até solos secos e pobres de nutrientes, além disso, tem um rápido crescimento em clareiras, podendo se regenerar de forma espontânea em florestas secundárias (Viana *et al.*, 2014).

A floração e a frutificação do inajazeiro ocorrem durante todo o ano, sendo que a produção de frutos no lado oriental da região Amazônica se concentra entre janeiro e março, com a floração de outubro a novembro. Já na Amazônia ocidental a floração acontece em meados de julho e frutifica no começo de novembro (Embrapa, 2011).

Logo, podem sofrer variações ao longo do ano devido a fatores climáticos como a temperatura que afeta negativamente a queda de flores e folhas principalmente em fevereiro e de forma positiva os frutos maduros, contribuindo na dispersão natural dos frutos no período de junho (Pires *et al.*, 2016).

Os frutos têm forma cônica e são compostos de uma semente lenhosa e muito difícil de quebrar, de coloração pardo-amarelo, de 3 cm a 4 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro. Possui um epicarpo fibroso e, entre o epicarpo e o caroço, encontra-se a polpa, uma massa pouco pastosa quando o fruto está verde e dentro da semente encontra-se de 1 a 3 amêndoas (Costa Neto *et al.*, 2000).

A polpa de inajá apresenta diversos compostos bioativos, como carotenóides, flavonóides e vitamina C, conferindo-lhe elevada capacidade antioxidante. Além disso, apresenta considerável teor de amido que é a principal fonte de energia da dieta humana, e

suas propriedades físico-químicas são cruciais para o sabor final de vários alimentos (Santos *et al.*, 2017; Barbi *et al.*, 2018).

A polpa da fruta é consumida in natura ou na forma de mingau e tem sido usada na medicina tradicional para o fortalecimento das pessoas enfraquecidas. No entanto, não é uma fruta muito apreciada, possivelmente devido à insuficiência de pesquisas e a consequente desvalorização da espécie (Villachica *et al.*, 1996; Bezerra, 2011).

O potencial industrial do inajá está no óleo comestível obtido da amêndoa do fruto, podendo alcançar até 60% (Miranda *et al.*, 2001). De acordo com Becker (2019) os frutos podem ser considerados alimentos com alto potencial antioxidante, promissores para aplicações na indústria farmacêutica e alimentícia no desenvolvimento de produtos.

O óleo do fruto de inajá apresenta em sua composição, ácidos graxos essenciais que se destacam por sua relevância de caráter nutricional. Em quantidades diferenciadas, podem-se encontrar os ácidos conhecidos como ômega 3 (ácido linolênico), 6 (ácido linoleico) e 9 (ácido oleico) (EMBRAPA, 2011).

O óleo do inajá possui capacidade de inibição da enzima acetilcolinesterase (ACh) demonstrando que é potente e pode representar uma alternativa real às moléculas sintéticas para a terapêutica de diversas patologias através do desenvolvimento de medicamentos ou nutracêuticos e como opção de complemento nutricional na alimentação (Fernandez *et al.*, 2016), adicionalmente, os extratos aquosos de inajá apresentaram capacidade antioxidante significativa, mostrando que o fruto contém quantidades elevadas em antioxidantes hidrofílicos (Becker, 2019).

De Sousa Silva (2021) afirmou que o extrato seco de torta de inajá apresentou maior teor de fenólicos (51.230 µgGAE g/100) em comparação com extratos etanólicos de resíduos agroindustriais, promovendo maior atividade necrófaga contra o radical ABTS.

Os mesmos autores acrescentam que o resíduo de inajá proveniente da produção de biodiesel contém substâncias bioativas capazes de desativar a formação de espécies reativas ao oxigênio enquanto modula o processo inflamatório (De Souza Silva, 2021).

Apesar disso, ainda não há aplicação industrial específica para o inajá (Viana *et al.*, 2014), no entanto, o fato de possuir polpa e sementes com capacidade promissoras de produção de óleo, presume-se que esse vegetal possui bom potencial de ser utilizado como fonte de matéria-prima, seja para produção de biodiesel seja em aplicações no ramo alimentício (Pires *et al.*, 2016).

## 2.2 Melancia

A melancia é classificada como uma espécie herbácea de ciclo vegetativo anual de crescimento rasteiro, com várias ramificações que alcançam até cinco metros de comprimento (EMBRAPA, 2019). Originária da África, esse fruto pode ser facilmente encontrado em outras regiões de clima tropical e subtropical (Rezende, Costa, 2003; Kyriacou *et al.*, 2018).

Pertencente à família da cucurbitácea, é muito consumida in natura, e é apreciada por suas agradáveis características sensoriais de sabor, doçura, refrescância e suculência (Rezende, Costa, 2003; Kyriacou *et al.*, 2018)

A produção mundial de melancia tem apresentado um crescimento contínuo, sendo que o Brasil é considerado o quarto maior produtor, representando cerca de 2% da produção total (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, 2023), importante segmento do agronegócio brasileiro, e segundo o IBGE (2023) é a terceira fruta mais produzida no País, com produção de 1.912.909 de toneladas em uma área colhida de 85.729 hectares, com destaque para o estado de Goiás que é o maior produtor brasileiro (IBGE, 2023).

Dentre os principais componentes fitoquímicos da melancia estão o licopeno e a citrulina (Soteriou *et al.*, 2014), que são apontados como responsáveis pelos diversos benefícios à saúde atribuídos à melancia como atividade antimicrobiana, diminuição dos níveis de triglicérides, do colesterol LDL, da peroxidação lipídica como um indicador dos níveis de estresse oxidativo e controle de glicemia (Hong *et al.*, 2018; Shanely *et al.*, 2020; Neglo *et al.*, 2021).

Adicionalmente, a melancia possui quantidades significativas de compostos bioativos, como os fenólicos, que também despertam interesse na comunidade científica, pois possuem atividade antioxidante, antimutagênica, antiproliferativa, antitumoral e anticâncer (Nagai *et al.*, 2003, Naczki, Shahidi, 2004).

Além dos benefícios associados à fruta *in natura*, o consumo do suco de melancia tem sido apresentado como um alimento funcional com características antioxidantes, anti-inflamatórias e anti-hipertensivas relacionadas ao seu alto teor de licopeno (Yang *et al.*, 2022).

As sementes de melancia são um dos principais resíduos gerados responsáveis por cerca de 2% do peso total do fruto (Qin *et al.*, 2021), sendo que o seu reaproveitamento pode não somente reduzir o desperdício da cadeia da melancia, como agregar valor a este alimento

e auxiliar a reduzir a insegurança alimentar, uma vez que elas são ricas em proteínas e gorduras (Nkoana *et al.*, 2021; Raihana *et al.*, 2015).

De acordo com Côrrea *et al.* (2006) o óleo extraído das sementes de melancia é constituído majoritariamente pelos ácidos oléico (C18:1) e linoléico (C18:2), sendo o primeiro associado com a diminuição dos níveis de VLDL (very low density lipoprotein) e colesterol, além de benefícios a paciente diabéticos (Garg *et al.*, 1998), já o linoléico está associado a redução da massa corporal (Whigham, *et al.*, 2007). Os ácidos palmítico e esteárico também estão presentes em elevadas concentrações, e muito embora sejam ácidos saturados, podem ser úteis em aplicações cosméticas (Patel, 2017).

Foram isolados no óleo das sementes de melancia, alguns ácidos fenólicos, como os ácidos gálico, cafeico, ferúlico, siríngico e p-cumárico, alcaloides, esteroides, carotenoides e saponinas (Nyam 2009, Deshmukh, 2017), sendo que o ácido caféico (AC) e o ácido ferúlico (AF) apresentam propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias além de melhorar as anormalidades relacionadas à Síndrome Metabólica (Bocco, 2013). Além disso, há relato que o óleo de sementes de melancia apresenta elevada atividade antioxidante, ajudando na prevenção de certas doenças crônicas como diabetes, doenças cardiovasculares e obesidade (RaiI *et al.*, 2015).

Logo, uma forma de aumentar o valor das cascas e sementes de frutas é usá-los como fonte alternativa para a produção de alimentos ou insumos alimentares com aplicações tecnológicas, essa possibilidade é relevante, considerando a atual tendência na busca por novas fontes de subprodutos que apresentam essas características. Tecnologias sustentáveis proporcionam uma melhor preservação dos nutrientes nativos de frutas e vegetais, têm impactos positivos do ponto de vista nutricional, bem como no desenvolvimento de novos produtos funcionais, além do influxo significativo de financiamentos governamentais para pesquisa, desenvolvimento e implementação de tais tecnologias no processamento de alimentos atuais e novos (Granato *et al.*, 2020).

### **2.3 Hidrolisados proteicos**

A hidrólise proteica é um processo que envolve a fragmentação da cadeia molecular das proteínas em peptídeos menores e aminoácidos livres. Este processo consiste no rompimento das ligações peptídicas das proteínas, promovendo a liberação de peptídeos bioativos, facilitando sua digestibilidade e absorção (Evangelho *et al.*, 2016; Malomo *et al.*, 2020; Marçal *et al.*, 2021).



Dentre os processos de hidrólise, a enzimática permite o controle preciso do grau de hidrólise e possibilita obter uma hidrólise satisfatória através de diferentes tipos de proteases (Tavano *et al.*, 2018), entretanto, a qualidade do produto varia com a natureza da enzima e as condições de processamento (Sarmandi; Ismail, 2010; Samaranayaka; Li-Chan, 2011).

Dentre as enzimas comerciais mais empregadas para a produção de hidrolisados, destacam-se a papaína e a bromelina de origem vegetal (do mamão e abacaxi, respectivamente) (Borrajo *et al.*, 2020; Pedroso *et al.*, 2020). A bromelina é o nome genérico dado ao conjunto de enzimas proteolíticas encontradas nos vegetais da família Bromeliaceae, da qual o abacaxi é o mais conhecido (Vieira *et al.*, 2020). No Brasil, as principais fontes de matéria-prima para a extração da enzima bromelina são os resíduos agrícolas, especialmente a sua haste (Vieira *et al.*, 2020).

A bromelina constitui-se como uma série de isoenzimas com atividades proteolíticas, capaz de clivar ligações peptídicas internas das proteínas, sendo, portanto denominada de endopeptidase (Wang *et al.*, 2018; Vieira *et al.*, 2020) com propriedade de facilitar a digestão proteica (Abílio *et al.* 2009).

A bromelina é indicada como uma enzima essencial para a atividade proteolítica e um agente bioativo que possui notáveis propriedades terapêuticas como a inibição reversível da agregação plaquetária, alívio brônquico, sinusite, recuperação, tromboflebite, pielonefrite e aumento da absorção de remédios, principalmente antibióticos, assim elevando seu valor industrial (Schulz *et al.*, 2018; Nelson, Peter, Saju, 2022).

A hidrólise enzimática tem como vantagens, o controle do grau de hidrólise, condições moderadas de ação, disponibilidade comercial em larga escala, custo moderado, menor teor de sal no produto final e formação mínima de subprodutos (Mannheim; Cheryan, 1992; Pearce, 1995).

Além de contribuir com o aumento da disponibilidade proteica conferindo-lhes propriedades funcionais, como emulsificantes e de solubilidade (Costa *et al.*, 2021) adicionalmente, os hidrolisados protéicos apresentam elevado potencial tecnológico devido sua elevada funcionalidade e propriedades nutricionais, além de reduzir o potencial alergênico da proteína e conter peptídeos bioativos (Mure; Dominguez; Parajó, 2006; Martins, 2009).

Os peptídeos biologicamente ativos são fragmentos de proteínas caracterizados por permanecerem inativos em suas sequências precursoras, até que sejam liberados por enzimas proteolíticas. Após a liberação, esses peptídeos podem interagir com receptores apropriados, regulando diversas funções fisiológicas no organismo (Tkaczewska, 2020). A liberação de

peptídeos bioativos ocorre durante a hidrólise com enzimas digestivas no sistema digestivo humano, bem como nos processos de fermentação devido à atividade proteolítica de microrganismos e como resultado de hidrólise enzimática *in vitro* (Lorenzo *et al.*, 2018).

As principais bioatividades encontradas em peptídeos incluem a manutenção da saúde cardiovascular, por meio da inibição da enzima conversora da angiotensina I (ECA), propriedades antioxidantes, antidiabéticas, anti-hipertensivas, antimicrobianas, atividade imunomoduladoras e anti-inflamatória havendo um vasto escopo de fontes proteicas que podem ser usadas como substrato para gerar esses produtos (Li-Chan, 2015; Almeida *et al.*, 2023; Garbacz *et al.*, 2023).

A avaliação de proteínas como precursores de peptídeos bioativos é conduzida com base em seus perfis de atividade potencial e na frequência de ocorrência de fragmentos bioativos na sequência (Bhandari *et al.*, 2020). Dessa forma, peptídeos antioxidantes e antimicrobianos, isolados de proteínas alimentares e hidrolisados protéicos contendo tais peptídeos, constituem ingredientes bioativos passíveis de utilização em produtos alimentícios (Almeida *et al.*, 2023; Garbacz *et al.*, 2023).

Brzsefidpar *et al.*,(2024) propõe que os hidrolisados proteicos sejam incorporados em produtos alimentícios para melhorar seu perfil nutricional, resultando no aumento da atividade antioxidante e das propriedades antidiabéticas. Sua aplicação visa não apenas conferir propriedades de promoção da saúde a humanos, mas também prolongar a vida útil dos produtos alimentícios (Tkaczewska, 2020).

#### **2.4 Baru (*Dipteryx alata*)**

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) é uma espécie endêmica do bioma Cerrado brasileiro, e seu fruto, conhecido como baru, possui uma configuração oval e levemente achatada, com coloração marrom (Vallilo; Tavares; Aued, 1990; Santinoni *et al.*, 2023). A estrutura do fruto é composta por uma casca fina, polpa fibrosa e um endocarpo lenhoso que envolve a noz, parte comestível do fruto (Santos; Fernandes; Naves, 2021).

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) espécie pertencente à família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, tem ocorrência no cerrado sensu stricto, cerradão mesotrófico e matas mesofíticas (ALMEIDA *et al.*, 1998). Tem distribuição irregular, podendo ocorrer em grandes agrupamentos, em diversos estados do Brasil, incluindo Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (ALMEIDA *et al.*, 1998). A castanha de baru torrada possui um sabor suave, que se situa entre o amendoim e a amêndoa, sendo amplamente consumida na região

Centro-Oeste do Brasil e disponível nos principais mercados internacionais, como nos Estados Unidos e Europa (Sano; Brito; Ribeiro, 2016).

O baru tem despertado interesse para plantios com fins de produção de frutos e para recuperação de áreas degradadas (SANO, 2016). Isto tem ocorrido pelo seu potencial de aproveitamento integral dos frutos e pela sua valorização que tem sido crescente (Teixeira, 2023). Os ácidos graxos insaturados encontrados na amêndoa de *D. alata* são importantes na redução de fatores de risco para doenças cardiovasculares, bem como na diminuição das concentrações de VLDL e LDL - colesterol. Nas amêndoas, são encontrados os ácidos graxos insaturados: ácido oléico, linolênico, gadoléico, fítico e erúcico (Rocha, 2022).

A amêndoa de *D. alata* tem sido utilizada também na fabricação de paçoca, pé-de-moleque e rapaduras. Essa amêndoa possui uma ótima quantidade de conteúdo lipídico e protéico, com presença de aminoácidos essenciais - aqueles obtidos apenas pela dieta alimentar e que não são sintetizados pelo organismo. Esse conteúdo nutricional é semelhante às melhores sementes comestíveis presentes na alimentação humana (Ferreira, 2023).

## **2.5 Alimentos com propriedades funcionais**

Nas últimas décadas, o Brasil foi palco de transformações sociais que acarretaram mudanças em seu padrão de saúde e consumo alimentar (Dallacosta, 2023). As preocupações com a manutenção da saúde, em conjunto com o avanço dos estudos da ciência da nutrição, convergem para que a população busque alimentos mais saudáveis (Camargos & Gonzaga, 2015), almejando uma maior longevidade e qualidade de vida (Martins *et al.*, 2020). Neste sentido, os alimentos funcionais desempenham um papel importante na construção de novos hábitos alimentares que visam a benefícios para a saúde a longo prazo (Safraid *et al.*, 2022).

No Brasil, em 1999, a legislação referente a alimentos funcionais foi estabelecida como pioneira na América Latina. Entretanto, essa regulamentação não abrangia o termo *alimento funcional* como uma categoria, mas sim a alegação de propriedade funcional ou alegação de saúde de alimentos específicos (Safraid *et al.* 2022).

De acordo com o Guia para avaliação de alegação de propriedade funcional e de saúde para substâncias bioativas presentes em alimentos e suplementos alimentares nº 55/2021 – versão 1, uma alegação de propriedade funcional é aquela relativa ao papel metabólico ou

fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano e poderá ser utilizada mediante demonstração de eficácia comprovada por evidências científica (Brasil, 2021).

Costa & Strehlau (2020) apontaram que os consumidores de alimentos funcionais, além de estarem aumentando, também estão mais críticos, evidenciando que somente as alegações funcionais não são suficientes para o convencimento desses consumidores. Logo, características sensoriais, com destaque para o sabor agradável, são fatores determinantes para o consumo, bem como as alegações de saúde e a forma como são expostas ao público (Safraid *et al.* 2022).

Adicionalmente há uma percepção positiva nos alimentos que são, ecologicamente sustentáveis, naturais ou buscam essa ideia de serem minimamente processados, pois os consumidores entendem os benefícios dos nutrientes isolados e como a forma de processamento pode afetar a qualidade destes (Safraid *et al.* 2022).

Além disso, é notado um destaque significativo para as questões relacionadas à necessidade de suplementação alimentar, principalmente quando se trata da relação entre este complemento através de proteínas de origem animal e/ou vegetal (Silva, 2022), sendo que estas últimas vêm ganhando lugar de destaque devido às propriedades nutricionais e funcionais que as mesmas possuem (Liu *et al.* (2018).

Por isso, nas últimas décadas, a tecnologia de processamento se propôs a buscar alternativas inovadoras auxiliando nos processos de desenvolvimento de produtos (Muthukumarappan; Knoerzer, 2020). Dentre estes, os hidrolisados proteicos vegetais como suplemento proteico vem ganhando destaque, sendo empregados diretamente em formulações de alimentos para fins especiais, como alimentos para a terceira idade, alimentos infantis, alimentos para desportistas, para o combate de má nutrição, doenças metabólicas, entre outras aplicações (Grande, 2016).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

- Desenvolver suplemento energético-protéico caracterizado como Alimento pronto para uso “Read to use food” (RUF) à base de óleo de inajá e hidrolisado protéico de semente de melancia.

### 3.2 Objetivos específicos

- Realizar caracterização química da torta da semente de melancia, da torta da castanha do inajá e da castanha do baru;
- Avaliar o perfil de ácidos graxos do óleo de inajá;
- Otimizar a obtenção de hidrolisados proteicos de semente de melancia utilizando a enzima bromelina;
- Determinar o grau de hidrólise dos hidrolisados proteicos de semente de melancia obtidos pela ação enzimática da bromelina;
- Avaliar a capacidade antioxidante dos hidrolisados de semente de melancia por meio dos protocolos ABTS, FRAP e DPPH;
- Avaliar o rendimento, propriedades físico-químicas e tecnológicas do hidrolisado proteico que apresentar maior grau de hidrólise;
- Desenvolver diferentes formulações de suplementos energético-proteicos com óleo de inajá e hidrolisado proteico de semente de melancia;
- Avaliar as propriedades físico-químicas dos suplementos proteicos desenvolvidos;
- Analisar o perfil de ácidos graxos das formulações desenvolvidas;
- Determinar o teor de compostos fenólicos totais das formulações desenvolvidas;
- Analisar o perfil de minerais das formulações desenvolvidas;
- Avaliar o teor das vitaminas A, C e E das formulações;
- Determinar os parâmetros sensoriais descritivos, aceitação e intenção de compra das amostras.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Obtenção de matérias-primas

#### 4.1.1 Inajá (*Maximiliana maripa*)

Os inajás utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa foram obtidos em feira popular no município de Paraíso do Tocantins - TO, entre os meses de julho e agosto do ano de 2022. Após aquisição, os frutos foram levados para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Tocantins, onde foram selecionados quanto ao tamanho, coloração e ausência de injúrias ou podridão. Após seleção, os frutos foram lavados

em água corrente e sanitizados com solução clorada a 100 ppm por 15 minutos e em seguida foram enxaguados e deixados sobre superfície limpa para secagem. Após secos os frutos foram quebrados para a retirada das amêndoas, não sendo aplicado nenhum tipo de tratamento térmico à amostra.

#### 4.1.2 Obtenção do óleo de inajá

O óleo do inajá foi obtido por meio de extração a frio. A amostra foi triturada em liquidificador, acondicionada em tecido 100% poliamida e transferida para um cilindro de aço inoxidável vazado posicionado em prensa hidráulica digital elétrica 100T I-3025-B da marca Conteco. Sobre a farinha envolvida pelo tecido, foi realizada a pressão até atingir 13 ton, mantida constante até a eliminação do óleo. Este processo foi repetido adicionando força de 17 ton. O procedimento foi realizado até o esgotamento da escoagem de óleo. As amostras de óleo obtidas foram armazenadas em frasco de vidro âmbar ao abrigo da luz até o momento das análises.

#### 4.1.3 Obtenção das sementes de melancia (*Citrullus lanatus*)

As sementes de melancia foram adquiridas após contato com a Isla sementes, empresa especializada na comercialização de sementes, localizada no Rio Grande do Sul-RS. Para a aquisição das sementes alguns critérios foram estabelecidos, tais como a ausência de tratamento para germinação e aplicação de pré-secagem, de forma a impedir que estas desenvolvessem fungos durante o período de transporte e estocagem. Além disso, foi especificada a aplicação delas para uso alimentar. Para a avaliação das características físico-químicas foram adquiridas 3 cultivares de sementes de melancia da espécie *Citrullus lanatus var. lanatus*: semente black de melancia, de origem chinesa, cultivar “Crimson Sweet” e cultivar “Híbrido Combat”.

#### 4.1.4 Obtenção da torta da semente de melancia (TSM)

As sementes das cultivares de melancia foram trituradas em liquidificador até que formasse uma farinha homogênea. Em seguida foram envolvidas por tecido 100% poliamida e acondicionadas em cilindro de aço inoxidável vazado posicionado em prensa hidráulica digital elétrica 100T I-3025-B da marca Conteco, previamente higienizado. Sobre a farinha

envolvida pelo tecido, foi realizada a pressão até atingir 15 ton, que foi mantida constante até a eliminação do óleo. Tal procedimento foi repetido com 17 toneladas até o esgotamento da escoagem do óleo da semente da melancia.

As tortas das sementes de melancia, obtidas após a prensagem, foram acondicionadas em recipientes de polietileno hermeticamente fechados e armazenados em local seco, fresco e ao abrigo da luz até o momento das análises.

#### 4.1.5 Obtenção castanhas de Baru (*Dipteryx alata*)

As castanhas de baru (*Dipteryx alata*) in natura foram adquiridas na feira dos produtores rurais da cidade de Paracatu- MG, entre os meses de julho e agosto do ano de 2023. As castanhas foram levadas para o Laboratório de Técnica Dietética do Centro Universidade Atenas (UNIATENAS). As castanhas que apresentaram qualquer sinal de podridão, mofo ou característica atípica ao produto foram desprezadas.

#### 4.1.6 Obtenção da pasta de Baru (*Dipteryx alata*)

As castanhas foram submetidas ao processo de torrefação em forno convencional à temperatura de 150°C por 20 minutos, após este período, as castanhas permaneceram dentro do forno até que esfriassem. Posteriormente, foram descascadas manualmente e colocadas em multiprocessador marca Philco Walita 950W, permanecendo em alta velocidade até a consistência de pasta.

## 4.2 Caracterização das matérias-primas

### 4.2.1 Caracterização da torta do Inajá

As análises de teor de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos foram determinadas conforme *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2012). O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa a 105°C, até o peso constante. O teor de cinzas foi realizado pelo método gravimétrico de incineração em mufla a 550°C. Para a determinação do teor de lipídios totais utilizou-se o extrator Soxhlet e o solvente hexano, já o teor proteína total foi determinado pelo método de Kjeldahl, aplicando-se o fator de conversão para proteína bruta de 6,25 e o teor de carboidratos foi obtido por diferença dos demais nutrientes (AOAC, 2012). A fibra bruta foi analisada conforme metodologia oficial

do Instituto Adolfo Lutz (2008). O valor energético total (VET) foi estimado, considerando-se os fatores de conversão de Atwater e Woods (1896).

#### 4.2.2 Determinação do perfil de ácidos graxos do óleo de inajá

O perfil de ácidos graxos do óleo de inajá foi determinado por cromatografia em fase gasosa usando um cromatógrafo de marca Thermo Fisher CG (série 12550060) e uma coluna TR-FAME 120 m x 0,25 mm. Em relação às condições cromatográficas, a temperatura do injetor foi de 225°C, e do detector de 285°C. A temperatura da coluna foi inicialmente ajustada para 100 °C (isoterma), e mantida nessa temperatura por 4 minutos, posteriormente aumentada a 240°C em velocidade de 3°C/minuto (AOAC, 2005).

#### 4.2.3 Composição nutricional da torta da semente de melancia (TSM)

Conforme descrito no item 4.2.1

#### 4.2.4 Composição nutricional do baru

Conforme descrito no item 4.2.1

### 4.3 Elaboração do hidrolisado protéico da torta de semente de melancia

Os hidrolisados proteicos foram produzidos de acordo com metodologia proposta por Paiva et al. (2015) com algumas adaptações. Para o processo de hidrólise enzimática foi usada a enzima comercial bromelina<sup>®</sup>. A torta da semente de melancia foi pesada e adicionada em tubo Falcon, homogeneizada com água destilada na proporção 1:10 (*m/v*) (sólidos / mL de água). Para a otimização do processo de hidrólise foi adotado um Delineamento da Composição Central Rotacional (DCCR), conforme descrição na Tabela 1.



**Tabela 1-** Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para três variáveis independentes na hidrólise da torta da semente de melancia com a enzima Bromelina®

Ensaio	Tempo ( min)		Temperatura °C			E/S (%)	
	Cod	Real	Cod	Real	Cod	Real	
1	-1	40	-1	35	-1	0,5	
2	+1	120	-1	35	-1	0,5	
3	-1	40	+1	60	-1	0,5	
4	+1	120	+1	60	-1	0,5	
5	-1	40	-1	35	+1	1,0	
6	+1	120	-1	35	+1	1,0	
7	-1	40	+1	60	+1	1,0	
8	+1	120	+1	60	+1	1,0	
9	0	80	0	47,5	0	0,75	
10	0	80	0	47,5	0	0,75	
11	0	80	0	47,5	0	0,75	

[E]:[S] % = Relação enzima: substrato (g de proteína/g de proteína).

Ao início da hidrólise procedeu-se o ajuste da temperatura, a enzima foi adicionada e o tempo da reação controlado de acordo com DCCR. Ao término da reação, a enzima foi inativada em temperatura de 90°C por 15 minutos. Após tempo de resfriamento, separou-se a fração solúvel da fração insolúvel por centrifugação a 4.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi coletado e adicionado em microtubo tipo EPPENDORF e centrifugado a 15.000 rpm por 10 min.

#### 4.4 Variáveis respostas para a obtenção dos hidrolisados proteicos da torta da semente da melancia

##### 4.4.1 Determinação do Grau de hidrólise (%GH)

Para a determinação do grau de hidrólise adotou-se a metodologia proposta por Church *et al.* (1983) com algumas adaptações. A reação de derivação foi realizada de acordo com o método proposto por Spellman *et al.* (2003) com algumas modificações. A leitura da absorbância foi realizada a 340 nm.

#### 4.4.2 Determinação da atividade antioxidante

Inicialmente foi empregada a metodologia baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH 60  $\mu\text{M}$ ), proposta por Rufino *et al.* (2009), com algumas adaptações. O espectrofotômetro foi regulado 515 nm e o percentual de sequestro do radical DPPH foi calculado a partir do controle

Os dados de atividade antioxidante obtidos, foram expressos em porcentagem de sequestro de radicais livres (SRL%), através da Equação 1:

$$SRL (\%) = \frac{[(Abscontrole - Absamostra) \times 100]}{Abscontrole}$$

A determinação da atividade antioxidante quanto ao poder de redução do Ferro (FRAP), foi medida de acordo com Rufino *et al.* (2006) com algumas adaptações. Os resultados expressos em  $\mu\text{M}$  de sulfato ferroso/g de amostra.

A capacidade de redução do radical ABTS+ foi realizada segundo a metodologia proposta por Rufino *et al.* (2007) com modificações. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g de amostra.

Após a análise da influência da concentração enzimática, tempo e temperatura procedeu-se com a seleção da melhor condição de hidrólise baseada no grau de hidrólise e na atividade antioxidante. O ensaio selecionado foi submetido ao processo hidrolítico obedecendo as condições previstas no DCCR e posteriormente as frações (solúvel, insolúvel e mista) foram submetidas à secagem em estufa de circulação de ar por 18 horas a 60°C para realização das análises do rendimento, composição nutricional e tecnológicas com o intuito de definir a fração a ser inserida no suplemento alimentar.

### **4.5 Análise do rendimento, composição nutricional e tecnológica das frações dos hidrolisados proteicos da torta da semente da melancia**

#### 4.5.1 Análise do rendimento

Para o cálculo do rendimento das frações dos hidrolisados proteicos da torta da semente da melancia, utilizou a Equação 2:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Peso final (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100$$

#### 4.5.2 Composição nutricional das frações do hidrolisado da torta da semente de melancia

As análises do teor de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos foram determinadas conforme descrito no item 3.2.2.

#### 4.5.3 Propriedades tecnológicas das frações do hidrolisado protéico da torta da semente de melancia

A determinação do índice de absorção em água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção em óleo (IAO) foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Okezie e Bello (1988). A atividade emulsificante e a estabilidade da emulsão foram determinadas utilizando a metodologia descrita por Yasumatsu *et al.* (1972).

### 4.6 Elaboração de formulações à base de óleo de inajá e hidrolisado protéico da torta da semente da melancia

Para a elaboração das formulações utilizou-se a fração mista do hidrolisado protéico da torta da semente da melancia, após a caracterização nutricional e tecnológica.

A tabela 02 expressa as formulações e proporções utilizadas.

**Tabela 2-** Proporções da formulação do suplemento alimentar pronto para uso a base de óleo de inajá, pasta de baru e hidrolisado protéico de semente de melancia.

Ingredientes	Formulações (g)			
	F1	F2	F3	F4
	%	%	%	%
Hidrolisado de semente de melancia	20	25	30	35
Pasta de baru	40	35	30	25
Óleo (60%) e torta de Inajá (40%)	20	20	20	20
Leite em pó integral	15	15	15	15
Chocolate em pó	5	5	5	5
Total	100	100	100	100

F1= formulação com 20% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia; F2= Formulação com 25% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F3= Formulação com 30% de hidrolisado protéico da

torta da semente de melancia F4= Formulação com 35% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia Fonte: Autor, 2023

Para a elaboração das formulações todos os ingredientes foram levados ao multiprocessador de alimentos, onde foram misturados. As formulações não foram submetidas a nenhum tipo de tratamento térmico.

#### **4.7 Composição nutricional das formulações à base de hidrolisado protéico de semente de melancia e óleo de inajá**

As análises de teor de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos foram determinadas conforme descrito no item 4.2.1.

##### 4.7.1 Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos foi determinado conforme metodologia descrita no item 4.2.2.

##### 4.7.2 Perfil de minerais

Os extratos foram obtidos determinados segundo Malavolta *et al.* (1989) e Harris (2001). O fósforo foi determinado por colorimetria após digestão ácida(incineração); o enxofre por turbidimetria após digestão ácida (incineração); o potássio e o sódio por fotometria de chama; cálcio, magnésio, manganês, zinco, cobre e ferro, por espectrofotometria de absorção atômica.

##### 4.7.3 Determinação dos teores das vitaminas A, C e E

As formulações foram analisadas quanto aos teores da vitamina A ( Retinol), vitamina C ( Ácido ascórbico) e vitamina E ( tocoferol). Para a determinação da vitamina A foi utilizada a metodologia 2001.13 descrita pela AOAC (2005). A determinação do ácido ascórbico, baseou-se no método de iodimetria, conforme descrito no método 43.064 da AOAC (1992). Já para a determinação da vitamina E, tocoferol, seguiu-se o protocolo de Debier *et al.* (1996) adaptado de Cost (1991). A metodologia foi baseada na extração e separação em cromatografia líquida do extrato lipossolúvel não saponificável das amostras.

#### 4.7.4 Determinação de compostos fenólicos Totais

A determinação do teor de fenólicos totais foi feita pelo método proposto por Waterhouse (2002), empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu. Em resumo, 0,5 mL de extrato de cada amostra foram adicionados aos tubos contendo 2,5 mL de solução de Folin-Ciocalteu 10%. Em seguida foram adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio 4%. Os tubos foram agitados e deixados em repouso por 2 horas, ao abrigo da luz. A cor azul produzida pela redução do reagente Folin-Ciocalteu pelos fenólicos foi medida espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 750 nm. O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g da amostra (mg EAG.100g<sup>-1</sup>).

#### 4.8 Análise microbiológica das formulações

As amostras foram submetidas às análises microbiológicas previstas pela legislação para a classe de suplementos líquidos e em géis, não comercialmente estéreis, conforme RDC 724/ 2022 e IN 161 (Brasil, 2022). Para determinação de coliformes totais utilizou-se a contagem pelo método do número mais provável (NMP). Para determinação de *Salmonella* sp procedeu-se com o enriquecimento em caldo seletivo; e os bolores e leveduras foram determinados pelo método 21527 partes 1 e 2 (ISO, 2008). Os padrões de referência para qualidade microbiológica foram determinados de acordo com RDC 724/ 2022 e IN 161 (Brasil, 2022).

#### 4.9 Análise sensorial

A análise sensorial foi conduzida no Laboratório de Análise Sensorial do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina-Minas Gerais. A participação foi condicionada à disponibilidade dos participantes e à assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice 1), em cumprimento aos requisitos da resolução 196/96-CNS/MS (Brasil, 1996). Os voluntários leram o termo e foram informados de que poderiam se recusar a responder qualquer questão que lhes trouxesse constrangimento, podendo desistir de participar da

pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo. Todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e receberam uma cópia do documento.

Os testes sensoriais das 4 formulações foram realizados em 2 momentos, sendo o primeiro grupo de foco realizado no dia 08 de Novembro/2023 para levantamento dos descritores. No segundo momento, no dia 28 Novembro/2023 houve a aplicação da ficha de avaliação juntamente com os descritores levantados do Check all that Apply (CATA) e no mesmo momento foram aplicados aceitação por escala hedônica e intenção de compra. A aplicação dos testes sensoriais ocorreu em condições adequadas para tal procedimento, em cabines isoladas, com iluminação adequada e ausência de interferentes tais como odores e ruídos.

As amostras foram servidas em colheres plásticas descartáveis contendo 4 gramas, codificadas com três dígitos aleatórios, apresentadas de forma monádica e não sequencial.

#### 4.9.1 Primeira sessão de Análise Sensorial

Para a análise descritiva, foi necessária uma etapa preliminar. Antes de dar início à coleta de dados, foi aplicado o Grupo de Foco para a seleção dos atributos sensoriais das formulações. Nessa reunião foi feito um levantamento de atributos pelo método Repertory Grid para elaboração da ficha de atributos adotada no teste check-all-that-apply (CATA).

Foram convidados 20 avaliadores não treinados, aos quais foi solicitada a degustação e descrição das quatro formulações, listando similaridades e diferenças entre elas. Foram realizadas perguntas norteadoras quanto aos atributos a serem avaliados. A partir da descrição dos avaliadores, foram feitas adaptações e ajustes em palavras específicas que caracterizassem formulações, evitando repetições e ambiguidades. Assim, foram definidos os termos sensoriais do teste descritivo.

No total, 23 atributos foram selecionados para fazer parte da ficha de atributos adotada no teste check-all-that-apply (CATA), sendo cinco relacionados à aparência, seis relacionados ao aroma, sete relacionados ao sabor e cinco relacionados à textura das formulações.

#### 4.9.2 Segunda sessão de Análise Sensorial

Para participação na segunda sessão, os provedores receberam a ficha de avaliação dos testes afetivos contendo a avaliação da aceitação e da intenção de compra e os descritores

do CATA, conforme apresentado no Apêndice 2. Além disso, os provadores receberam um copo com água, caneta e a ficha para a avaliação. Os provadores foram instruídos com relação ao uso da água entre a prova das amostras.

Foram avaliados no teste sensorial de aceitação a impressão global, aroma, aparência, cor, textura e sabor. Utilizou-se escala hedônica estruturada de nove pontos ancorada nos extremos pelos termos “desgostei muitíssimo” e “gostei muitíssimo” (Dustcosky, 2013).

O teste de intenção de compra das formulações foi realizado baseando-se em uma escala com cinco pontos que iam do certamente compraria (nota maior = 5), ao certamente não compraria (nota menor = 1), segundo Della Torre (2003).

A análise descritiva foi realizada a partir do método Check-all-that-apply – CATA (Dooley; Lee; Meullenet, 2010). Nesse teste, os indivíduos tiveram que selecionar, em um grupo de palavras ordenadas aleatoriamente, atributos sensoriais que se aplicavam às formulações, podendo selecionar todas as palavras que julgavam caracterizar a formulação analisada. Assim, o perfil descritivo das formulações foi determinado a partir dos dados das frequências dos termos assinalados pelos avaliadores.

#### 4.9.3 Índice de Aceitabilidade (I.A)

Para cada atributo foi calculado o índice de aceitabilidade conforme descrito por Teixeira; Meinert; Barbeta (1987). O índice de aceitabilidade foi aplicado para todos os atributos (Impressão global, aroma, aparência, textura e sabor) avaliados na formulação, de acordo com a equação 3:

$$I.A (\%) = (A \times 100)/B$$

Onde,

A = Nota média do atributo

B = Nota mais alta observada no atributo avaliado

#### 4.10 Delineamento estatístico

Os dados da caracterização nutricional da semente de melancia foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi realizada pelo teste de *Tukey* a 5% de significância no programa estatístico SISVAR versão 5.6.

Os dados resultantes do Delineamento Central de Composto Rotacional (DCCR), aplicados na obtenção do hidrolisado protéico da torta da semente de melancia foram submetidos à Análise de Variância e subsequente ao teste estatístico de F para determinar o nível de significância entre as amostras utilizando-se o software estatístico STATISTICA 8.0.

Os resultados obtidos pelo CATA, foram avaliados conforme proposto por Santos e Cunha (2013) e Torres et al.(2017), utilizando o Teste Q de Cochran, para verificar diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os descritores sensoriais, eventualmente avaliar as diferenças entre as amostras, em seguida, foi realizada a Análise de Correspondência por meio de gráfico com as distâncias qui-quadrado da frequência de cada amostra entre os descritores sensoriais.

A análise estatística dos dados de aceitação foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi realizada pelo teste de *Tukey*. Para análises estatísticas foi utilizado o programa SISVAR versão 5.6. Os dados da intenção de compra foram apresentados em histograma.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização da torta do inajá (*Maximiliana maripa*) e do Baru

O teor de umidade encontrado nas amostras analisadas foi de 4,15% para a torta do inajá e 5,43% para a castanha do baru. De acordo com Bittencourt (2014) o teor reduzido de umidade é um fator positivo, pois reduz a atividade de microrganismos deterioradores. Para cinzas, o valor encontrado na torta do inajá (3,97%) foi 1,52% maior que o encontrado na castanha do baru (2,45%). O conteúdo em cinzas se torna importante para os alimentos ricos em certos minerais, o que implica em seu valor nutricional (Zambiasi, 2010).

A torta do Inajá apresentou um teor médio de lipídeos de 28,35%, enquanto o valor encontrado para o baru foi de 38,72%. De acordo com a IN 75/2020 (Brasil, 2020) para fins de rotulagem nutricional o valor de referência para o consumo de lipídios para uma dieta de 2000 calorias é de 65 gramas por dia ( Brasil, 2020). Portanto, o consumo de 100 gramas da torta do inajá ou da castanha do baru fornecem respectivamente 43,61% e 59,56% da recomendação (VD). Estes valores indicam o alto valor lipídico e conseqüentemente energético das amostras analisadas.



Em relação ao teor de fibra bruta, o baru (9,81%) apresenta 3,74% a mais que a torta do Inajá (6,07%), entretanto, as duas amostras são consideradas com alto teor de fibras, pois fornecem valor superior a 20% do VDR de acordo com a IN 75/2020 (Brasil, 2020).

O teor proteico do baru (30,14%) é quase três vezes maior que o encontrado na torta do inajá (10,82%). De acordo com a IN 75/2020 (Brasil, 2020), o VDR de referência para proteínas é de 50g por dia. Neste sentido, baru e torta de inajá fornecem respectivamente 21,64% e 60,28% da recomendação diária, portanto, sendo consideradas como fontes de alto conteúdo de proteínas, pois atendem a mais de 20% do VDR.

A recomendação de consumo de carboidratos é de 300 gramas por dia, de acordo com a IN 75/2020 (Brasil, 2020). O teor de carboidrato encontrado para a torta de inajá (46,65%) foi mais de três vezes maior que o encontrado no baru (13,45%), com uma diferença de 40,37%. Logo, a torta do inajá e baru atendem respectivamente 15,53% e 4,48% da recomendação diária. O padrão inverso foi observado ao se comparar o teor protéico das amostras.

Em relação ao VET, os valores encontrados para a torta do inajá (484,94 Kcal) e baru (522,84 Kcal) correspondem a 24,24% e 26,14% da recomendação diária, demonstrando que o consumo das duas amostras fornece quantidades consideráveis de energia.

Na tabela 3 são apresentados os valores médios encontrados para a caracterização da torta do inajá e das castanhas do Baru.

**Tabela 3** - Composição da torta do inajá e do baru

<b>Parâmetros</b>	<b>Torta do inajá</b>	<b>Baru</b>
<b>Umidade (%)</b>	4,15 ± 0,09	5,43± 0,08
<b>Cinzas (%)</b>	3,97 ± 0,56	2,45± 0,31
<b>Lipídios (%)</b>	28,34 ± 0,37	38,72± 0,25
<b>Fibra bruta (%)</b>	6,07 ± 0,48	9,81± 0,36
<b>Proteínas (%)</b>	10,82 ± 0,29	30,14± 0,18
<b>Carboidratos (%)</b>	46,65 ± 0,43	13,45± 0,54
<b>VET (Kcal)</b>	484,94 ± 0,52	522,84± 0,46

## 5.2 Perfil dos ácidos graxos do óleo de Inajá

As proporções dos principais ácidos graxos do óleo de inajá analisadas e somadas em porcentagem do conteúdo total de ácidos graxos saturados ( $\Sigma$  AGS), insaturados ( $\Sigma$ AGI), monoinsaturados ( $\Sigma$  AGMI), poli-insaturados ( $\Sigma$  AGPI), ácido graxo ômega 6 ( $\Sigma$  Ômega 6), ômega 3 ( $\Sigma$  Ômega 3) e ácido graxo ômega 9 ( $\Sigma$  Ômega 9) estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 4.** Composição de ácidos graxos do óleo de inajá

<b>Ácidos graxos</b>	<b>Resultado</b> %
<b>Ácidos graxos saturados (AGS)</b>	
Ácido Butírico (C4:00)	<0,0003 (LQ)
Ácido Capróico (C6:0)	0,05
Ácido Caprílico (C8:0)	1,14
Ácido Cáprico (C10:0)	1,74
Ácido Undecanóico (C11:0)	0,01
Ácido Láurico (C12:0)	27,19
Ácido Tridecanóico (C13:0)	<0,0003 (LQ)
Ácido Mirístico (C14:0)	17,34
Ácido Pentadecanóico (C15:0)	0,01
Ácido Palmítico (C16:0)	12,81
Ácido Esteárico (C18:0)	4,85
Ácido Araquídico (C20:0)	0,11
Ácido Heneicosanóico (C21:0)	0
Ácido Behênico (C22:0)	0,02
Ácido Tricosanóico (C23:0)	0,01
Ácido Lignocérico (C24:0)	0,07
Ácido Margárico (C17:0)	0,03
$\Sigma$ AGS	65,38
<b>Ácidos graxos monoinsaturados (AGM)</b>	
Ácido Oleico (C18:1n9c)	29,86
Ácido Erúico (C22:1n9)	<0,0003 (LQ)
Ácido Cis-11-Eicosenóico (C20:1n9)	0,1

Ácido cis-10-Ácido Heptadecenóico (C17:1)	<0,0003 (LQ)
Ácido Miristoleico (C14:1)	<0,0003 (LQ)
Ácido Nervônico (C24:1n9)	<0,0003 (LQ)
Ácido Palmitoleico (C16:1n7)	0,04
<b>Σ AGMI</b>	<b>30</b>
<hr/>	
<b>Ácidos graxos poliinsaturados (AGPI)</b>	
Ácido Araquidônico AA (C20:4n6)	<0,0003 (LQ)
Ácido cis-8,11,14-Eicosatrienóico	<0,0003 (LQ)
Ácido cis-11,14- Eicosadienóico (C20:2)	<0,0003 (LQ)
Ácido cis-11,14,17-Eicosatrienóico	<0,0003 (LQ)
Ácido 5,8,11,14,17- EPA (C20:5n3)	<0,0003 (LQ)
Ácido Gama-Linolênico GLA (C18:3n6)w6	<0,0003 (LQ)
Ácido cis-13,16-Docosadienóico (C22:2) AGP	<0,0003 (LQ)
Ácido Linoleico LA (C18:2n6c) AGP	3,57
Ácido Docosaheptaenóico DHA(C22:6n3)	<0,0003 (LQ)
Ácido Alfa Linolênico LNA (C18:3n3)w3	0,01
<b>Σ Ômega 3</b>	<b>0,01</b>
<b>Σ Ômega 6</b>	<b>3,57</b>
<b>Σ AGPI</b>	<b>3,58</b>
<hr/>	
<b>Σ Ácidos graxos insaturadas(AGI)</b>	
<b>(AGMI + AGPI)</b>	<b>33,58</b>
<hr/>	
<b>Ácidos graxos trans</b>	
Ácido Elaídico (C18:1n9t)	<0,0003 (LQ)
Ácido Linolelaídico (C18:2n6t)	<0,0003 (LQ)
<b>Σ Ácidos graxos trans</b>	<b>&lt;0,0003 (LQ)</b>
<hr/>	

De acordo com a tabela 3 o óleo de inajá apresentou maiores percentuais de ácidos graxos saturados (65,38%) com destaque para os ácidos graxos, láurico (27,19%), mirístico (17,34%) e palmítico (12,81%).

Duarte (2008) ao estudar a composição de ácidos graxos do óleo da amêndoa de inajá, também observou predominância dos mesmos ácidos graxos saturados, ácido graxo palmítico (20,72%), mirístico (14,55%) e láurico (10,79%). Cabe ressaltar que a composição de ácidos

graxos é influenciada por fatores climáticos, meio ambiente, local de cultivo, variedade cultivada e condições de plantio (Regis; Resende; Antoniassi, 2015).

O ácido láurico é um ácido graxo de cadeia média, enquanto o palmítico e mirístico, assim como os demais ácidos saturados no óleo de inajá, são de cadeia longa. Ácidos graxos de cadeia média (TCM), mesmo sendo gorduras saturadas, são de fácil metabolização (Souza, 2019), e sofrem menos oxidação no ambiente e em nosso organismo (Barreto, 2020).

Segundo Barreto (2020) o ácido láurico auxilia no fortalecimento imunológico do recém-nascido através da liberação de IL-2, que está associada à indução da capacidade da medula óssea de fabricar mais linfócitos, o que torna benéfico para pacientes com imunidade comprometida. Já Lappano *et al.* (2017) afirmaram que o ácido láurico apresenta atividade antiproliferativa e pró-apoptótica contra células de câncer de mama e de câncer de endométrio, além de agir como anti-inflamatório pela inibição da síntese local de prostaglandina (Freitas, 2016). No entanto, apesar da atividade anti-inflamatória, por ser um ácido graxo saturado, sua alta concentração na dieta pode promover maior risco de desenvolver doença arterial coronariana (Valente *et al.*, 2018).

O ácido mirístico está presente em pequenas quantidades nos alimentos, sendo mais abundante no óleo de coco e na gordura do leite. Este ácido graxo apresenta maior efeito sobre o aumento dos níveis de colesterol no sangue, sendo incorporado aos triglicerídeos celulares (Rioux *et al.*, 2000; Lottenberg, 2009).

O ácido palmítico está presente em maior quantidade no óleo de palma e é, dentre os ácidos graxos saturados com propriedades aterogênicas, o mais abundante na alimentação humana (Mícha & Mozaffarian, 2010; Lottenberg, 2009). Entretanto, segundo Hardy *et al.* (2000) o ácido palmítico inibiu a proliferação celular em estudo realizado em células de carcinoma do cólon humano. Neste sentido, cabe ressaltar a necessidade de mais estudos para determinação de valores ideais de consumo para obtenção dos benefícios citados.

Ácidos graxos saturados e os monoinsaturados são sintetizados endogenamente a partir de acetil-CoA, enquanto, os ácidos graxos poli-insaturados são necessariamente obtidos da dieta, sendo assim considerados ácidos graxos essenciais, uma vez que não podem ser sintetizados pelos humanos (Dierge; Feron, 2019).

Com relação aos ácidos graxos monoinsaturados observou-se que o óleo de inajá apresentou um percentual médio de 30%. O ácido graxo monoinsaturado que ocupou maior porção foi o ácido oléico com 29,86%. A presença de ácido oleico na dieta humana diminui os níveis da fração de lipoproteínas de baixa densidade no sangue, a pressão sanguínea, além de melhorar as doenças inflamatórias (Lopez-huertas, 2010). O alto consumo de ácido oleico

está associado a menor prevalência de obesidade, síndrome metabólica diabetes tipo 2 e eventos cardiovasculares (De Lorgeril; Salen, 2006), especialmente se ele substituir alguma gordura saturada ou carboidrato na dieta (Stavro, 2022).

Elevadas quantidades de ácido oleico nos óleos fazem com que estes sejam desejáveis em termos de nutrição e culinária, pois representam maior estabilidade em óleos utilizados para aquecimento (Brinkmann, 2000), uma vez que tais compostos agem retardando o início da oxidação ou interrompendo sua propagação (Rampazzo, 2015).

Com relação aos ácidos graxos poliinsaturados observou-se que o óleo de inajá apresentou um percentual médio de 3,58%, sendo o ácido linoléico o componente principal, com 3,57%.

Os ácidos graxos da série  $\omega 3$  auxiliam na coagulação sanguínea, reduzindo assim, eventos cardiovasculares como arritmia, aterosclerose, inflamação sistêmica, infarto agudo do miocárdio e doenças cerebrovasculares (Adkins; Kelley, 2010; Haro *et al.*, 2016). Segundo Neto *et al.* (2003) é necessário a ingestão diária de 10g/dia de  $\omega 3$  para que haja ação anticoagulante e antitrombogênica.

Ácidos graxos das séries  $\omega 3$  e  $\omega 6$  são precursores da síntese de prostaglandinas e leucotrienos, envolvidos em processos de coagulação e inflamação. Os  $\omega 6$  participam da via inflamatória e os  $\omega 3$  ativam a via anti-inflamatória. O balanço entre a produção das prostaglandinas é essencial à prevenção de complicações trombóticas (Lottenberg, 2009).

Rodrigues *et al.* (2019) em seu trabalho trouxeram valores superiores de  $\omega 3$  (4,89%) e  $\omega 6$  (9,74%) para o óleo da castanha do inajá. Cabe destacar que a composição em ácidos graxos é afetada pela temperatura média durante o cultivo, isto é, quanto mais baixa a temperatura durante a época de maturação, maior será o teor de ácidos graxos poliinsaturados no óleo (Balla *et al.*, 1997).

Outro fator importante é a temperatura de extração do óleo. De acordo com Santos *et al.* (2020) ao comparar o método de prensagem com o tradicional, por solventes, observou-se que quase todos os ensaios de extração a frio obtiveram quantidades superiores de óleo, mostrando ser um método verde e eficaz. Entretanto, a melhor condição para extração de óleo, apresentou maior quantidade de ácidos graxos saturados, mas com menor capacidade oxidativa.

De acordo com Silva *et al.* (2023), a torta do inajá é um subproduto rico em compostos bioativos sendo influenciada pelo método de extração e binômios tempo x pressão empregados.

Ademais, a temperatura de secagem das sementes é um dos fatores mais importantes quando se trata de qualidade de óleos, podendo afetar suas propriedades físico-químicas, levar à rancificação de gorduras e alterar pigmentos quando submetidos a altas temperaturas (Mendonça *et al.*, 2020). Dessa forma, a seleção das condições de operação (tipo de secagem e tempo) que minimizam essas alterações é importante para obtenção de produtos de qualidade (Aquino *et al.*, 2009).

### 5.3 Composição nutricional das tortas das sementes de melancia

Os valores obtidos para a determinação da composição nutricional da torta das sementes de melancias estão apresentados na tabela 4.

Os resultados mostram que diferentes cultivares apresentam diferentes composições. Segundo Oliveira (2015) a composição química das sementes é basicamente determinada por fatores genéticos e varia entre diferentes espécies e partes da semente. Durante o armazenamento também podem ocorrer mudanças microbiológicas, químicas e físicas que, dependendo da interação entre estes fatores e o ambiente, podem ocasionar perdas de qualidade das sementes (Resende *et al.*, 2006). Entre os fatores ambientais de maior influência na composição química das sementes estão a disponibilidade de água, temperatura, fertilidade do solo, e práticas culturais (Oliveira, 2015).

**Tabela 5** - Caracterização das tortas de diferentes cultivares de sementes de melancia.

Componentes (%)	Cultivares de melancia		
	Black (Chinesa)	Crimson Sweet	Híbrida Combat
Umidade	4,68 ± 0,4 <sup>c</sup>	5,93 ± 0,0 <sup>b</sup>	10,56 ± 0,29 <sup>a</sup>
Cinzas	3,75 ± 0,11 <sup>b</sup>	5,13 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,22 ± 0,05 <sup>c</sup>
Lipídeos	37,31 ± 0,14 <sup>a</sup>	27,01 ± 0,26 <sup>c</sup>	33,75 ± 0,24 <sup>b</sup>
Proteínas	20,08 ± 0,54 <sup>c</sup>	34,22 ± 0,49 <sup>a</sup>	21,77 ± 0,09 <sup>b</sup>
Fibra bruta	14,28 ± 0,04 <sup>a</sup>	12,4 ± 0,08 <sup>c</sup>	12,69 ± 0,02 <sup>b</sup>
Carboidratos	19,98 ± 0,74 <sup>b</sup>	15,31 ± 0,64 <sup>a</sup>	19,01 ± 0,28 <sup>b</sup>
VET (Kcal)	496,03 ± 2,03 <sup>a</sup>	441,21 ± 1,58 <sup>b</sup>	466,87 ± 1,93 <sup>c</sup>

Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ). Resultados expressos em média e  $\pm$  desvio padrão. Fonte: Autor (2023).

Para umidade, a espécie Híbrida Combat (10,56) apresentou valor médio significativamente superior ao encontrado nas cultivares black (4,68%) e Crimson Sweet (5,93%). É importante destacar que o teor reduzido de umidade é um fator positivo, visto que a umidade é um parâmetro que aumenta a resistência à transferência de massa do óleo presente nas partículas, reduzindo o rendimento da extração (Bittencourt & Pereira, 2014).

Segundo a RDC 726/2022 produtos de vegetais secos ou desidratados que não sejam embalados a vácuo ou em atmosfera modificada devem possuir, no máximo, 12% de umidade (Brasil, 2022). Todas as cultivares analisadas se adequam aos parâmetros estabelecidos nesta RDC.

O teor de cinzas em alimentos refere-se ao resíduo inorgânico, ou resíduo mineral fixo (sódio, potássio, magnésio, cálcio, ferro, fósforo, cobre, cloreto, alumínio, zinco, manganês e outros compostos minerais) remanescente da queima da matéria orgânica em mufla a altas temperaturas (500-600°C) (Zambiasi, 2010). Maiores teores de cinzas, indicam maiores teores de minerais, característica desejável nos alimentos. As análises de cinzas demonstraram diferença estatística significativa entre os três cultivares. Sementes de melancia são ricas em vitaminas do complexo B e minerais (Tabiri, 2016; Zambiasi, 2007), sendo os mais abundantes o magnésio e o potássio, com valores que entre 86,67-109,63 mg/100 g e 55,15-82,63 mg/100 g, respectivamente (Braide *et al.*, 2012).

Para os teores de lipídeos também foi observada diferença estatística significativa entre todas as cultivares, sendo que a cultivar Crimson Sweet apresentou o menor valor médio (27,01%) e a cultivar Combat híbrida o maior valor médio (33,75%). O teor lipídico pode apresentar grandes variações, sendo influenciado por diversos fatores, incluindo-se a origem, espécie vegetal e condições edafoclimáticas (Vinhas, 2018). Outro fator importante é a temperatura, pois de acordo com Unger (1986) baixas temperaturas durante a formação das sementes favorecem a produção de ácido linoléico e altas temperaturas aumentam a quantidade de ácido oleico no óleo.

É válido destacar que a prensagem a frio não degrada os compostos bioativos, no entanto, o rendimento é geralmente baixo (30-40%) (Zanqui *et al.*, 2019), o que justifica o alto teor de lipídios presente na torta após a prensagem.

Segundo Meira (2020) alterações climáticas, assim como, os níveis de CO<sub>2</sub>, umidade, intensificação ou escassez de chuvas impactam na qualidade nutricional, em especial, proteínas e ácidos orgânicos.

Para cada 100 gramas o teor protéico para os cultivares Black Chinesa, Crimson e Híbrida foi de 20,08 g, 34,22g e 21,77g respectivamente. De acordo com a RDC 429/2020

(Brasil, 2020) e a IN 75/2020 (Brasil, 2020) os cultivares Black chinesa, Crimson e Híbrida podem ser classificados como contendo teor aumentado de proteínas, pois apresentam valor superior a 25% do valor diário recomendado (VDR).

A semente de melancia é rica em aminoácidos essenciais como arginina, glutamina e ácido aspártico (Olamide, 2011). Os dois primeiros mostraram-se benéficas na melhoria da resposta imune, principalmente no que diz respeito à proliferação de células de defesa (Salles *et al.*, 2015), já o ácido aspártico é um  $\alpha$ -aminoácido que participa na biossíntese de proteínas e é classificado como não essencial por ser sintetizado no corpo humano (Voet, 2016). O componente principal da melancia (*Citrullus lanatus*) é a citrulina, presente na casca, polpa e sementes desta fruta (Vinhas, 2018). Segundo Deshmukh (2015) há efeitos benéficos deste aminoácido sobre a remodelação vascular aórtica, visto que relaxa e dilata os vasos sanguíneos, podendo atuar desta forma positivamente para a redução da aterosclerose, hipertensão e assim prevenir doenças cardiovasculares.

Com relação aos teores de fibra bruta também observou-se diferença significativa entre todas as cultivares com valores médios que variaram de 12,4% (Crimson Sweet) a 14,28% (black chinesa).

Para adquirir os benefícios conhecidos das fibras dietéticas, nos últimos anos sua ingestão diária recomendada aumentou para 25–35 g para adultos saudáveis em uma dieta de 2.000 kcal (Stephen *et al.* 2017; INCA, 2023). Já de acordo com a instrução normativa, IN nº 75, de 08 de outubro de 2020 a torta da semente da melancia pode ser considerada fonte de fibras, visto que apresenta valor superior a 3g/100g, conforme especifica a legislação (ANVISA, 2020).

Uma dieta rica em fibras traz benefícios à manutenção da saúde, redução de risco e tratamento de doenças crônicas como a obesidade, doenças cardiovasculares, diverticulite e diabetes (Mira, 2009; Gutierrez-verde (2021) .

Segundo Hervik (2019) outro benefício associado ao consumo adequado de fibra é sua capacidade de promover a diminuição da gordura corporal, mecanismo atribuído à seus efeitos antinutricionais. Adicionalmente, a ingestão deste composto alimentício implica na redução do conteúdo energético dos alimentos, influenciando em sua digestão e absorção, principalmente sobre os lipídeos (Alanis-Garcia, 2021).

Para a variável valor energético houve diferença estatística significativa entre todas as cultivares, sendo que a cultivar Crimson Sweet apresentou os menores valores médios (441,21 Kcal) e a cultivar Black, chinesa o maior valor calórico (496,03 Kcal). Esta diferença pode ser atribuída às condições do solo e presença de minerais, visto que, o



potássio atua aumentando o teor de óleo nas sementes, beneficiando sua germinação, vigor e qualidade, o que pode estar influenciando no valor energético total (Mascarenhas *et al*, 1988).

Para a elaboração do hidrolisado, optou-se por utilizar a torta da semente da melancia do cultivar Crimson Sweet, pois apresentou maior teor de proteína.

#### 5.4 Otimização das condições de hidrólise enzimática para produção do hidrolisado protéico da torta da semente de melancia (HPTSM)

A tabela 5 apresenta os valores obtidos para as variáveis grau de hidrólise (GH%) e atividade antioxidante determinados pelos protocolos de DPPH, ABTS e FRAP .

Os valores médios obtidos para a variável grau de hidrólise (%GH) variaram entre 20,05% e 36,78%, observando uma variação significativa entre a maioria dos ensaios. Não foi observada diferença significativa entre os ensaios 2, 4, 5, 9 e 11, assim como entre os ensaios 7 e 8.

**Tabela 6-** Valores do grau de hidrólise (GH%) e atividade antioxidante (ABTS, FRAP, DPPH) obtidos para os hidrolisados proteicos da torta da semente da melancia

Ensaio	Tempo (min)	T (°C)	E/S	GH (%)	DPPH (%SRL)	ABTS (µM de trolox/g de amostra)	FRAP (µM de sulfato ferroso/g de amostra)
1	40	35	0,5	20,05±0,04 <sup>h</sup>	30,91±0,0 <sup>j</sup>	13,79±0,08 <sup>h</sup>	14,53±0,10 <sup>j</sup>
2	40	60	0,5	29,24 ±0,02 <sup>f</sup>	44,22±0,1 <sup>e</sup>	16,15±0,09 <sup>f</sup>	20,67± 0,05 <sup>h</sup>
3	40	35	1	27,45±0,04 <sup>g</sup>	35,92±0,11 <sup>i</sup>	18,12±0,02 <sup>e</sup>	17,52± 0,02 <sup>i</sup>
4	40	60	1	29,92 ±0,06 <sup>ef</sup>	50,94±0,07 <sup>d</sup>	21,14±0,04 <sup>cd</sup>	30,31± 0,01 <sup>d</sup>
5	120	35	0,5	29,51±0,07 <sup>ef</sup>	43,04±0,03 <sup>f</sup>	20,02± 0,04 <sup>d</sup>	31,05± 0,02 <sup>d</sup>
6	120	60	0,5	33,35±0,04 <sup>c</sup>	60,38±0,04 <sup>b</sup>	23,17±0,03 <sup>b</sup>	35,00±0,06 <sup>b</sup>
7	120	35	1	35,82±0,09 <sup>b</sup>	54,48±0,05 <sup>c</sup>	22,31±0,05 <sup>bc</sup>	32,18± 0,02 <sup>c</sup>
8	120	60	1	36,78±0,02 <sup>a</sup>	66,39±0,06 <sup>a</sup>	26,21±0,07 <sup>a</sup>	36,71± 0,04 <sup>a</sup>
9	80	47,5	0,75	30,54±0,03 <sup>e</sup>	42,80±0,02 <sup>g</sup>	15,76±0,02 <sup>g</sup>	29,29±0,02 <sup>e</sup>
10	80	47,5	0,75	31,09±0,02 <sup>d</sup>	36,56±0,01 <sup>i</sup>	16,47±0,03 <sup>f</sup>	21,64 ±0,02 <sup>g</sup>
11	80	47,5	0,75	29,84±0,05 <sup>ef</sup>	39,88±0,02 <sup>h</sup>	15,62±0,01 <sup>g</sup>	25,44±0,08 <sup>f</sup>

T= Temperatura; E/S Concentração Enzimática. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ). Resultados expressos em média e  $\pm$  desvio padrão. Fonte: Autor (2023).

O grau de hidrólise tem por finalidade, avaliar o percentual de ligações peptídicas clivadas em relação a uma proteína reduzindo o peso molecular médio dos peptídeos (Görgüç, Gençdağ e Yılmaz, 2020; Dos Santos *et al.*, 2017). De acordo com Nielse, Peterson e Dambmann (2001), a maior proporção do grau de hidrólise está relacionada à maior formação de peptídeos de menor massa molecular, sendo que estas variações estão relacionadas com as condições de hidrólise, que influenciam a atividade proteolítica da enzima.

Benitez *et al.* (2008) classificam o %GH dos hidrolisados em duas classes, sendo considerados de baixo grau de hidrólise aqueles que apresentam %GH entre 1% e 10%, indicados para potencialização de propriedades funcionais; e hidrolisados extensivos, quando apresentam %GH superior à 10%, aplicados na elaboração de alimentos especiais.

Adicionalmente, estudos apontam que hidrolisados proteicos com %GH abaixo de 20%, apresentam melhor atividade antioxidante e melhores características técnico-funcionais (Bazsefidpar *et al.*, 2023; Bozkurt *et al.*, 2021; Galves *et al.*, 2021; Zheng, Li e Liu, 2020). No entanto, aqueles com um %GH considerado alto, acima de 20%, são usados principalmente como suplementos nutricionais em dietas médicas para fins especiais (Queiroz *et al.*, 2017). Cabe destacar que todos os hidrolisados analisados no presente estudo apresentaram grau de hidrólise acima de 20%, demonstrando seu potencial para aplicação em alimentos com finalidades especiais.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para compreender o efeito dos principais fatores e suas interações nas variáveis dependentes (Tabela 6).

A variável %GH foi significativamente influenciada pelos fatores isolados tempo, temperatura e concentração enzimática e pela interação entre os fatores tempo e temperatura, também foi encontrado um valor de  $R^2$  de 0,99. De acordo com Halim e Sarbon (2017), para que haja um bom ajuste do modelo, o  $R^2$  deverá apresentar um valor maior que 0,80, o que implica dizer que modelo adotado explica 99% da variância da variável dependente a partir das variáveis independentes incluídas no modelo, visto que, quanto mais próximo de 1, mais o modelo consegue ajustar o conjunto de dados ao modelo estatístico proposto e prever de maneira correta os dados analisados.

**Tabela 6.** Análise de variância (ANOVA) para as variáveis de grau de hidrólise (GH%) e atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP) dos hidrolisados proteicos da torta de semente de melancia (HPTSM).

Fator	GH%					DPPH (%SRL)				
	SS	Df	MS	F	P	SS	df	MS	F	p
(1) Tempo	<b>33,85</b>	<b>1</b>	<b>33,85</b>	<b>90,70</b>	<b>0,01</b>	<b>414,41</b>	<b>1</b>	<b>414,41</b>	<b>42,46</b>	<b>0,02</b>
(2) Temp. C°	<b>39,69</b>	<b>1</b>	<b>39,69</b>	<b>106,33</b>	<b>0,00</b>	106,48	1	106,448	10,91	0,08
(3) E/S	<b>103,67</b>	<b>1</b>	<b>103,67</b>	<b>277,71</b>	<b>0,00</b>	<b>485,15</b>	<b>1</b>	<b>485,14</b>	<b>49,71</b>	<b>0,02</b>
1by2	<b>11,5</b>	<b>1</b>	<b>11,5</b>	<b>30,81</b>	<b>0,03</b>	1,72	1	1,72	0,17	0,71
1by3	5,88	1	5,88	15,75	0,06	0,104	1	0,10	0,01	0,92
2by3	0,34	1	0,34	0,91	0,44	4,089	1	4,08	0,41	0,58
1by2by3	1,83	1	1,83	4,92	0,15	6,37	1	6,36	0,65	0,5
Falta de ajuste	0,12	1	0,12	0,32	0,62	159,13	1	159,13	16,30	0,06
Erro Puro	0,74	2	0,37			19,517	2	9,75		
Total SS	197,66					1196,97	10			
R <sup>2</sup>	0,99					0,85				
Fator	ABTS (µM de trolox/g amostra)					FRAP (µM de sulfato ferroso/g amostra)				
	SS	Df	MS	F	P	SS	df	MS	F	p
(1) Tempo	<b>19,31</b>	<b>1</b>	<b>19,31</b>	<b>27,30</b>	<b>0,03</b>	93,92	1	93,92	6,41	0,12
(2) Temp. C°	<b>26,82</b>	<b>1</b>	<b>26,82</b>	<b>37,92</b>	<b>0,02</b>	29,92		29,92	2,04	0,28
(3) E/S	<b>63,33</b>	<b>1</b>	<b>63,33</b>	<b>89,53</b>	<b>0,01</b>	<b>336,85</b>	<b>1</b>	<b>336,85</b>	<b>23,02</b>	<b>0,04</b>
1*2	0,24	1	0,24	0,35	0,61	6,53	1	6,53	0,44	0,57
1*3	0,34	1	0,34	0,49	0,56	13,65	1	13,65	0,93	0,43
2*3	1,99	1	1,99	2,81	0,23	11,98	1	11,98	0,81	0,46
1*2*3	0,00	1	0,00	0,00	0,97	4,6	1	4,6	0,31	0,63
Falta de ajuste	1,03	1	1,03	1,45	0,35	6,98	1	6,98	0,47	0,56
Erro Puro	1,41	2	0,70			29,26	2	14,63		
Total SS	114,51	10				533,73	10			

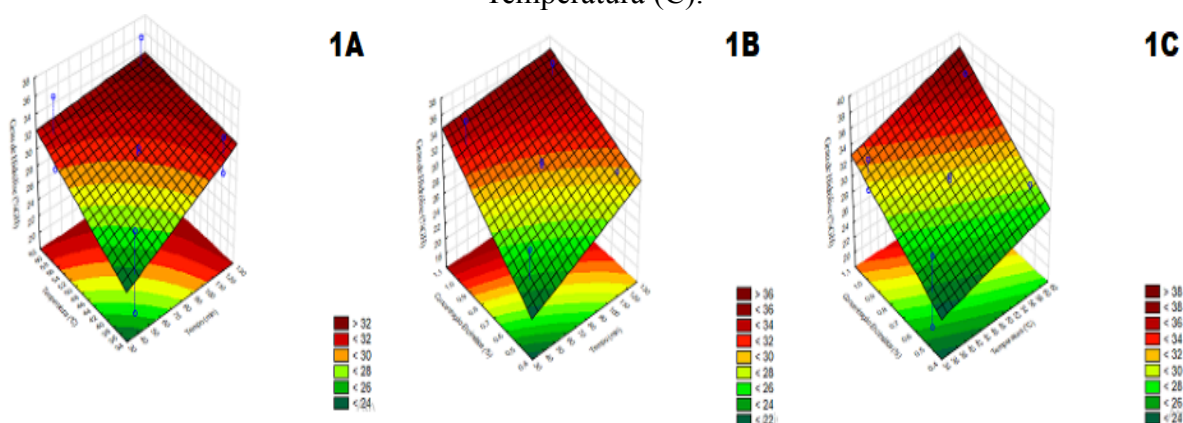
R<sup>2</sup> 0,97

0,93

Para melhor visualização dos efeitos das variáveis foram obtidos os gráficos de superfície de resposta que estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

Pela figura 1A é possível afirmar que maior tempo combinado a maior temperatura de hidrólise culminou em maiores valores do percentual do grau de hidrólise. Além disso, pelas figuras 1B e 1C também foi possível observar que o aumento na concentração enzimática promove um aumento no %GH.

**Figura 1** - Superfícies de resposta para as variáveis grau de hidrólise (%GH). Tempo x Temperatura (A), Tempo x Concentração enzimática (B), Concentração enzimática x Temperatura (C).



Fonte: Autora, (2024)

Indo de encontro com os achados do presente estudo, Elias, Arcuri e Tambourgi (2011) afirmaram que a atividade enzimática aumenta com a temperatura, e Nikhita & Sachindra (2021) também observaram influência significativa dos fatores temperatura e concentração enzimática no %GH.

Outra consideração importante é que a enzima bromelina apresentou seu melhor desempenho quando submetida à temperatura de 60°C. De acordo com Yodoya *et al.* (2003) a cinética da proteólise catalisada pela bromelina segue o mecanismo de Michaelis-Menten e envolvem três estágios, o que indica que a bromelina é protegida da inativação pelo calor na forma de um complexo intermediário, sendo assim, este fenômeno explica o aumento do grau de hidrólise em temperaturas mais próximas às temperaturas de desnaturação.

Segundo Santos *et al.* (2021), para a obtenção de um bom desempenho de hidrólise proteolítica, fatores tais como: temperatura, concentração de enzima, bem como concentração

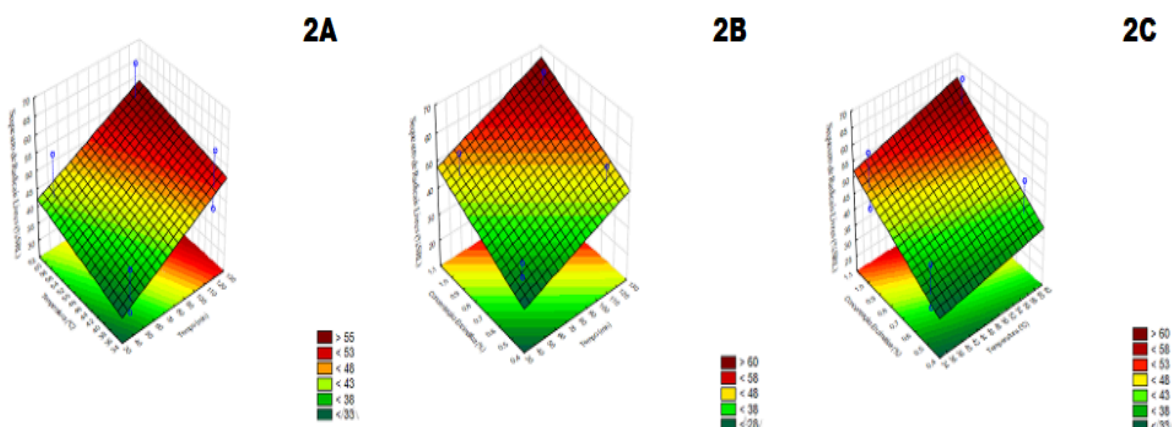
de substrato devem ser levados em consideração, uma vez que eles influenciaram diretamente na velocidade de reação, clivagem peptídica e eficiência da hidrólise enzimática do substrato. De acordo com Galves *et al.* (2021), nos primeiros 10 minutos de reação, ocorre uma rápida clivagem de ligações polipeptídicas (5,5% GH) e após esse tempo ocorre uma estabilização, obtendo-se o maior valor de GH (10,8%) após um tempo de 100 minutos.

De acordo com a tabela 5 observou-se que os valores médios do percentual de sequestro do radical DPPH, variaram entre 30,91% SRL (ensaio 1) e 66,39% SRL (ensaio 8). Não foi observada diferença estatística significativa entre os ensaios 3 e 10, sendo que todos os demais se diferiram.

A tabela 6 da ANOVA também mostrou que a eliminação do radical DPPH pelos hidrolisados foi influenciada apenas pelos fatores independentes tempo e concentração enzimática, com valor de  $R^2$  de 85%.

Pela análise dos gráficos de superfície de resposta pode-se verificar que os maiores valores da concentração enzimática (E/S) culminaram em maiores valores do %SRL (Figuras 2B e 2C) assim como o maior tempo de hidrólise promoveu maior atividade antioxidante (Figura 2A).

**Figura 2** - Superfícies de resposta para a variável sequestro de radicais livres (%SRL) em função do Tempo x Temperatura (A), Tempo x Concentração enzimática (B), Concentração enzimática x Temperatura (C).



Fonte: Autora, (2024)

Cabe destacar que de acordo com Siow *et al.* (2023) o sequestro de radicais DPPH dos hidrolisados sofre influência de diversos fatores, mencionando que a temperatura só pode

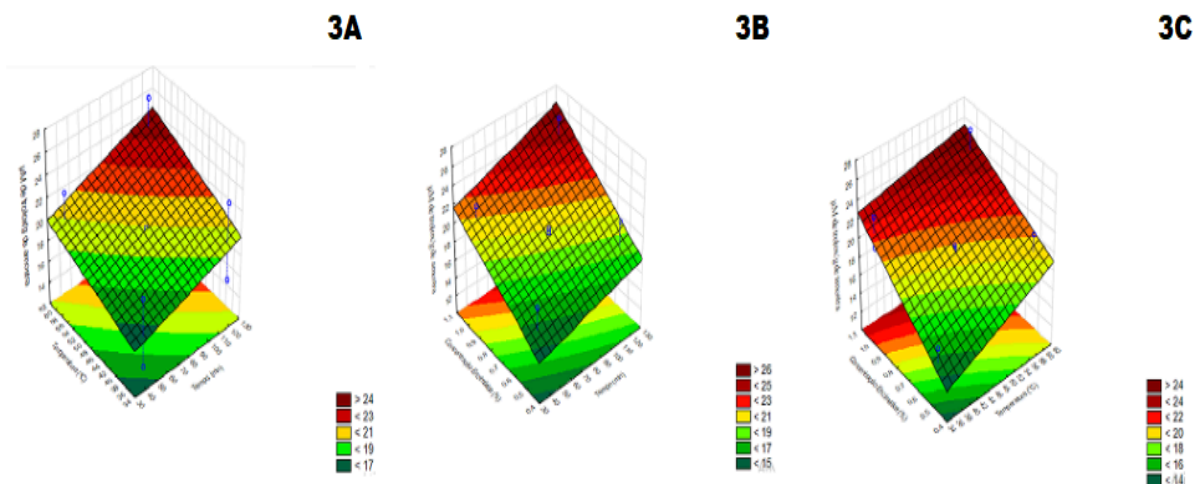
contribuir para o maior sequestro de radicais livres dos hidrolisados se as variáveis do processo, como a relação E/S e o tempo de reação forem adequados, já que a acessibilidade proteica ao ataque enzimático é aumentada devido à exposição de sítios ativos da proteína após expostos a altas temperaturas (em torno de 50 °C) ocorrendo o desdobramento de moléculas de proteínas, que pode contribuir para atividade antioxidante.

Para a atividade antioxidante mensurada pelo protocolo ABTS observou-se que o maior valor médio foi obtido pelo ensaio 8 (26,21  $\mu\text{M}$  de trolox/g de amostra) que se diferiu estatisticamente de todas as amostras e o menor valor médio foi obtido quando o hidrolisado foi produzido com a concentração enzimática de 0,5%, na temperatura de 35°C durante 40 minutos (ensaio 01) com valor médio de 13,79  $\mu\text{M}$  de trolox/g de amostra.

O comportamento da capacidade antioxidante determinada pelo protocolo ABTS+ indica que as variáveis independentes com maior influência foram: concentração enzimática (E/S), temperatura e tempo, respectivamente com valor de  $R^2$  de 97% (Tabela 06). Os ensaios que apresentaram maior atividade antioxidante avaliado pelo protocolo ABTS+ foram o 8, 6 e 7 respectivamente.

A figura 3A apresenta a relação entre as variáveis tempo x temperatura mostrando que maior tempo de hidrólise culminou em maiores valores de  $\mu\text{M}$  de trolox/g de amostra. Já pela figura 3B pode-se observar a relação entre tempo x concentração enzimática, evidenciando que quanto maior o tempo de hidrólise maior será a capacidade antioxidante do hidrolisado proteico. A figura 3C mostra a relação entre temperatura e concentração enzimática, sendo possível constatar que a temperatura teve influência no aumento das concentrações de  $\mu\text{M}$  de trolox/g de amostra, e que concentrações enzimáticas maiores promovem um aumento da atividade antioxidante.

**Figura 3** – Superfícies de resposta para a avaliação da atividade antioxidante utilizando o protocolo ABTS em função do Tempo x Temperatura (A), Concentração enzimática (E/S) x Tempo (B), Concentração enzimática x Temperatura (C).



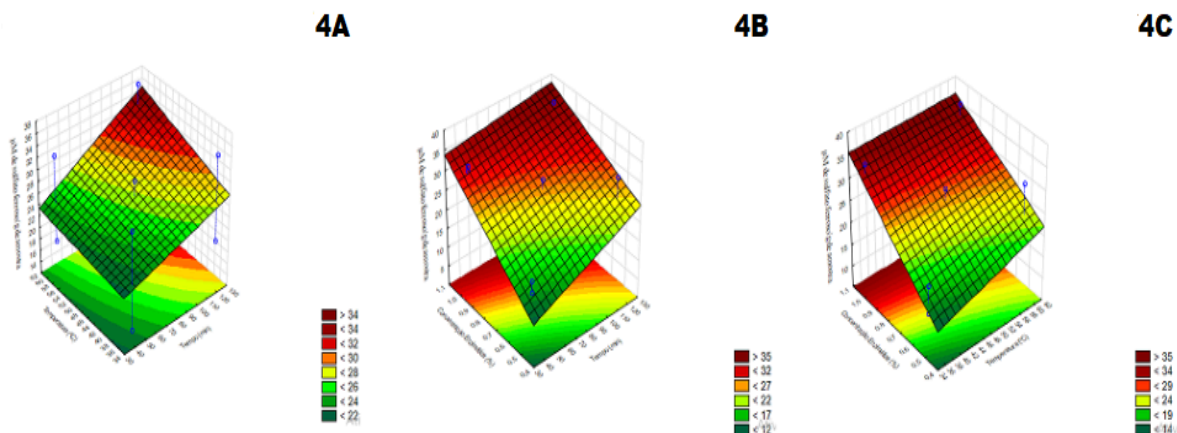
Fonte: Autora, (2024)

Ding *et al.* (2020) sugerem que existe um ponto ótimo para a proporção enzima-substrato (E/S) para melhorar a atividade antioxidante dos hidrolisados proteicos, afirmando que maiores concentrações de E/S influenciaram na maior capacidade de eliminação dos radicais livres, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo. Dessa forma, quando a proporção E/S é aumentada, maior é a disponibilidade enzimática para catalisar a reação de hidrólise, resultando em mais peptídeos e aminoácidos com potencial de atividade antioxidante. No entanto, quando a proporção E/S é aumentada além de um certo ponto ótimo, pode ocorrer o fenômeno conhecido como inibição enzimática (Ding *et al.*, 2020; Zhou, Liu e Feng, 2017).

Ao avaliar a atividade antioxidante pelo protocolo FRAP observou-se que não houve diferença estatística significativa entre os ensaios 4 e 5, já para os demais observou-se que todos se diferiram significativamente. O maior valor médio foi encontrado para o ensaio 8 (14,53 μM de sulfato ferroso/g de amostra) enquanto o menor valor foi obtido para o ensaio 1 (36,71 μM de sulfato ferroso/g de amostra) (Tabela 05).

A atividade antioxidante mensurada pelo método FRAP foi influenciada apenas pela variável independente concentração enzimática. É possível observar na figura 4B da superfície de resposta que o aumento na concentração enzimática promoveu um aumento na redução férrica dos ensaios. Dentre estes, os que apresentaram melhores resultados foram respectivamente 8, 6 e 7.

**Figura 4** - Superfícies de resposta para a avaliação da atividade antioxidante utilizando o protocolo FRAP em função do Tempo x Temperatura (A), Concentração enzimática x Tempo (B), Concentração enzimática x Temperatura (C).



Fonte: Autora, (2024)

Segundo Pereira (2017), a capacidade antioxidante de hidrolisados depende de diversos fatores como, massa molecular dos peptídeos liberados durante a hidrólise, sua composição aminoacídica e hidrofobicidade, bem como as condições empregadas na hidrólise. É válido destacar que a capacidade de reduzir e eliminar os radicais livres por um período maior de tempo, pode trazer benefícios com relação ao aumento da vida útil dos alimentos processados durante a distribuição e o armazenamento (Lafarga *et al.*, 2018).

Investigar a atividade antioxidante de hidrolisados proteicos é de grande importância, já que a hidrólise proteica promove a liberação de compostos fenólicos e a formação de peptídeos bioativos. Esses antioxidantes podem ser aplicados em alimentos com diversas finalidades, como na conservação de alimentos e na melhoria do perfil nutricional dos produtos alimentícios. Além disso, possuem a capacidade de mitigar doenças relacionadas aos radicais livres, controlar a pressão arterial e até mesmo possuir propriedades neuroprotetoras (Chandrasekaran e Gonzalez de Mejia, 2022; Garbacz *et al.*, 2023; Nkhita e Sachindra, 2021).

Para a determinação do melhor ensaio foi aplicada a função aplicabilidade, sendo escolhido o de número 8

## 5.5 Análise rendimento frações do hidrolisado

O rendimento do hidrolisado considerando as frações solúvel, mista e insolúvel foi de



14,21%, 83,45% e 91,73%, respectivamente.

## 5.6 Caracterização das frações do hidrolisado protéico da torta da semente de melancia

A tabela 7 apresenta os resultados obtidos para a composição das três frações do hidrolisado (insolúvel, mista e solúvel).

**Tabela 7.** Composição das frações do hidrolisado protéico de torta da semente de melancia

Componentes (%)	Frações		
	Fração Insolúvel	Fração mista	Fração solúvel
Umidade	5,16±0,03 <sup>a</sup>	4,23±0,05 <sup>b</sup>	5,42±0,09 <sup>a</sup>
Cinzas	5,17±0,01 <sup>b</sup>	5,21±0,02 <sup>b</sup>	6,22±0,03 <sup>a</sup>
Lipídeos	22,51±0,05 <sup>a</sup>	16,55±0,01 <sup>b</sup>	15,11±0,05 <sup>b</sup>
Proteínas	28,54±0,02 <sup>c</sup>	48,7±0,03 <sup>a</sup>	42,1±0,02 <sup>b</sup>
Fibra bruta	18,93±0,07 <sup>a</sup>	12,78±0,04 <sup>b</sup>	2,71±0,07 <sup>c</sup>
Carboidratos	19,69±0,03 <sup>b</sup>	12,53±0,03 <sup>b</sup>	28,44±0,06 <sup>a</sup>
VET (Kcal)	395,51±0,9 <sup>b</sup>	393,87±0,11 <sup>ab</sup>	418,15±0,04 <sup>a</sup>

\* Os resultados foram expressos em média e  $\pm$  desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ).

De acordo com os resultados observou-se que a fração mista (FM) apresentou valor significativamente menor de umidade (4,23%), ( $p \leq 0,05$ ), quando comparada às demais frações. As frações solúvel e insolúvel não apresentaram diferença significativa. No entanto, todas as frações do hidrolisado (FM, FS, FI) apresentaram teores de umidade abaixo de 12%, atendendo a legislação RDC nº 726 de 1º de julho, que preconiza teor de umidade inferior a 12% para produto proteico de origem vegetal (Brasil, 2022).

Com relação aos teores de cinzas observou-se que a fração solúvel (FS)(6,22) apresentou valor significativamente maior em relação às demais amostras, FM (5,21) e FI (5,17). Entretanto, houve pequeno aumento em relação a matéria-prima TSM.

Com relação aos teores de lipídios a amostra FI se diferiu significativamente ao nível de 5% de significância das demais amostras. Essa apresentou teor lipídico de 5,96 a 7,4%

maior que a FM e a FS, respectivamente. Cabe ressaltar que alto conteúdo lipídico facilita os processos de oxidação lipídica e diminui a estabilidade desses hidrolisados (Feng *et al.*, 2018), entretanto, a presença de alguns ácidos graxos insaturados (oléico e linoléico) é vantajosa, visto que o ácido oléico apresenta grande potencial de reduzir os processos oxidativos presentes nas amostras (Morais *et al.*, 2022).

Em relação aos teores de proteínas, todas as amostras diferiram estatisticamente. A fração mista (FM) foi a que apresentou maior teor protéico com valor médio de 48,7 g/100 g<sup>-1</sup>. Cabe ressaltar que houve um aumento do teor de proteínas em relação ao substrato após o processo de hidrólise. Segundo Ospina-quirola *et al.* (2022) a quebra das ligações peptídicas aumenta a exposição de grupos polares, melhorando a sua solubilidade e a recuperação de proteínas do hidrolisado em relação à proteína original, indicando a eficácia da hidrólise enzimática. Além disso, a origem da matéria-prima e o método de hidrólise podem influenciar na composição química do hidrolisado protéico (Da Silva, 2022).

A Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 726 de 1º de julho 2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelece que o produto proteico de origem vegetal deve atender ao requisito de composição proteica mínima de 25% para hidrolisados proteicos (Brasil, 2022). Todas as frações do hidrolisado da torta da semente da melancia atendem à legislação, portanto, podem ser consideradas uma boa fonte de proteínas de alto valor agregado.

Em relação aos teores de fibras houve diferença estatística entre todas as frações, sendo os valores encontrados para FI de 18,93g, para FM o valor médio de 12,78g e para FS o valor médio de 2,71g.

De acordo com a instrução normativa, IN nº 75, de 08 de outubro de 2020, quando um alimento apresenta a cada 100 gramas, 3 gramas de fibra alimentar ou 2,5 gramas por porção, ele é considerado uma fonte de fibra. Valores que caracterizam as frações dos hidrolisados protéicos da torta da semente da melancia como uma fonte valiosa desse nutriente. Segundo Campos e Campos (2023) o alto conteúdo de fibras dos suplementos, resultaram em maior saciedade, melhora da constipação, além de ser observado a redução da gordura abdominal e aumento da massa magra.

Os carboidratos apresentaram valor médio de 20,22%, sendo o maior teor de F3(28,44) e o menor F2(12,53). O consumo de 100 gramas do hidrolisado fornece em média 6,74% da recomendação diária de 300 gramas, conforme IN 75/2020 (Brasil, 2020). O que é um valor baixo, a se considerar o aporte fornecido de outros macronutrientes para este mesmo produto. Apenas a FS diferiu estatisticamente das demais frações.

Em relação ao VET, o consumo de 100 gramas fornece 20,11% das necessidades energéticas diárias de acordo com a IN 75/2020 (Brasil, 2020), sendo uma excelente opção de consumo. Ao analisar os resultados, FM não apresentou diferença significativa das demais frações, entretanto, houve diferença significativa entre as frações FI e FS.

Para a elaboração das formulações foi utilizada fração mista, pois esta apresentou maior teor de proteína.

### 5.7 Propriedades tecnológicas das frações do hidrolisado protéico da torta da semente de melancia

Os resultados para as propriedades tecnológicas das frações solúvel, insolúvel e mista estão apresentados na Tabela 8, mostrando que as frações estudadas são significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

Ao analisar as propriedades tecnológicas verifica-se que a fração mista (23,63%) foi a que apresentou maior solubilidade, seguida das frações solúvel (18,46%) e insolúvel (12,12%). A maior solubilidade da proteína hidrolisada é geralmente atribuída ao acréscimo no número de pequenos peptídeos, e ao aumento correspondente nos grupos amino ionizável e carboxila (Sathivel *et al.*, 2005).

Peptídeos menores são frequentemente mais hidrofílicos e exibem melhor capacidade de retenção de água do que peptídeos de tamanho maior (Pacheco *et al.*, 2022). Por outro lado, de acordo com Ferreira *et al.* (2015), a solubilidade está relacionada à quantidade de sólidos solúveis presentes na amostra.

**Tabela 8.** Propriedades tecnológicas das frações do hidrolisado protéico da torta da semente de melancia

<b>Amostra de hidrolisado protéico</b>	Fração solúvel	Fração insolúvel	Fração mista
Solubilidade (%)	18,46 ± 0,28 <sup>b</sup>	12,12 ± 0,19 <sup>c</sup>	23,63 ± 0,06 <sup>a</sup>
Absorção em água (%)	3,42 ± 0,31 <sup>c</sup>	6,11 ± 0,10 <sup>a</sup>	4,89 ± 0,23 <sup>b</sup>
Absorção de óleo (%)	5,58 ± 0,15 <sup>b</sup>	6,76 ± 0,01 <sup>a</sup>	5,23 ± 0,05 <sup>c</sup>
Atividade emulsificante	33,69 ± 0,18 <sup>ab</sup>	28,30 ± 0,46 <sup>b</sup>	35,72 ± 0,27 <sup>a</sup>
Capacidade de formação de	2,18 ± 0,22 <sup>a</sup>	1,46 ± 0,06 <sup>c</sup>	1,89 ± 0,18 <sup>b</sup>

<b>Amostra de hidrolisado protéico</b>	Fração solúvel	Fração insolúvel	Fração mista
Solubilidade (%) espuma	18,46 ± 0,28 <sup>b</sup>	12,12 ± 0,19 <sup>c</sup>	23,63 ± 0,06 <sup>a</sup>

\* Os resultados foram expressos em média e  $\pm$  desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ).

O índice de absorção em água (IAA), é a massa de água absorvida por unidade de massa da amostra, e está diretamente correlacionado com a disponibilidade de grupos hidrofílicos em se ligar às moléculas de água e a capacidade de formação de gel das moléculas de amido (Filli; Nkama, 2007; Sogi *et al.*, 2013). Ademais, a capacidade de retenção de água depende particularmente do tamanho molecular e da capacidade de formação de uma rede proteica (Freire, 2021). As frações de hidrolisado apresentaram IAA de FI (3,42), FM (6,11) e FS (4,89). este valor mostra-se promissor, já que é um atributo importante para sua aplicabilidade na indústria de alimentos.

O IAA apresenta diferença significativa para as 3 frações e variação de 2,69%. Os hidrolisados com maior GH e, portanto, menor peso molecular, podem não formar essa rede, pois apresentam uma maior concentração de grupos hidrofóbicos e um menor tamanho molecular (Centenaro *et al.*, 2009; Roman e Sgarbieri, 2005). Entretanto, o índice de absorção em água para a fração insolúvel (6,11%) foi superior ao encontrado para o hidrolisado proteico da torta da amêndoa de castanha-de-caju para a mesma fração (2,60) (Silva *et al.*, 2022).

O maior índice de absorção de óleo (IAO) foi identificado na fração insolúvel (6,76 g/g de hidrolisado) e a menor de 5,23 para a fração mista. O IAO está diretamente relacionado com o teor lipídico encontrado nas amostras e com as características intrínsecas de cada tipo de proteína testada, já que compostos lipofílicos podem se ligar com as moléculas de óleo (Cao *et al.* 2009).

Jin *et al.* (2020) relataram que a hidrólise da proteína da noz com Alcalase produziu hidrolisados com uma maior capacidade de absorção de óleo (3,85 g/g hidrolisado), resultado inferior ao encontrado neste trabalho. De acordo com os resultados, todas as frações são significativamente diferentes.

A capacidade emulsificante (ICE) sofre influência de vários fatores como, tipo de proteína, concentração, pH, força iônica, temperatura e viscosidade do sistema. Além disso,

as propriedades emulsificantes também podem ser afetadas pela combinação de proteínas e polissacarídeos e pelo conteúdo lipídico (Khattab; Arntfield, 2009; Teixeira *et al.*, 2018). De acordo com os resultados expressos na tabela 8, a fração insolúvel (28,3%) não se diferiu significativamente da fração mista (35,72%) nem da fração solúvel (33,69%).

De acordo com Panyam e Kilara (1996), a hidrólise extensiva das proteínas resulta em uma drástica perda das propriedades emulsificantes, sendo que estas diminuem linearmente com o %GH.

Em relação à capacidade de formação de espuma, nenhuma das amostras apresentou resultados expressivos, sendo que a fração solúvel apresentou valor médio de 2,18%, a fração insolúvel um valor médio de 1,46% e a fração mista um valor médio de 1,89%, todos significativamente diferentes. A capacidade de formação de espuma pode estar associada ao conteúdo lipídico residual e à composição protéica, o que pode interferir na interação de proteínas hidrofílicas e diminuir a solubilidade do nitrogênio (Polmann *et al.*, 2023).

## 5.8 Composição nutricional das formulações

Os resultados da composição nutricional das formulações com adição de hidrolisado proteico da torta da semente da melancia estão apresentados na tabela 9.

O teor de umidade é uma informação importante da composição de alimentos e está entre os parâmetros frequentemente determinados em rotina, podendo servir como um indicador da qualidade dos produtos, uma vez que apresenta influência direta no armazenamento (Valentini *et al.*, 1998; Amoedo & Muradian, 2002).

De acordo com os resultados, o valor médio de umidade foi de 4,79 g/100g de umidade, não sendo identificada diferença significativa entre as amostras. Teores de umidade abaixo de 12%, se adequam à RDC nº 726 de 1º de julho, que preconiza teor de umidade inferior a 12% para produto proteico de origem vegetal (Brasil, 2022). A redução da umidade dos alimentos aliada com uma baixa atividade de água ( $A_w$ ) permite o armazenamento e prolonga o shelf life dos produtos alimentícios (Dala-Paula *et al.*, 2021).

**Tabela 9** - Composição nutricional de formulações à base de óleo de inajá e hidrolisado proteico da torta de semente de melancia

Componentes (%)	Formulações			
	F1	F2	F3	F4

Umidade	4,89±0,17 <sup>a</sup>	4,83±0,02 <sup>a</sup>	4,77±0,23 <sup>a</sup>	4,7±0,06 <sup>a</sup>
Cinzas	3,55±0,11 <sup>b</sup>	3,62±0,06 <sup>ab</sup>	3,69±0,02 <sup>ab</sup>	3,76±0,02 <sup>a</sup>
Lipídeos	31,48±0,12 <sup>a</sup>	30,52±0,05 <sup>a</sup>	29,57±0,08 <sup>b</sup>	28,61±0,04 <sup>c</sup>
Proteínas	25,49±0,09 <sup>d</sup>	26,63±0,4 <sup>c</sup>	27,76±0,03 <sup>b</sup>	28,9±0,09 <sup>a</sup>
Fibra bruta	4,16±0,03 <sup>c</sup>	5,37±0,04 <sup>b</sup>	6,58±0,03 <sup>a</sup>	7,81±0,09 <sup>a</sup>
Carboidratos	30,43±0,06 <sup>a</sup>	29,03±0,07 <sup>b</sup>	27,63±0,11 <sup>c</sup>	26,22±0,07 <sup>d</sup>
VET (Kcal)	507±0,08 <sup>a</sup>	497,32±0,05 <sup>a</sup>	487,69±0,07 <sup>a</sup>	477,97±0,07 <sup>a</sup>

F1= formulação com 20% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia; F2= Formulação com 25% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F3= Formulação com 30% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F4= Formulação com 35% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia  
Fonte: Autor, 2024

As cinzas são resíduos inorgânicos que permanecem após o processo de incineração ou a queima da matéria orgânica de uma amostra (geralmente de alimento), portanto, representa a quantidade total de minerais presentes na amostra (Figueiredo, 2007). De acordo com os resultados, não houve diferença entre os teores de cinzas das formulações F1(3,55g/100g), F2 (3,62 g/100g) e F3 (3,69 g/100g), assim como não houve diferença entre as formulações F2 (3,62 g/100g), F3 (3,69 g/100g) e F4 (3,76 g/100g).

Quanto ao teor de lipídios não houve diferença significativa entre as formulações F1 e F2, no entanto, estas se diferiram estatisticamente das formulações F3 e F4 que apresentaram valores médios significativamente inferiores às duas primeiras.

Segundo Martinovich & Cruz (2023) os lipídios desempenham diversas funções importantes no organismo, dentre elas a energética, fornecendo nove calorias por grama. Esses lipídios são armazenados pelo corpo na forma de triglicerídeos, atuando na flexibilidade, permeabilidade e manutenção das células. Somado a isso, os AG (ácidos graxos), produto da metabolização dos lipídios, também desempenham um papel indispensável em uma cascata de processos fisiológicos fundamentais (Botham & Mayes, 2021).

O teor proteico identificado nas formulações variou de 25,49% a 28,9%, havendo diferença significativa entre todas as formulações. De acordo com a RDC 429/2022 e IN nº75 o valor diário recomendado (VDR) de proteínas para adultos é 50 gramas. O consumo de 100 gramas das formulações fornece de 50,98% a 57,8%, o que classifica todas as formulações como alimento de alto conteúdo protéico, pois atendem o valor superior aos 20% descrito na

legislação para este nutriente. Cabe destacar que o aumento de 5% de hidrolisado protéico entre as formulações promoveu um aumento significativo na concentração de proteína.

Comparando com produtos com as mesmas atribuições disponíveis comercialmente, Plumpy'Nut®, verifica-se que as formulações à base do hidrolisado da torta de semente de melancia apresentaram teores protéicos superiores (25,49 g/100g a 28,9 g/100g) em comparação à formulação comercial (14 g/100g). Quanto aos teores de lipídeos, houve similaridade entre as formulações do presente estudo com o produto comercial que apresentou aproximadamente 30%.

Ainda segundo a Instrução normativa, IN nº 75, de 08 de outubro de 2020, alimentos que apresentam a cada 100 gramas, 3 gramas de fibra alimentar ou 2,5 gramas por porção, são considerados fonte de fibra. Os teores encontrados de fibra bruta para as formulações foram de 4,16 g/100g F1, 5,37g/100g para F2, 6,58 g/100g para F3 e 7,81 g/100g para F4. Adicionalmente, a recomendação dietética diária de fibras é 25 a 30g/dia, atendendo a mesma normativa, as formulações F2, F3 e F4 podem ser classificadas com alto conteúdo de fibras, pois atendem valor superior aos 20 % das VDR (Brasil, 2020).

A análise de variância aplicada aos resultados de carboidratos obtidos da composição das 04 formulações apresentou diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para todas as formulações. Dentre estas o teor de carboidrato, que apresentou valor médio de 28,32%, variando de 26,82% a 30,43% da amostra. Este valor representa de 8,94% a 10,14% da RDA para o macronutriente, que é de 300 gramas por dia, de acordo com a IN 75 de 2020 (Brasil, 2020).

O valor energético total ( VET) variou de 477,97% a 507 %, com teor calórico médio de 492,49 calorias em 100 gramas, representando 24,62% do VDR, de 2000 calorias. Valor expressivo, demonstrando que as formulações podem ser consideradas boas fontes energéticas.

## 5.9 Determinação de compostos fenólicos totais

De acordo com os resultados mostrados na tabela 10, o teor de compostos fenólicos se diferiu significativamente entre todas as formulações, sendo que a F1 apresentou valores médios significativamente superiores (87,56 $\mu$ g GAE g<sup>-1</sup>) e a F4 valores significativamente inferiores (81,27 $\mu$ g GAE g<sup>-1</sup>).

**Tabela 10** - Teor de compostos fenólicos em formulações à base de óleo de inajá e hidrolisado protéico da torta da semente da melancia

Composição	F1	F2	F3	F4
Teor compostos fenólicos ( $\mu\text{g GAE g}^{-1}$ )	87,56 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	85,46 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>	83,37 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup>	81,27 $\pm$ 0,03 <sup>d</sup>

\* Os resultados foram expressos em média e  $\pm$  desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade ( $p \leq 0,05$ )

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários de espécies vegetais com um ou mais grupos hidroxila, ligados aos anéis aromáticos que estão amplamente distribuídos na natureza e, portanto, significativamente presentes na dieta humana (De Carmargo & Da Silva Lima, 2019). Estes, apresentam propriedades biológicas antioxidantes, antiinflamatórias, antimicrobianas e cardioprotetoras (Shahidi *et al.*, 2019). Entretanto, segundo Eseberri *et al.*, (2022) a estrutura dos compostos fenólicos pode influenciar suas atividades biológicas e biodisponibilidade.

Embora as formulações sejam compostas majoritariamente por produtos de origem vegetal, o teor de compostos fenólicos mostra-se discreto. No entanto, não há na legislação especificação de teores atribuídos à classificação das formulações. Embora estes valores pouco expressivos possam estar associados ao processo de cocção ao qual o hidrolisado e a castanha de baru foram submetidos, já que os compostos fenólicos presentes nos extratos vegetais são sensíveis a altas temperaturas, ocasionando a degradação térmica (Silva *et al.*, 2016).

A atividade de compostos fenólicos na eliminação de espécies reativas de oxigênio (ROS), na quelatação de metais e na redução de radicais livres levam a inibição ou minimizam processos oxidativos e inflamatórios associados a diversas patologias (Romão *et al.*, 2020, Li *et al.*, 2020). Entretanto, a biodisponibilidade de um composto fenólico é altamente dependente de sua bioacessibilidade, que pode ser definida como a quantidade de um composto fenólico liberado pela matriz após o processo digestivo, chegando ao sistema gastrointestinal, e que fica disponível para absorção pelas células epiteliais intestinais. (Arfaoui, 2021; Zahid *et al.*, 2022,).



### 5.10 Perfil de ácidos graxos das formulações

O perfil dos ácidos graxos das formulações a base de óleo de Inajá e hidrolisado proteico da semente de melancia são mostrados na tabela 11.

**Tabela 11** - Perfil de ácidos graxos das formulações a base de óleo de inajá e hidrolisado protéico da torta da semente da melancia

Ácidos graxos	Resultado (%)			
	F1	F2	F3	F4
<b>Ácidos graxos saturados (AGS)</b>				
Ácido Butírico (C4:00)	0,03	0,02	0,02	0,03
Ácido Capróico (C6:0)	0,06	0,04	0,05	0,04
Ácido Caprílico (C8:0)	0,77	0,58	0,67	0,58
Ácido Cáprico (C10:0)	0,92	0,72	0,8	0,69
Ácido Undecanóico (C11:0)	0,01	0	0,01	0,01
Ácido Láurico (C12:0)	8,51	7,2	7,87	6,46
Ácido Tridecanóico (C13:0)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)
Ácido Mirístico (C14:0)	4,17	3,61	3,93	3,19
Ácido Pentadecanóico (C15:0)	0,05	0,3	0,4	0,03
Ácido Palmítico (C16:0)	5,03	4,12	4,7	4,68
Ácido Esteárico (C18:0)	2,81	2,28	2,71	2,73
Ácido Araquídico (C20:0)	0,23	0,18	0,22	0,25
Ácido Heneicosanóico (C21:0)	0,01	0	0	0,01
Ácido Behênico (C22:0)	0,51	0,38	0,48	0,55

Ácido Tricosanóico (C23:0)	0,01	0,01	0,02	0,02
Ácido Lignocérico (C24:0)	0,69	0,52	0,65	0,76
Ácido Margárico (C17:0)	0,04	0,03	0,04	0,04
<b>Σ AGS</b>	<b>23,85</b>	<b>19,99</b>	<b>22,57</b>	<b>20,07</b>
<b>Ácidos graxos monoinsaturados (AGM)</b>				
Ácido Oleico (C18:1n9c)	9,75	8,47	9,56	10,09
Ácido Erúcido (C22:1n9)	0,04	0,03	0,04	0,05
Ácido Cis-11-Eicosenóico (C20:1n9)	0,36	0,28	0,34	0,4
Ácido cis-10-Ácido Heptadecenóico (C17:1)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)
Ácido Miristoleico (C14:1)	0,04	0,02	0,03	0,03
Ácido Nervônico (C24:1n9)	0,01	0,01	0,01	0,01
Ácido Palmitoleico (C16:1n7)	0,07	0,05	0,06	0,07
<b>Σ AGMI</b>	<b>10,27</b>	<b>8,86</b>	<b>10,04</b>	<b>10,65</b>
<b>Ácidos graxos poliinsaturados (AGPI)</b>				
Ácido Araquidônico AA (C20:4n6)	0,01	0	0	0
Ácido cis-8,11,14-Eicosatrien óico	0	0,01	0,02	0

Ácido cis-11,14-Eicosadienóico (C20:2)	0,01	0,01	0,02	0,02
Ácido cis-11,14,17-Eicosatrienóico	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)
Ácido 5,8,11,14,17-EPA (C20:5n3)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)
Ácido Gama-Linolênico GLA (C18:3n6)w6	0	0	0	0
Ácido cis-13,16-Docosadienóico (C22:2) AGP	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)
Ácido Linoleico LA (C18:2n6c) AGP	7,55	6,18	8,12	9,61
Ácido Docosaheptaenóico DHA(C22:6n3)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)	<0,0003 (LQ)
Ácido Alfa Linolênico LNA (C18:3n3)w3	0,04	0,03	0,04	0,04
$\Sigma$ Ômega 3	0,04	0,03	0,04	0,04
$\Sigma$ Ômega 6	7,58	6,2	8,14	9,63
$\Sigma$ Ômega 9	10,21	8,82	9,99	10,58
$\Sigma$ AGPI	7,62	6,23	8,18	9,67
<b><math>\Sigma</math> Ácidos graxos insaturadas(AGI) (AGMI + AGPI)</b>	<b>20,48</b>	<b>17,68</b>	<b>20,03</b>	<b>21,23</b>
<b>Ácidos graxos trans</b>				
Ácido Elaídico (C18:1n9t)	0,05	0,04	0,04	0,04
Ácido Linolelaídico (C18:2n6t)	0,01	0,01	0,01	0,01
$\Sigma$ Ácidos graxos trans	0,06	0,05	0,05	0,05

F1= formulação com 20% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia; F2= Formulação com 25% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F3= Formulação com 30% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F4= Formulação com 35% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia  
Fonte: Autor, 2024

Ao analisar o perfil de ácidos graxos das formulações, observou-se que houve uma pequena variação entre os valores, sendo que para os ácidos graxos saturados o menor valor

foi encontrado para a formulação 2 (19,19%) e o maior valor foi apresentado pela formulação 1 (23,85%). Destes, os mais abundantes foram o ácido láurico (6,46 a 8,51%), ácido palmítico (4,12 a 5,23%) e mirístico (3,61 a 4,17%).

A presença de ácido láurico em alimentos é interessante pois uma fração dos triacilgliceróis ricos em ácido láurico é convertida em monolaurina, um composto com atividade antiviral, antibacteriano e antiprotzoário (Spranghers, 2018). Os efeitos antivirais têm sido atribuídos ao sua capacidade de desintegrar envelopes de vírus, alterar a distribuição celular das proteínas virais acarretando desordem e afetando a replicação viral, além de prevenirem o ligamento do patógeno com a célula humana hospedeira (Joshi et al, 2020).

Já o ácido palmítico desempenha uma função citoprotetora, prevenindo a morte de células beta pancreáticas (Diakogiannaki *et al.*, 2007; Morgan & Dhayal, 2010).

O perfil de ácidos graxos monoinsaturados, revelou que as formulações apresentaram valores entre 8,86% (F2) a 10,65% (F4). O ácido oléico foi o que apresentou maior percentual, com 9,75% na F1; 8,47% na F2, 9,56% na F3 e 10,09% na F4.

De acordo com Marcelino *et al.*, (2019) o ácido oleico diminui as concentrações dos triglicérides plasmáticos e da Low Density Lipoprotein cholesterol (LDL - c), contribuindo para a redução do risco de doenças cardiovasculares.

Dentre os ácidos graxos polinsaturados, observou-se que o ácido linoléico esteve em maior concentração variando de 6,18% na formulação 2 a 9,61% na formulação 4.

Teores adequados de ácido linoléico nos óleos vegetais também é de fundamental importância, já que a ocorrência deste ácido graxo tende manter a qualidade do óleo em evitar a formação do colesterol total e ruim (LDL) e proporcionar o aumento do bom colesterol (HDL) (Martin et al., 2006)

A presença de ácidos graxos insaturados está diretamente relacionada à estabilidade dos óleos e gorduras, pois no processo de decomposição oxidativa, o oxigênio atmosférico reage com as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados, resultando na formação de peróxidos (Santos, 2021).

Em relação aos ácidos graxos essenciais  $\omega 3$ ,  $\omega 6$  e  $\omega 9$ , houve predominância do  $\omega 9$ , com valor médio de 9,9%, seguido pelo  $\omega 6$  com 7,89% em média. A formulação F4 foi a que apresentou as maiores proporções desses ácidos graxos.

Os ácidos  $\omega 6$  e  $\omega 3$  atuam em inúmeros processos fisiológicos, como na saúde cognitiva, redução do risco cardiovascular, prevenção de doenças oculares, dentre outros (Arbex *et al.*, 2015).

### 5.11 Determinação teor das Vitaminas A , C e E

Foram realizadas as análises da vitamina A ( retinol), Vitamina C ( Ácido ascórbico) e vitamina E ( Tocoferol) para as 4 formulações desenvolvidas. Os resultados estão descritos na Tabela 12.

**Tabela 12** - Teor das vitaminas A, C e E nas formulações a base de óleo de inajá e hidrolizado da torta da semente de melancia

<b>Vitaminas</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
Vitamina A (µg)	ND	ND	ND	ND
Vitamina C(mg)	20,36±0,03 <sup>a</sup>	19,85±0,09 <sup>ab</sup>	19,33±0,1 <sup>ab</sup>	18,82±0,05 <sup>b</sup>
Vitamina E (mg)	7,84±0,12 <sup>a</sup>	7,16±0,06 <sup>b</sup>	6,48±0,03 <sup>c</sup>	5,79±0,08 <sup>d</sup>

ND - Não Determinado

Os resultados foram expressos em média e  $\pm$  desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade ( $p \leq 0,05$ )

A vitamina A é um micronutriente lipossolúvel que pode ser encontrado na forma de retinol, em fontes de origem animal, e na forma de carotenóides (provitamina A), em fontes de origem vegetal. (Florêncio, 2023). Ela exerce função na modulação do sistema imune, diferenciação e apoptose celular, desenvolvimento embrionário, reprodução, e na formação da rodopsina, pigmento importante para visão noturna (Theodosiou; Laudet; Schubert, 2010).

Embora seja uma vitamina com importantes funções, com o método utilizado não foi possível mensurá-la em nenhuma das amostras analisadas.

Para os teores de vitamina C observou-se que não houve diferença significativa entre as formulações F1, F2 e F3, assim como não houve diferença entre as formulações F2, F3 e F4. No entanto, observou-se que um aumento de 15% do hidrolizado proteico provocou uma redução significativa nos teores de vitamina C passando de 20,36% (F1) para 18,82% (F4).

A vitamina C, ou ácido ascórbico, é uma vitamina hidrossolúvel absorvida no intestino delgado com excessos excretados por via urinária e retal. Para que seja absorvida é necessário um meio aquoso (Macedo & Matos, 2015; Nichelle & Mello, 2018;). A quantidade de vitamina C dos alimentos é variável, sendo uma vitamina bastante sensível à degradação.

A taxa de degradação da vitamina C depende muito da matriz, ou seja, há frutas em que a degradação é normalmente maior e outras em que a degradação é menor (Yahia, 2001). Isto também ocorre devido à presença de enzimas oxidantes específicas, como a ácido

ascórbico oxidase, íons metálicos e pH, além de outros fatores menos frequentes (Piga *et al.*, 2003).

A hipovitaminose chamada escorbuto pode causar fadiga, inflamação na gengiva e dores nas articulações. Diante disso, é necessário manter uma pequena ingestão diária visto que o organismo não é capaz de sintetizá-la (Elizeu, 2020). Entretanto, em valores adequados a vitamina C pode contribuir em processos metabólicos, absorção de ferro e até reduzir incidências de infecções no trato respiratório superior (Kerksick, *et al.*, 2018).

De acordo com a instrução normativa, IN nº 75, de 08 de outubro de 2020 a recomendação diária de ingestão para adultos é de 100 mg, sendo considerados fonte alimentos que atendam o mínimo de 15% do valor diário recomendado(VDR) (Brasil, 2020). Neste sentido, todas as formulações são consideradas fonte de vitamina C, contendo de 18,82 mg a 20,36 mg a cada 100 gramas.

Para a vitamina E observou-se diferença significativa entre todas as formulações, sendo que a formulação com 20% de hidrolisado e 40% de pasta de baru (F1) apresentou valores significativamente superiores às demais formulações. Os menores valores médios (5,79) foram apresentados pela formulação com maior quantidade do hidrolisado proteico (F4), no entanto, todas as formulações analisadas podem ser consideradas de alto conteúdo de vitamina E, pois suprem mais que 30 % da recomendação de ingestão diária de 30 mg/100g, conforme descrito pela IN nº 75, de 08 de outubro de 2020.

A vitamina E é um nutriente lipossolúvel que abrange oito compostos, sendo eles quatro tocoferóis ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$  e  $\delta$ -tocoferóis) e quatro tocotrienóis ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -e  $\delta$ -tocotrienóis) que diferem no número e na localização dos grupos metila nos anéis de cromanol (Primo, 2021).

Com propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes, este micronutriente estimula a resposta imune no combate aos patógenos causadores de doenças, como bactérias e vírus, além do seu papel na manutenção da integridade das membranas das células T (Ed, Lewis *et al.*, 2019; PC, Calder *et al.*, 2020 ).

Há evidências de que a suplementação com vitamina E pode contribuir para restaurar a produção de interleucina - 2, citocina envolvida na ativação, crescimento e diferenciação das células T e de outras células que participam da resposta imune, melhorando o funcionamento do sistema imunológico (Ed, Lewis *et al.*, 2019; L. Bont *et al.*, 2000). Isto ocorre devido ao aumento da proliferação de linfócitos em resposta à estimulação mitogênica, aumento da resposta de hipersensibilidade de tipo retardado (DTH), aumento da produção de IL-2 e diminuição da produção de interleucina 6(IL-6) (Lee; & Han, 2018).

### 5.12 Determinação do teor de minerais das formulações com adição de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia

Na tabela 13 estão apresentados os teores de minerais para cada uma das 4 formulações e o atendimento à Recomendação alimentar, de acordo com RDA e IN 75 de 2020 (Brasil, 2020) para adultos (19 a 50) de ambos os sexos.

**Tabela 13** - Teor de minerais e atendimento às recomendações dietética após consumo de 100 gramas das formulações

Formulação	Minerais por porção de 100 gramas								
	P (mg)	K (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)	S (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)	Fe (mg)	Na (mg)
<b>F1</b>	0,56	0,99	0,44	0,24	0,1830	2,11	3,63	9,88	87,66
<b>F2</b>	0,55	0,97	0,36	0,23	0,1810	2,43	3,68	9,19	84,78
<b>F3</b>	0,53	0,94	0,36	0,26	0,1690	2,38	4,25	8,70	65,14
<b>F4</b>	0,57	0,98	0,31	0,26	0,1910	2,43	4,29	9,10	65,83
Recomendação diária RDA (%)									
<b>F1</b>	0,08	0,03	0,04	0,06	0,03	70,23	33,02	70,58	4,38
<b>F2</b>	0,08	0,03	0,04	0,06	0,03	80,97	33,47	65,61	4,24
<b>F3</b>	0,08	0,03	0,04	0,06	0,02	79,40	38,59	62,13	3,26
<b>F4</b>	0,08	0,03	0,03	0,06	0,03	81,03	39,04	64,96	3,29

Dose diária recomendada em mg/dia por pessoa com base na RDA e IN 75/2020 (Brasil, 2020).

Fonte: Autora, 2024

De acordo com a tabela 13 pode-se observar que os minerais que apresentaram maiores concentrações em todas as formulações foram o manganês, zinco e ferro.

Ao avaliar o atendimento à recomendação diária (RDA), verificou-se que o consumo de 100 gramas das formulações fornece entre 70,23% (F1) a 80,97% (F4) da necessidade diária do manganês.

O manganês é um cofator obrigatório no metabolismo de aminoácidos, lípidos, proteínas e carboidratos (Erikson *et al.*, 2005), além de sua importância no sistema imunológico, na regulação da energia celular, no crescimento dos tecidos conjuntivo e ósseo, e na coagulação sanguínea (Erikson; Aschner, 2003).

No entanto, apesar de ser essencial, seu excesso pode ser prejudicial à saúde. A exposição crônica ao metal pode causar distúrbios psiquiátricos e motores importantes

(Parmalee; Aschner, 2016), principalmente em indivíduos com deficiência de ferro, visto que, o ferro (Fe) participa na homeostase do Mn, pois ambos os metais compartilham dos mesmos mecanismos de absorção e distribuição, competindo pelos mesmos transportadores (Fleury, 2021).

Com relação ao zinco, uma porção de 100 gramas das formulações fornece em média 36,03% da RDA, com valores variando de 33,02% (F1) a 39,04% (F4), podendo ser considerado como uma boa fonte de zinco.

O zinco participa como constituinte integral de proteínas ou co-fator enzimático em mais de 300 reações químicas que envolvem síntese e degradação de carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (Cozzolino, 2009), além de contribuir com ações anti-inflamatórias ao coibir a manifestação do NF- $\kappa$ B e a modulação das funcionalidades reguladoras das células T, também reduz o risco de coinfeção bacteriana, aprimorando a defesa das vias aéreas, melhorando a função de barreira do epitélio respiratório (Skalny *et al.*, 2020).

A deficiência do zinco reduz a contagem de linfócitos, dificultando funções eficientes dos linfócitos T CD4+ e CD8+, indicando seu papel na função imunológica (Dhawan *et al.*, 2022; Giovane *et al.*, 2021).

As formulações à base de óleo de inajá, pasta de baru e hidrolisado proteico da torta da semente da melancia se mostram como uma opção valiosa, atendendo de 62,13% a 70,58% da ingestão recomendada que é de 14 mg por dia para adultos de ambos os sexos.

O mineral ferro exerce grande influência no funcionamento do corpo humano, sendo um dos minerais mais importantes do ponto de vista biológico. A deficiência de ferro pode levar a alterações na estrutura e funções do cérebro, desenvolvimento cognitivo e neuropsicomotor, além de prejudicar o metabolismo de hormônios importantes e o sistema imunológico (WHO, 2017). Neste sentido a OMS preconiza que a prevenção e controle da anemia ferropriva seja feito através de diversificação e melhoria da alimentação, buscando alimentos que conciliam o alto teor de ferro com o baixo custo (Moura, 2023).

Apesar das quatro formulações apresentarem K, P, Ca, S e Mg em sua composição mineral, estas não apresentam quantidades significativas.



### 5.13 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas das formulações a base de óleo de inajá e hidrolisado proteico da torta da semente da melancia apresentaram resultados satisfatórios, dentro dos padrões exigidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

A determinação de Enterobactérias apresentou valores inferiores a 10,0 UFC/g, enquanto a verificação de Salmonella sp determinou ausência deste microrganismo nas condições do teste. Bolores e leveduras também apresentaram valores inferiores a  $1,0 \times 10^2$  UFC/g.

## 6 ANÁLISE SENSORIAL

### 6.1 Grupo de foco para descritores do Check All that Apply (CATA)

O levantamento dos descritores utilizados no grupo de foco contou com a participação de 20 voluntários. O perfil dos avaliadores foi majoritariamente de acadêmicos, 16 estudantes de graduação (80%), 01 de pós graduação (5%), 01 docente (5%) e 01 outro (5%). Do total de avaliadores, 13 (65%) foram mulheres. Quanto à faixa etária, o grupo se mostrou pouco heterogêneo, 18 a 29 anos (95%) e 30-39 anos (5%). O perfil socioeconômico compreendeu de 1 a 3 salários (85%), 4 a 5 salários (10%) e 10 a 20 salários (5%). Quanto ao consumo de suplementos alimentares 16 (80%) não consomem, 1 (5%) consome 1 vez na semana e 3 (15%) consomem de 5 a 7 vezes por semana.

Os descritores levantados pelo grupo de foco (GF) estão mostrados na Tabela 14. Estes descritores, foram utilizados na ficha de avaliação sensorial ( Apêndice 2).

**Tabela 14** - Descritores dos atributos sensoriais das formulações levantados pelo Grupo de foco

<b>Atributos sensoriais</b>			
<b>Visuais</b>	<b>Olfativas</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>
Aspecto arenoso	Cheiro torrado	Sabor rançoso	Arenoso
Aspecto gorduroso	Cheiro de cacau	Sabor de castanha	Fibroso
Aspecto pastoso	Cheiro amanteigado	Salgado	Pegajoso
Brilhoso	Cheiro de coco	Sabor de pasta de amendoim	Áspero

Marrom	Cheiro doce	Sabor de coco	Consistente
Pontos pretos	Cheiro de castanha	Sabor de castanha de baru	
		Amargo	

## 6.2 Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada em laboratório com 98 avaliadores não treinados, sendo 58% do sexo feminino e 42% masculino.

A avaliação sensorial pelo consumidor é um ponto de grande importância no desenvolvimento de um produto. A tabela 15 apresenta os resultados das médias atribuídas no teste de escala hedônica utilizado pelos provadores para a avaliação sensorial das formulações.

**Tabela 15** - Valores médios das notas atribuídas pelos provadores na avaliação da aceitação das formulações com adição de hidrolisado protéico de torta da semente de melancia

Produto	Atributos					
	Impressão global	Aroma	Aparência	Cor	Textura	Sabor
F1	5,94±2,02 <sup>a</sup>	6,55±1,84 <sup>a</sup>	6,36±1,83 <sup>a</sup>	6,71±1,69 <sup>a</sup>	5,48±2,09 <sup>a</sup>	5,16±2,41 <sup>a</sup>
F2	5,98±1,91 <sup>a</sup>	6,45±1,85 <sup>a</sup>	6,12±1,85 <sup>a</sup>	6,66±1,63 <sup>a</sup>	5,61±2,03 <sup>a</sup>	5,16±2,30 <sup>a</sup>
F3	5,48±1,97 <sup>b</sup>	6,37±1,89 <sup>a</sup>	5,92±1,90 <sup>a</sup>	6,64±1,59 <sup>a</sup>	5,34±1,92 <sup>a</sup>	4,53±2,26 <sup>b</sup>
F4	5,37±2,08 <sup>b</sup>	6,20±1,95 <sup>a</sup>	6,08±1,8 <sup>a</sup>	6,57±1,67 <sup>a</sup>	5,02±2,05 <sup>a</sup>	4,27±2,22 <sup>b</sup>

Os resultados foram expressos em média e  $\pm$  desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade ( $p \leq 0,05$ )

Os resultados obtidos pelo tratamento estatístico mostraram que os atributos aroma, aparência, cor e textura não apresentaram diferenças significativas entre as quatro formulações ( $p > 0,05$ ). Para os atributos sabor e impressão global observou-se que houve diferença estatística significativa das formulações F1 e F2 em relação às formulações F3 e F4. Kader (2002) relata que o sabor é o atributo mais importante e de maior ponderação, sobre aqueles que têm tradicionalmente consideração para o aspecto e a textura.

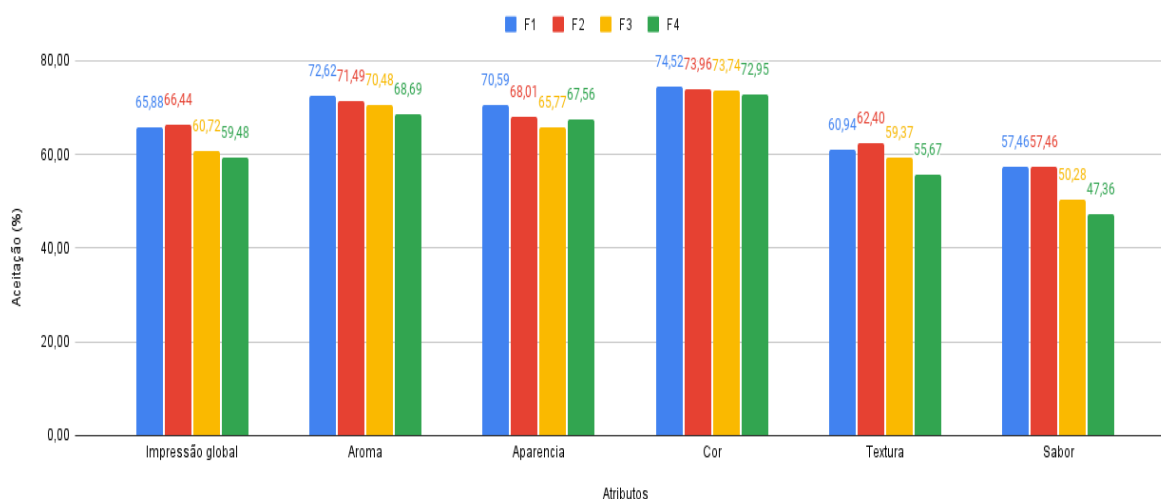
Os resultados obtidos para aceitação por escala hedônica para as quatro formulações mostraram que o atributo que apresentou melhor média geral foi cor (6,65), já o atributo

sabor (4,85) foi o menos aceito entre os provadores. Estes valores indicam que é necessário melhorar a experiência do provador em relação aos atributos das formulações.

Os autores Garruti, Brito, Brandão, Uchôa Jr e Silva (2003) e Torres et al. (2017), perceberam que as características ou termos dos atributos Aparência, Textura e Sabor, são rigorosamente avaliados quando se trata da análise sensorial. Esses atributos influenciam fortemente na aceitação ou não de um novo produto.

Segundo Castro et al. (2007), para que um produto seja considerado como aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que se obtenha o Índice de Aceitabilidade (I.A.) de no mínimo 70%. No gráfico 3, constam os índices de aceitação por atributo das formulações analisadas.

**Gráfico 1 - Índice de aceitação por atributo das formulações**



F1= formulação com 20% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia; F2= Formulação com 25% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F3= Formulação com 30% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F4= Formulação com 35% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia  
Fonte: Autor, 2024

O índice de aceitabilidade foi aplicado para todos os atributos das 4 formulações. Destes, 3 atributos apresentaram valor acima de 70%, aroma (F1, F2 e F3), aparência (F1) e cor (F1, F2, F3 e F4), este o mais bem avaliado dentre todos os parâmetros. A maior aceitação do atributo cor se deve à associação positiva feita pelos consumidores ao chocolate, entretanto, esta mesma associação foi um fator negativo para o atributo sabor.

Dos atributos avaliados, o sabor recebeu menor pontuação para todas as formulações, isso pode ser explicado pela expectativa gerada pela aparência e aroma do produto, que remetem a chocolate e coco ou castanha, respectivamente. Dentre as observações relacionadas a essa percepção houve a sugestão de adição de açúcar, indicando que o dulçor

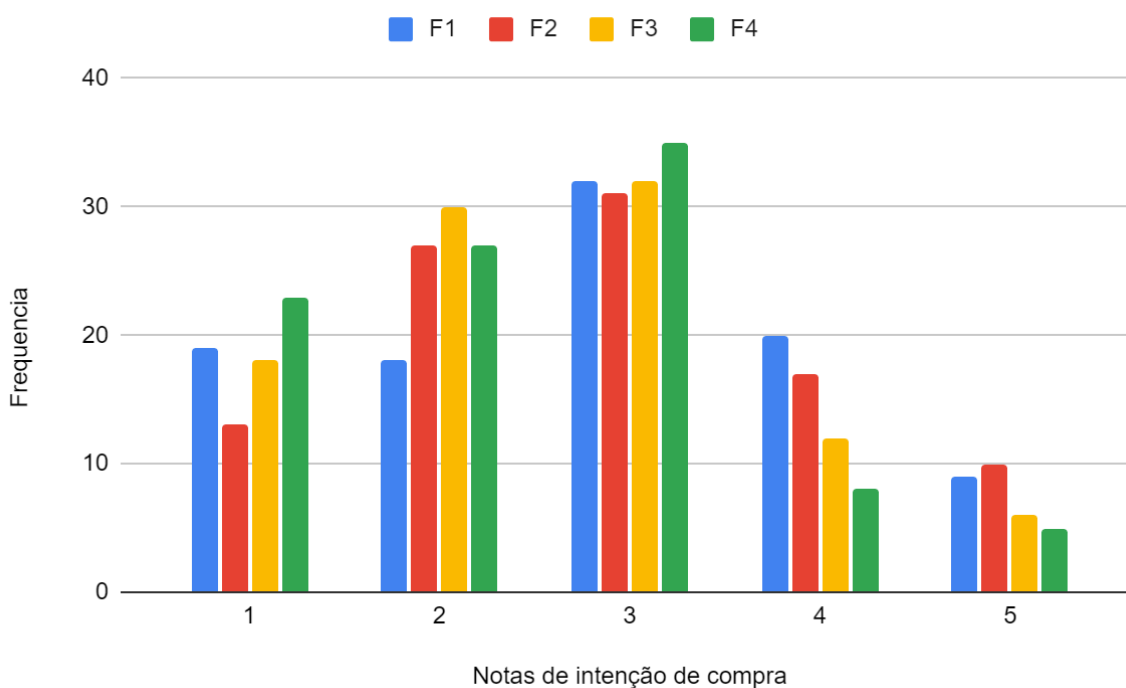
é um fator condicionante para a melhor aceitação das formulações. A quebra de expectativa foi um fator de grande influência para a nota.

### 6.3 Intenção de compra

De acordo com Cunha et al. (2010), a análise sensorial é um meio de traduzir a opinião e a intenção de compra do consumidor frente a determinado produto, em números, revelando-se assim de grande importância a sua verificação para a real avaliação do potencial econômico do produto a ser oferecido à população.

Os resultados obtidos no presente estudo para o teste de intenção de compra relatados pelos provadores que provaram as formulações estão apresentados no gráfico 4.

**Gráfico 2** - Notas de intenção de compra atribuída pelos avaliadores às formulações



F1= formulação com 20% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia; F2= Formulação com 25% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F3= Formulação com 30% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F4= Formulação com 35% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia  
Fonte: Autor, 2024

Os resultados apresentados para a análise de intenção de compra indicam que as formulações 1 e 2 são as mais bem avaliadas, ou seja, dentre as formulações são as que apresentam maior possibilidade de aquisição pelo consumidor. Estes dados corroboram os

encontrados para avaliação da aceitação, sendo estas 02 formulações as que tiveram melhor desempenho.

Logo, a formulação 2 (F2) foi a mais bem avaliada pelos provadores.

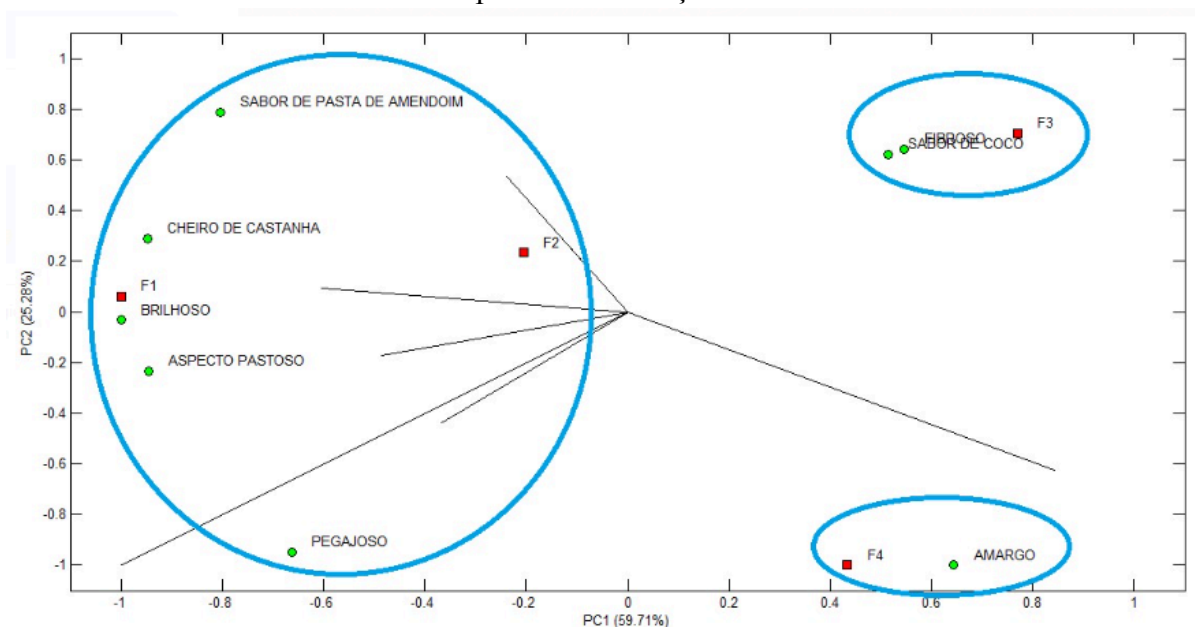
#### 6.4 Análise de componentes principais

A partir dos dados descritivos coletados da ficha de avaliação sensorial (Apêndice 2), foi feita uma análise estatística por Teste Q de Cochran para avaliar a frequência de uso dos termos sensoriais pelos provadores voluntários para verificar as diferenças estatisticamente significativas entre as formulações. Dos 23 atributos avaliados, 8 (34,78%) resultaram em diferenças significativas com relação à frequência que foram assinalados pelos voluntários demonstrado por valores acima do nível de significância adotado ( $p$ -valor  $>0,05$ ).

Destes atributos, 3 referem-se ao sabor das formulações (amargo, sabor de amendoim e sabor de coco), 2 a textura (pegajoso e fibroso), 2 ao aspecto visual (aspecto pastoso e brilhoso) e 1 ao cheiro, cheiro de castanha.

Para avaliar a relação dos descritores do teste CATA com a impressão global foi aplicada a Análise de Correspondência (Figura 5).

**Figura 5** - Análise de Correspondência das respostas da impressão global e do teste CATA para as formulações



F1= formulação com 20% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia; F2= Formulação com 25% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F3= Formulação com 30% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia F4= Formulação com 35% de hidrolisado protéico da torta da semente de melancia  
Fonte: Autor, 2024

A disposição espacial das quatro formulações propõe a formação de três grupos distintos: um primeiro grupo composto pelas amostras F1 e F2, um segundo pela amostra F3 e o terceiro pela amostra F4. Observou-se que as formulações 1 e 2 apresentam valor e atribuições similares e possuem atributos com avaliação positiva pelos avaliadores, dentre elas cheiro de castanha, brilhoso, aspecto pastoso e sabor de pasta de amendoim. Já a formulação F3 traz como atributos mais marcantes o sabor de coco e a textura fibrosa. A amostra F4 está associada ao sabor amargo, que pode ser explicado pela maior proporção de hidrolisado proteico, que possui o amargor como sabor residual e consequente o menor desempenho quando avaliado a intenção de compra.

Desse modo, observa-se que o mapa percentual bidimensional é adequado para avaliar as relações entre as amostras/atributos, uma vez que explica grande parte da variabilidade dos dados, com 84,99%, sendo 59,71% no primeiro componente e 25,28% no segundo.

A Análise de Correspondência entre o teste sensorial CATA e a avaliação global, indicou quais os descritores estão correlacionados com as amostras para ambas as análises. Estas relações ajudam a explicar o comportamento dos provadores em relação à análise de intenção de compra. Assim, a indústria de alimentos pode optar por usar o teste sensorial em conjunto com os dados instrumentais, para avaliar a aprovação de atributos em uma determinada amostra, reduzindo assim, o tempo de fabricação e o custo (Souza, Pereira, Gomes & Carneiro, 2011).

## 7 CONCLUSÃO

A caracterização nutricional da torta da semente de melancia dos cultivares “Black”, “Crimson Sweet” e “Híbrido Combat” mostrou um elevado teor de lipídios, cinzas, fibras e proteínas, sendo que, a torta da semente de melancia do cultivar Crimson Sweet se destacou quanto aos teores proteicos, evidenciando seu elevado potencial como fonte vegetal a ser inserida na dieta ou no desenvolvimento de novos produtos.

O óleo de inajá apresentou elevados percentuais de ácidos graxos saturados (65,38%) com destaque para os ácidos graxos, láurico (27,19%), mirístico (17,34%) e palmítico (12,81%).

A otimização para obtenção do hidrolisado protéico utilizando torta da semente de melancia, mostrou que a melhor condição de hidrólise foi obtida com uma concentração enzimática de 1% a 60°C por 120 minutos.

A fração mista do hidrolisado protéico apresentou maior teor de proteína e melhores características tecnológicas.

As formulações com adição de hidrolisado protéico de torta de melancia, pasta de baru e óleo de inajá se enquadram na categoria de alimento com alto teor proteico. Adicionalmente, podem ser consideradas como um alimento de alto potencial energético, fornecendo em 100 gramas cerca de 25% do valor energético diário recomendado.

O consumo das formulações com adição de hidrolisado proteico de torta de melancia, pasta de baru e óleo de inajá podem contribuir com o atendimento das necessidades diárias das vitaminas C e E, sendo classificadas como fonte para ambos minerais.

Os minerais manganês, zinco e ferro destacaram-se nas formulações, sendo que para o ferro o atendimento das necessidades correspondeu a valores entre 60 a 70%.

Os testes sensoriais afetivos mostraram que as formulações necessitam de adequações em relação aos sabor para atendimento das expectativas geradas pela aparência e aroma do produto. O sabor foi o atributo de maior impacto na aceitação do provador e o índice de aceitabilidade indicou que aroma, aparência e cor foram os atributos aprovados pelos provadores, com I.A >70%.

O teste sensorial descritivo mostrou que a formulação com adição de 35% de hidrolisado protéico de torta da semente de melancia promoveu um sabor amargo no produto.

Verifica-se ainda potencial para desenvolvimento de novos produtos com o hidrolisado proteico da torta da semente da melancia, para enriquecimento de alimentos usualmente consumidos ou em formulações com adição de hidrolisado protéico na suplementação para fins especiais, calórico energéticas, como substituto no consumo de proteínas e nutrientes advindos de produtos de origem animal. Ademais, as formulações desenvolvidas mostram-se como uma opção a ser aprimorada e considerada como uma opção de suplemento alimentar.

## REFERÊNCIAS

- ABÍLIO, Gisely Maria Freire et al. Extração, atividade da bromelina e análise de alguns parâmetros químicos em cultivares de abacaxi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 1117-1121, 2009.
- ABREU, D. C. A.; FIGUEIREDO, K. C. DE S. BROMELAIN SEPARATION AND PURIFICATION PROCESSES FROM PINEAPPLE EXTRACT. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 36, n. 2, p. 1029–1039, jun. 2019.
- AKBARI, M.; ESKANDARI, M. H.; DAVOUDI, Z. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 34–40, abr. 2019.
- AOAC. **Association of Official Analytical Chemistry**. Official methods of analysis. 19th ed.
- ARBEX, Alberto Krayyem et al. The impact of the essential fatty acids (EFA) in human health. **Open Journal of Endocrine and Metabolic Diseases**, v. 5, n. 07, p. 98, 2015.
- ASAKURA, Leiko et al. Dietary medium-chain triacylglycerol prevents the postprandial rise of plasma triacylglycerols but induces hypercholesterolemia in primary hypertriglyceridemic subjects. **The American journal of clinical nutrition**, v. 71, n. 3, p. 701-705, 2000.
- ATWATER, W. O.; WOODS, C. D. **Dietary Studies with Reference to the Food of the Negro in Alabama in 1895 and 1896**. US Government Printing Office, 1897.
- BARBI, Rafaela Cristina Turola et al. Subcritical propane extraction of high-quality inajá (*Maximiliana maripa*) pulp oil. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 153, p. 104576, 2019
- BAZSEFIDPAR, N.; AHMADI GAVLIGHI, H.; GHANDEHARI YAZDI, A. P.; JAFARI, S. M. Optimization of protein extraction from brewer's spent grain and production of bioactive peptides. **Biomass Conversion and Biorefinery**, 15 fev. 2023.
- BECKER, Magda Márcia et al. Chemical variability in Amazonian palm fruits: açai (*Euterpe oleracea* Mart.), buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.), and inajá [*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude](*Arecaceae*). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 13, n. 1, p. 67-77, 2018.
- BHANDARI, D. et al. A review on bioactive peptides: Physiological functions, bioavailability and safety. **International Journal of Peptide Research and Therapeutics**, v. 26, p. 139-150, 2020.
- BORRAJO, P. et al. Evaluation of the antioxidant and antimicrobial activities of porcine liver protein hydrolysates obtained using alcalase, bromelain, and papain. **Applied Sciences**, v. 10, n. 7, p. 2290, 2020.



BOROSKI, Marcela et al. Antioxidantes: princípios e métodos analíticos. **Curitiba: Appris**, v. 141, 2015.

BRAIDE, W. O. I. J.; ODIONG, I. J.; ORANUSI, S. Phytochemical and Antibacterial properties of the seed of watermelon (*Citrullus lanatus*). **Prime Journal of Microbiology Research**, v. 2, n. 3, p. 99-104, 2012.

BRASIL, I. L. S. I. Usos e aplicações das “dietary reference intakes” DRIs. São Paulo, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada-RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, RDC Nº 429, de 8 de outubro de 2020. **Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 9 de outubro de 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 dez, 1998. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 16 de novembro de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC), nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR) para proteína, vitaminas e minerais**. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada, RDC Nº 726, DE 1º DE JULHO DE 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos cogumelos comestíveis, dos produtos de frutas e dos produtos vegetais. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: [http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC\\_726\\_2022\\_.pdf/3baf0ed8-a1c3-4b37-ac5e-c57943c2b0c1](http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_726_2022_.pdf/3baf0ed8-a1c3-4b37-ac5e-c57943c2b0c1). Acesso em: 28 jun. 2023.

BUČKO, Sandra et al. Influence of enzymatic hydrolysis on solubility, interfacial and emulsifying properties of pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed protein isolate. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 271-278, 2016.

CAMPOS, L. F.; CAMPOS, A. C. L. Efeito de suplemento nutricional hiperproteico enriquecido com nutrientes neuroprotetores na função cognitiva e na composição corporal de idosos institucionalizados. **BRASPEN Journal**, v. 38, n. 2, p. 160–166, 2023.

CAO, Haiming et al. Identification of a lipokine, a lipid hormone linking adipose tissue to systemic metabolism. **Cell**, v. 134, n. 6, p. 933-944, 2008.

CENTENARO, Graciela Salete et al. Efeito da concentração de enzima e de substrato no grau de hidrólise e nas propriedades funcionais de hidrolisados proteicos de corvina (*Micropogonias furnieri*). **Química nova**, v. 32, p. 1792-1798, 2009.

SCHULZ, M. et al. Composition and potential health effects of dark-colored underutilized Brazilian fruits—A review. **Food Research International**, v. 137, p. 109744, 2020

CHURCH, Frank C. et al. Spectrophotometric assay using o-phthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. **Journal of dairy science**, v. 66, n. 6, p. 1219-1227, 1983.

CONAWAY, H. Herschel; HENNING, Petra; LERNER, Ulf H. Vitamin a metabolism, action, and role in skeletal homeostasis. **Endocrine reviews**, v. 34, n. 6, p. 766-797, 2013.

COSTA, J. M. C. et al. Production and characterization of the cashew apple (*Anacardium Occidentale* L.) and guava (*Psidium Guajava* L.) fruit powders. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 33, p. 299-312, 2009.

DA SILVA, Rui PFF; ROCHA-SANTOS, Teresa AP; DUARTE, Armando C. Supercritical fluid extraction of bioactive compounds. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 76, p. 40-51, 2016.

DALLACOSTA, Marcia et al. Programa Saúde na Escola: desafios e possibilidades para promover saúde na perspectiva da alimentação saudável. **Saúde em Debate**, v. 46, p. 244-260, 2023.

DE CAMPOS SOUZA, Angelica Victoria et al. Análises química e bromatológicas de sementes e de óleo fixo de melancia (*Citrullus lanatus*, cucurbitaceae). **Visão Acadêmica**, v. 20, n. 1, 2019..

DE SÁ FLORÊNCIO, Patrícia Cavalcante. ASPECTOS BIOQUÍMICOS DA VITAMINA A PARA EDUCAÇÃO EM SAÚDE.

DE SOUZA SILVA, Anna Paula et al. Inajá oil processing by-product: A novel source of bioactive catechins and procyanidins from a Brazilian native fruit. **Food Research International**, v. 144, p. 110353, 2021.

DELLA TORRE, Jussara C. de M. et al. Perfil sensorial e aceitação de suco de laranja pasteurizado minimamente processado. **Food Science and Technology**, v. 23, p. 105-111, 2003.

DESHMUKH, Chinmay D.; JAIN, Anurekha; TAMBE, Mukul S. Phytochemical and pharmacological profile of *Citrullus lanatus* (THUNB). **Bioline**, v. 3, n. 2, p. 483-488, 2015.

DIAKOIANNAKI, Eleftheria et al. Mechanisms involved in the cytotoxic and cytoprotective actions of saturated versus monounsaturated long-chain fatty acids in pancreatic  $\beta$ -cells. **Journal of Endocrinology**, v. 194, n. 2, p. 283-291, 2007.

DIAS, RCS; REZENDE, G. M. Embrapa—sistema de Produção da melancia. **Embrapa semiárido. Sistemas de produção. Versão eletrônica. Ago/2010. Disponível em<**

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia.htm>>. Acesso em, v. 25, 2010.

DINIZ, Alcides da Silva. Combate à deficiência de vitamina A: linhas de ação e perspectivas. **Revista Brasileira de Saúde materno Infantil**, v. 1, p. 31-36, 2023.

DOS SANTOS, A.F. et al. Peptidases em Biotecnologia: Produção, Aplicações e Mercado. *Biotecnologia Aplicada à Agro & Indústria: Fundamentos e Aplicações*. São Paulo: Editora Blücher, v. 1.

DOS SANTOS, Anderson Fragoso et al. Peptidases em Biotecnologia: Produção, Aplicações e Mercado. **Biotecnologia Aplicada à Agro & Indústria: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Editora Blücher, v. 1.

EMBRAPA – Sistema de Produção de Melancia / Rita de Cássia Souza Dias; Geraldo Milanez de Rezende. Embrapa Semiárido. *Sistemas de Produção*, 6. Ago/2010. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/socioeconomia.htm> Acesso em: 15/12/2016.

FADIMU, Gbemisola J. et al. Ultrasound-assisted process for optimal recovery of phenolic compounds from watermelon (*Citrullus lanatus*) seed and peel. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 14, p. 1784-1793, 2020.

FERREIRA, Ana Carolina Muniz et al. ÓLEO DA AMÊNDOA DE BARU (*Dipteryx alata* vog.) POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO. 2023.

FREITAS, J. B.; FERNANDES, D. C.; CZEDER, L. P.; LIMA, J. C. R.; SOUSA, A. G. O.; NAVES, M. M. V. Edible Seeds and Nuts Grown in Brazil as Sources of Protein for Human Nutrition. **Food and Nutrition Sciences**, v. 03, n. 06, p. 857–862, 2012

GARBACZ, Katarzyna et al. Recent Trends in the Application of Oilseed-Derived Protein Hydrolysates as Functional Foods. **Foods**, v. 12, n. 20, p. 3861, 2023.

GRANATO, D. et al. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. **Annual review of food science and technology**, v. 11, p. 93-118, 2020

GUTIERREZ-VERDE, Diana E. et al. Efectos de la fibra dietética en la reducción de factores de riesgo cardiovasculares asociados a la obesidad. **Revista Médica de Trujillo**, v. 16, n. 2, 2021.

HALIM, Nura Ruhaya A.; SARBON, Norizah Mhd. A response surface approach on hydrolysis condition of eel (*Monopterus* Sp.) protein hydrolysate with antioxidant activity. **International Food Research Journal**, v. 24, n. 3, 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Amazônia legal*, 2014

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e> Acesso em: 2 de jun. 2020.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** (2019). Disponível em< [https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/estudos\\_ambientais/biomas/mapas/biomas\\_e\\_sistema\\_costeiro\\_marinho\\_250mil.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/biomas_e_sistema_costeiro_marinho_250mil.pdf)> Acesso em: 20 de outubro de 2023.

LUTZ–OAL, Onstituto Adolfo. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. **São Paulo: OAL**, 2008.

JIMOH, Tajudeen O. et al. Phenolic extracts and amino acids content from *Cucumeropsis mannii* naudin and *Citrullus lanatus* inhibit relevant enzymes of erectile dysfunction in rat's penile tissue. **Biochemistry and biophysics reports**, v. 12, p. 5, 2017.

JIN, Feng et al. Limited hydrolysis of dehulled walnut (*Juglans regia* L.) proteins using trypsin: Functional properties and structural characteristics. **Lwt**, v. 133, p. 110035, 2020.

JOSHI, Shashank et al. Coconut Oil and Immunity: What do we really know about it so far. **J. Assoc. Physicians India**, v. 68, n. 7, p. 67-72, 2020.

KATZ, Joanne et al. Night blindness is prevalent during pregnancy and lactation in rural Nepal. **The Journal of nutrition**, v. 125, n. 8, p. 2122-2127, 1995.

KENNEDY, Adam D.; DELEO, Frank R. Neutrophil apoptosis and the resolution of infection. **Immunologic research**, v. 43, p. 25-61, 2009.

KERKSICK, Chad M. et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. **Journal of the international society of sports nutrition**, v. 15, n. 1, p. 38, 2018.

LEE, Ga Young; HAN, Sung Nim. The role of vitamin E in immunity. **Nutrients**, v. 10, n. 11, p. 1614, 2018.

LEHNINGER, A. L. et al. FAR01094-BIOQUÍMICA BÁSICA Ementa. **PROJETO PEDAGÓGICO DE CURSO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**, p. 69, 2016.

LEWIS, Erin Diane; MEYDANI, Simin Nikbin; WU, Dayong. Regulatory role of vitamin E in the immune system and inflammation. **IUBMB life**, v. 71, n. 4, p. 487-494, 2019.

LIU, Lei; XI, Jun. Mechanochemical-assisted extraction of protein from watermelon seeds with surfactant. **Lwt**, v. 142, p. 111025, 2021.

LORENZO, J. M. et al. Bioactive peptides as natural antioxidants in food products—A review. **Trends in food science & technology**, v. 79, p. 136-147, 2018.

LOTTENBERG, Ana Maria Pita. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 53, p. 595-607, 2009.

LU, K. et al. Association between serum iron, blood lead, cadmium, mercury, selenium, manganese and low cognitive performance in old adults from National Health and Nutrition

Examination Survey (NHANES): a cross-sectional study. **British Journal of Nutrition**, p. 1-11, 2023.

MANNHEIM, Adie; CHERYAN, Munir. Enzyme-modified proteins from corn gluten meal: preparation and functional properties. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 69, p. 1163-1169, 1992.

MARCELINO, Gabriela et al. Effects of olive oil and its minor components on cardiovascular diseases, inflammation, and gut microbiota. **Nutrients**, v. 11, n. 8, p. 1826, 2019.

MARINEA, Marina et al. Soy protein pressed gels: gelation mechanism affects the in vitro proteolysis and bioaccessibility of added phenolic acids. **Foods**, v. 10, n. 1, p. 154, 2021.

MARTIN, Clayton Antunes et al. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 19, p. 761-770, 2006.

MARTINOVICH, Maximiliano Gabriel; DE AMORIM CRUZ, Michele Ferro. Análise entre os ácidos graxos insaturados e ácidos graxos saturados na saúde cardiovascular e perfil lipídico. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 12, p. e147121244123-e147121244123, 2023.

MARTINS, Vilásia Guimarães. Obtenção de um hidrogel proveniente de proteínas da corvina (micropogonias furnieri) e solubilização das proteínas fibrosas residuais. 2009.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; et al. *Nutrição Animal* 3.ed. São Paulo: Livraria Freitas Bastos S.A. 1984. 756p

MENDONÇA, Andreza Pereira et al. Extração de óleo de andiroba por prensa: rendimento e qualidade de óleo de sementes submetidas a diferentes teores de água e temperaturas de secagem. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 125, 2020.

MILALA, M. A.; LUTHER, A.; BURAH, B. Nutritional comparison of processed and unprocessed *Citrillus lanatus* (watermelon) seeds for possible use in feed formulation. **American Journal of Food and Nutrition**, v. 6, n. 2, p. 33-36, 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil) Portal da Secretaria de Atenção à Saúde. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://aps.saude.gov.br/ape/pcan/desnutricao> acesso em: 09 de out de 2021.

MIRA, G.S.; GRAF, H.; CÂNDIDO, L.M.B. Visão retrospectiva em fibras alimentares com ênfase em beta-glucanas no tratamento do diabetes. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 45, p. 11-20, 2009.

MORGAN, Noel G.; DHAYAL, Shaline. Unsaturated fatty acids as cytoprotective agents in the pancreatic  $\beta$ -cell. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA)**, v. 82, n. 4-6, p. 231-236, 2010.

MUTHUKUMARAPPAN, K.; KNOERZER, K. **Innovative Food Processing Technologies: A Comprehensive Review**. 2020.

NASRI, Moncef. Protein hydrolysates and biopeptides: Production, biological activities, and applications in foods and health benefits. A review. **Advances in food and nutrition research**, v. 81, p. 109-159, 2017..

NELSON, David L. COX, Michael M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger. 6. ed.** Porto Alegre: Artmed, 2014.

NICHELE, G. P.; MELLO, de F. R. Bromatologia. São Paulo: Sagah Educação, 2018.

NYAM, Kar Lin et al. Physicochemical properties of Kalahari melon seed oil following extractions using solvent and aqueous enzymatic methods. **International journal of food science & technology**, v. 44, n. 4, p. 694-701, 2009.

PACHECO, A. F. C.; PEREIRA, G. Z.; NALON, G. A.; GUSMÃO, J. V. F.; PACHECO, F. C.; PAIVA, P. H. C.; LEITE JUNIOR, B. R. DE C. Atividades técnico-funcionais de hidrolisados derivados de proteínas vegetais. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 8, n. 11, p. 15099–01e, 2022.

PEREIRA, J. C. Nutrição e alimentação, parte específica, sais minerais (macro e microelementos). **Boletim do Criadouro Campo das Caviúnas**, Cruzeiro, v. 1, n. 18, p. 1-27, 2005.

PEREIRA, Solange Mota. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA MANGA NA FORMULAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS ALIMENTÍCIOS.

PÉREZ, Ana G. et al. Rapid determination of sugars, nonvolatile acids, and ascorbic acid in strawberry and other fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 9, p. 3545-3549, 1997.

PETERSEN, D.; DAMBMANN, C. Improved method for determining food protein degree of hydrolysis. **Journal of food science**, v. 66, n. 5, p. 642-646, 2001.

PICKERING, Gisèle et al. Magnesium status and stress: the vicious circle concept revisited. **Nutrients**, v. 12, n. 12, p. 3672, 2020.

PIGA, Antonio et al. Changes in ascorbic acid, polyphenol content and antioxidant activity in minimally processed cactus pear fruits. **LWT-Food Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 257-262, 2003.

POLMANN, G.; BADIA, V.; DANIELSKI, R.; FERREIRA, S. R. S.; BLOCK, J. M. Non-conventional nuts: An overview of reported composition and bioactivity and new approaches for its consumption and valorization of co-products. **Future Foods**, v. 4, n. October, p. 100099, dez. 2021.

PRIMO, Maísa Guimarães Silva et al. Vitamina E: papel na modulação do sistema imune e na COVID-19. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 9, p. e8640-e8640, 2021.

QI, N. et al. Isolation and characterization of a novel hydrolase-producing probiotic *Bacillus licheniformis* and its application in the fermentation of soybean meal. **Frontiers in Nutrition**, v. 10, p. 1123422, 2023.

QIN, Danyang et al. Optimization of protein extraction from watermelon seeds by liquid-phase pulsed discharge based on energy input for scale-up application. **LWT**, v. 152, p. 112355, 2021.

RIOUX, Vincent; LEMARCHAL, Philippe; LEGRAND, Philippe. Myristic acid, unlike palmitic acid, is rapidly metabolized in cultured rat hepatocytes. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 11, n. 4, p. 198-207, 2000.

ROCHA, Elizabeth de Fátima Lopes da et al. Perspectivas para utilização de *Dipteryx alata* Vogel (Fabaceae) na saúde humana. 2022.

RODRIGUES, I.J.P. EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO PERFIL CROMATOGRÁFICO DOS ÓLEOS DO MESOCARPO E DA AMÊNDOA DO FRUTO INAJÁ (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart., *Arecaceae*). 2019.

RUFINO, M. S. M. et al. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, v. 114, n. 2, p. 693-695, 2009.

SALES, A.E.S.S et al. O papel da arginina e glutamina na imunomodulação em pacientes queimados-revisão de literatura. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 14, n. 4, p. 295-299, 2015.

SANTOS, A. et al. A importância do potássio e da alimentação na regulação da pressão arterial. 2018.

SANTOS, Sêmele Silva et al. Produção de Proteína e Óleo Láurico à Partir da Bioconversão de Resíduos Agropecuário pelas Larvas da *Hermetia illucens*. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 4, p. 959-968, 2021.

SARTORI, A. G. DE O.; MACHADO, M. C.; BASTOS, D. H. M.; ALENCAR, S. M. DE; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Water-extracted Brazil nut co-products: nutritional value and estimation of nutrient losses during processing. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 14, n. 4, p. 1919–1925, 9 ago. 2020.

SATHIVEL, Subramaniam et al. Functional and nutritional properties of red salmon (*Oncorhynchus nerka*) enzymatic hydrolysates. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 6, p. c401-c406, 2005.

SILVA, Leirson Rodrigues. Propriedades físico-químicas e perfil dos ácidos graxos do óleo da andiroba. **Nativa**, v. 6, n. 2, p. 147-152, 2018.

SOUSA, Gabriela Silva et al. Avaliação da relação entre a cor e degradação da vitamina C em suco de laranja. **Conjecturas**, v. 22, n. 9, p. 374-381, 2022.

SOUZA, A. L. G. DE; FERREIRA, M. C. R.; CORRÊA, N. C. F.; SANTOS, O. V. DOS. Aproveitamento dos resíduos de extração de óleo da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em produtos alimentícios ricos em proteínas, lipídios e fibras. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 7, n. 4, p. 21–30, 2016.

SPRANGHERS, Thomas et al. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 235, p. 33-42, 2018.

SUH, Hyung-Joo et al. Purification and characterization of bromelain isolated from pineapple. **Applied Biological Chemistry**, v. 35, n. 4, p. 300-307, 1992.

TABIRI, Betty et al. Watermelon seeds as food: Nutrient composition, phytochemicals and antioxidant activity. 2016.

DE MATOS TEIXEIRA, Henrique et al. Propriedades energéticas do endocarpo de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72110-72119, 2020.

TKACZEWSKA, J. Peptides and protein hydrolysates as food preservatives and bioactive components of edible films and coatings-A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 106, p. 298-311, 2020.

VAN BENNEKUM, Ariëtte M. et al. Hydrolysis of retinyl esters by pancreatic triglyceride lipase. **Biochemistry**, v. 39, n. 16, p. 4900-4906, 2000.

VIEIRA, R. F. et al. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

VINHAS, A.S.S. Uma revisão das atividades biológicas de sementes de *Citrullus Lanatus* (Cucurbitaceae). 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. [sn].

WANG, L. et al. Analysis of reducing sugars, organic acids and minerals in 15 cultivars of jujube (*Ziziphus jujuba* mill.) fruits in China. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 73, p. 10-16, 2018.

WHIGHAM, Leah D.; WATRAS, Abigail C.; SCHOELLER, Dale A. Efficacy of conjugated linoleic acid for reducing fat mass: a meta-analysis in humans. **The American journal of clinical nutrition**, v. 85, n. 5, p. 1203-1211, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. Guideline: potassium intake for adults and children. World Health Organization, 2012.

YAHIA, Elhadi M.; CONTRERAS-PADILLA, Margarita; GONZALEZ-AGUILAR, Gustavo. Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. **LWT-Food Science and Technology**, v. 34, n. 7, p. 452-457, 2001.



YODOYA, Shinya et al. Immobilization of bromelain onto porous copoly ( $\gamma$ -methyl-L-glutamate/L-leucine) beads. **European Polymer Journal**, v. 39, n. 1, p. 173-180, 2003.

ZAHID, Hafza Fasiha et al. In vitro bioaccessibility of phenolic compounds and alpha-glucosidase inhibition activity in yoghurts enriched with mango peel powder. **Food Bioscience**, v. 50, p. 102011, 2022.

ZAMBIAZI, Rui Carlos. Análise Físico Química de Alimentos. **Pelotas: Editora Universitária/UFPEL**, v. 1, p. 202, 2010.