



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA EM TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

BRUNA MELLO SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BEBIDA EM PÓ ENRIQUECIDA COM
HIDROLISADO PROTEICO DE AMÊNDOAS DE BARU (*Dipteryx alata* Vog)**

**Palmas, TO
2024**

Bruna Mello Silva

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BEBIDA EM PÓ ENRIQUECIDA COM
HIDROLISADO PROTEICO DE AMÊNDOAS DE BARU (*Dipteryx alata Vog*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Mestra em Ciência em Tecnologia de Alimentos

Orientador (a): Prof. Dr. Abraham Damian Giraldo Zuniga

Coorientador(a): Prof^a. Dra. Caroline Roberta Freitas Pires

**Palmas, TO
2024**

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

- S586d Silva, Bruna Mello.
DESENVOLVIMENTO DE UMA BEBIDA EM PÓ ENRIQUECIDA COM
HIDROLISADO PROTEICO DE AMÊNDOAS DE BARU (*Dipteryx alata* Vog). /
Bruna Mello Silva. – Palmas, TO, 2024.
82 f.
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2024.
Orientador: Prof. Dr. Abraham Damian Giraldo Zuniga
Coorientadora : Prof. Dra. Caroline Roberta Freitas Pires
1. Composição nutricional. 2. Hidrólise enzimática. 3. Propriedades
funcionais. 4. Aminoácidos. 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).**

Bruna Mello Silva

Desenvolvimento de uma bebida em pó enriquecida com hidrolisado proteico de amêndoas de baru (*Dipteryx alata Vog*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência em Tecnologia de Alimentos Foi avaliado para a obtenção do título de Mestra em Ciência em Tecnologia de Alimentos e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 01/02/2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Abraham Damian Giraldo Zuñiga (UFT)

Prof. Dra. Clarissa Damiani (UFT)

Prof. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes (USP)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, cuja graça e orientação foram minha força constante durante esta jornada.

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Dr. Abraham Damian Giraldo Zuniga e a Coorientadora Prof^a. Dra. Caroline Roberta Freitas Pires, pela sabedoria, paciência, conhecimento e dedicação, que foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa. Gostaria de expressar minha profunda gratidão a vocês que me orientaram durante a realização deste trabalho.

À minha família, agradeço pelo amor incondicional e pelo apoio constante que foram a minha rocha durante todo este processo. Este trabalho é um testemunho da bondade de Deus e do esforço coletivo de todos vocês.

Agradeço também aos meus colegas e amigos, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e contribuindo para a minha formação acadêmica e pessoal.

Obrigado a todos.

RESUMO

O Brasil possui inúmeras frutas e amêndoas nativas com grande potencial nutricional e econômico, no entanto ainda pouco exploradas pela população. Essas amêndoas são grandes fontes alternativas de nutrientes para a dieta humana, podendo ser utilizadas na agregação de valor e no desenvolvimento de novos produtos. Assim, visando o aproveitamento dos frutos do cerrado, bem como sua viabilidade de utilização no desenvolvimento de produtos alimentícios, este projeto tem como objetivo geral desenvolver uma mistura em pó à base da torta da amêndoa do baru e avaliar as suas características nutricionais. Para isso, adotou-se um delineamento composto central rotacional (DCCR) avaliando influência das variáveis independentes (tempo, temperatura e concentração enzimática) sobre o grau de hidrólise e o potencial antioxidante para a escolha da melhor condição para obtenção do hidrolisado proteico. As reações de hidrólise foram realizadas com o emprego da enzima comercial bromelina. Analisou-se a composição centesimal e físico-química, além das propriedades tecnológicas (molhabilidade, solubilidade em água, índice de absorção de água, capacidade de absorção de óleo e de cor do hidrolisado proteico da torta da amêndoa do baru e das misturas em pó à base da torta da amêndoa visando o seu enriquecimento nutricional. Foram elaboradas quatro formulações de misturas para formulação das bebidas, sendo uma controle e as demais adicionadas com diferentes concentrações do hidrolisado proteico F1 (5%); F2 (10%); F3 (15%). O estudo da vida de prateleira da mistura em pó com adição do hidrolisado proteico acondicionadas em embalagens de polietileno laminada, polipropileno e vidro, foi avaliada mediante análises de TBARS, índice de peróxido, acidez titulável, pH, Atividade de água (A_w) e colorimetria. Os resultados obtidos revelaram que a torta da amêndoa do baru é rica em lipídios (22,90 g 100 g⁻¹) e proteínas (39,99 g 100 g⁻¹). O percentual de grau de hidrólise (% GH) variou entre 0,06 a 21,08% no DCCR. O ensaio que apresentou maior valor de grau de hidrólise foi o ensaio 8 (120 min, 60 °C e 1 % para a enzima/substrato [E/S]). A análise de variância mostrou que o tempo de hidrólise foi o fator que exerceu maior influência nos percentuais de grau de hidrólise, sendo que maiores tempos repercutiram em maiores %GH. A fração mista do hidrolisado proteico apresentou melhores resultados físico-químicos, de aminoácidos e sobre as propriedades tecnológicas estudadas. As bebidas adicionadas com diferentes concentrações do hidrolisado proteico obtiveram boa estabilidade oxidativa durante os 60 dias de armazenamento, mostrando que as embalagens testadas cumprem o papel de proteger as amostras de fatores extrínsecos pro-oxidantes, como luz e oxigênio. A elaboração do

hidrolisado proteico oriundo da torta das amêndoas do baru, mostraram elevado potencial industrial e tecnológico, podendo ser elaborado diversos produtos alimentícios.

Palavras-chaves: Composição nutricional; Hidrólise enzimática; Propriedades funcionais; Aminoácidos.

ABSTRACT

Brazil has countless native fruits and almonds with excellent nutritional and economic potential; however, they are still little explored by the population. These almonds are great alternative sources of nutrients for the human diet and can be used to add value and develop new products. Thus, aiming to make use of the fruits of the Cerrado, as well as their viability for use in the development of food products, this project's general objective is to develop a powdered mixture based on almonds from the baru almond and evaluate its nutritional characteristics. Four drink mix formulations were prepared, one being Control and the others added with different concentrations of the protein hydrolyzate F1 (5%), F2 (10%); F3 (15%). The hydrolysis reactions were carried out using the commercial enzyme bromelain. For this, a central rotational composite design (DCCR) was adopted, evaluating the influence of independent variables (time, temperature, and enzyme concentration) on the degree of hydrolysis and antioxidant potential. The proximate and physical-chemical composition was analyzed, in addition to the technological properties (wetting, solubility in water, water absorption index, oil absorption capacity, and color of the baru almond protein hydrolyzate and powder mixtures based on the almond aiming at its nutritional enrichment. The study of the shelf life of the powdered mixture with the addition of protein hydrolyzate in laminated polyethylene, polypropylene, and glass packaging was evaluated using TBARS analysis, peroxide index, titratable acidity, pH, activity of water (a_w), and colorimetry. The results obtained revealed that the baru almond cake is rich in lipids ($22.90 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) and proteins ($39.99 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) of hydrolysis (% GH) varied between 0.06 and 21.08% in the DCCR. The tests that presented the highest values of degree of hydrolysis were tests 8 and 14 (120 and 80 min, 60 and 50 °C, and 1 and 1, 17% for the enzyme/substrate [E/S]). The analysis of variance showed that the hydrolysis time was the factor that exerted the most significant influence on the percentages of degree of hydrolysis, with longer times resulting in higher %GH. The study revealed that the preparation of protein hydrolyzate from baru pie almonds, and consequently the drink based on this hydrolyzate, can become a good alternative for valuing this fruit. On the other hand, the analysis of the fractions demonstrated that the mixed fraction (soluble + insoluble) was the one that presented the best physicochemical results, amino acids, and the technological properties studied. The mixed fraction, in turn, was subjected to shelf life and achieved good stability during 60 days of storage, demonstrating that the tested packaging fulfills the role of protecting samples from extrinsic pro-oxidizing factors, such as light and oxygen. Therefore, analyses of protein

hydrolysates from baru almonds demonstrated high industrial and technological potential, with the possibility of producing several food products with the addition of this hydrolyzate.

Key-words: Nutritional composition; Enzymatic hydrolysis; Functional properties. Amino acids.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Superfícies de resposta geradas pelo Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para a variável dependente grau de hidrólise: (A) – tempo e temperatura em relação ao grau de hidrólise (B) – tempo e concentração enzimática em relação ao grau de hidrólise.....	41
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para três variáveis independentes na hidrólise da torta da amêndoa do baru com a enzima Bromelina®.....	28
Tabela 2. Formulações das misturas em pó a base de baru com a adição de diferentes concentrações de hidrolisado proteico para o preparo de bebidas.....	32
Tabela 3. Composição nutricional da torta da amêndoa do baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog)	36
Tabela 4. Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para três variáveis independentes na hidrólise da torta da amêndoa do baru com a enzima Bromelina® para a variável dependente grau de hidrólise (% GH) e potencial antioxidante por DPPH.....	39
Tabela 5. Análise de variância ANOVA com interação para a avaliação da variável dependente grau de hidrólise.....	40
Tabela 6. Dados do rendimento da fração solúvel, fração insolúvel (precipitado sólido) e fração mista (solúvel e insolúvel) do hidrolisado proteico de torta da amêndoa de baru na proporção 1:15 (g torta da amêndoa do baru mL ⁻¹ água)	42
Tabela 7. Valores médios dos teores de umidade, cinzas, proteínas e lipídios das frações do hidrolisado de torta da amêndoa de baru.....	43
Tabela 8. Composição total de aminoácidos dos hidrolisados proteicos das frações solúveis e mistas à base de amêndoa do baru e do padrão recomendado pela FAO/WHO/UNU (2007)	45
Tabela 9. Propriedades tecnológicas das frações do hidrolisado proteico da torta da amêndoa do baru.....	48
Tabela 10. Composição nutricional das formulações das bebidas em pó da amêndoa do baru.....	50
Tabela 11. Conteúdo de minerais das formulações de bebidas em pó da amêndoa de baru..	52
Tabela 12. Propriedades tecnológicas de solubilidade (s), Índice de absorção em água (IAA%) e índice de absorção de óleo (IAO%) das formulações de bebidas em pó da amêndoa de baru.....	54

Tabela 13. Análise colorimétrica das formulações de bebidas em pó da amêndoa do baru.....	55
Tabela 14. Análise colorimétrica das formulações de bebidas em pó da amêndoa do baru diluídas em água.....	56
Tabela 15. Resultados médios de produção de malonaldeído (MDA) das misturas acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.....	57
Tabela 16. Resultados médios da acidez titulável das misturas acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.....	58
Tabela 17. Resultados médios do pH das misturas acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.....	59
Tabela 18. Resultados médios da atividade de água (a_w) das misturas acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.....	60
Tabela 19. Valores médios da análise colorimétrica durante o armazenamento em embalagem polietileno laminado, embalagem polipropileno e vidro durante 60 dias.....	61

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	OBJETIVOS	17
2.1.	Objetivo geral	17
2.2.	Objetivos específicos	17
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1.	O bioma amazônico	18
3.2.	Amêndoa do baru (<i>Dipteryx alata</i>)	19
3.3.	Hidrolisado proteico	22
3.4.	Desenvolvimento de novos produtos (DNP)	23
3.5.	Bebidas instantâneas em pó	24
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1.	Obtenção da matéria prima	27
4.2.	Processamento da matéria prima e obtenção da farinha desengordurada	27
4.3.	Composição nutricional da amêndoa e torta do baru	27
4.4.	Obtenção do hidrolisado proteico da torta da amêndoa de baru	28
4.5.	Variáveis respostas para a obtenção dos hidrolisados proteico da torta da amêndoa de baru	30
4.5.1.	Determinação do grau de hidrólise (%GH)	30
4.6.	Análise do rendimento, composição nutricional e tecnológica das frações dos hidrolisados	30
4.6.1.	Formulação das misturas em pó com adição de hidrolisado proteico.....	30
4.6.2.	Composição nutricional das frações do hidrolisado.....	30
4.6.3.	Índice de absorção de água.....	30
4.6.4.	Índice de absorção de óleo.....	31
4.6.5.	Solubilidade em água.....	31
4.6.6.	Atividade emulsificante.....	32
4.6.7.	Capacidade de formação de espuma.....	32
4.6.8.	Perfil de aminoácidos.....	32
4.7.	Mistura em pó com adição de hidrolisado proteico para elaboração de bebida	33
4.7.1.	Formulação das misturas em pó com adição de hidrolisado proteico.....	33
4.8.	Variáveis respostas das misturas em pó com diferentes concentrações de hidrolisado proteico	34

4.8.1.	Composição físico-química das formulações das misturas em pó.....	34
4.8.2.	Perfil de minerais.....	34
4.8.3.	Análises tecnológicas e funcionais das formulações das misturas em pó.....	34
4.8.4.	Análise colorimétrica.....	34
4.9	Avaliação da estabilidade oxidativa da mistura em pó com adição de hidrolisado proteico a fração mista.....	35
4.9.1.	Análise de reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	35
4.9.2.	Índice de acidez titulável.....	35
4.9.3.	Determinação do pH	35
4.9.4.	Atividade de água (<i>aw</i>)	36
4.9.5.	Análise colorimétrica.....	36
4.10.	Análise estatística.....	36
5.	RESULTADOS E DICUSSÕES.....	37
5.1.	Composição nutricional.....	37
5.2.	Otimização da obtenção do hidrolisado proteico	40
5.3.	Composição nutricional dos produtos formulados.....	43
5.3.1.	Rendimento das frações dos hidrolisados.....	43
5.3.2.	Composição nutricional das frações do hidrolisado.....	44
5.3.3.	Perfil de aminoácidos.....	45
5.3.4.	Propriedades tecnológicas das frações do hidrolisado.....	48
5.4.	Elaboração da mistura em pó para elaboração de bebidas e análises.....	50
5.4.1.	Composição nutricional das misturas em pó para elaboração de bebida.....	50
5.4.2.	Perfil de minerais.....	52
5.4.3.	Propriedades tecnológicas.....	54
5.4.4.	Análises colorimétricas.....	56
5.5.	Avaliação da estabilidade oxidativa da mistura em pó elaborada com hidrolisado proteico.....	57
6.	CONCLUSÕES.....	63
	REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

O bioma Amazônia e o Cerrado é caracterizado pela grande diversidade de sua flora, o que representa aproximadamente 70 % do território brasileiro. Apresenta aspecto sazonal, marcado pelas variações climáticas definidas ao longo do ano, em clima quente e semiúmido (Morais et al., 2022). Muitas espécies de sua flora se destacam pelo grande potencial econômico e nutricional, embora apresente uma enorme variedade de frutas e castanhas, poucas espécies da Amazônia são consumidas ou comercializadas fora da região da qual são coletadas, demonstrando assim haver uma deficiência na disseminação de informações referentes aos frutos e castanhas da Amazônia (Caldas; Pigozzi; Mendes, 2018; Moraes et al., 2024).

Algumas espécies frutíferas da Amazônia são reconhecidas por possuírem altos valores nutritivos, sendo superiores a valores encontrados em espécies cultivadas tradicionalmente e de grande comercialização, nesse contexto destaca-se a oleaginosa Baru (*Dipteryx alata* Vog.) como uma das fontes vegetais mais ricas em vitamina E (Aracava et al., 2022), minerais e fibras dietéticas (Santiago et al., 2018; Polmann et al., 2021; Silva et al., 2022), além de apresentar valores significativos de compostos bioativos e elevado potencial antioxidante (Borges et al., 2014; Oliveira et al., 2020; Alves et al., 2021; Coco et al., 2022). A amêndoa do baru é classificada como um fruto do tipo drupa, possui polpa fibrosa com centro endurecido contendo uma única semente comestível. O perfil nutricional da castanha de baru torrada é conhecido por esta semente conter alto teor de proteínas (29,52 – 30,20 g 100 g⁻¹) e lipídios (38,21 – 41,90 g 100 g⁻¹), predominantemente ácidos graxos insaturados, como os ácidos oléico e linoléico (Oliveira et al., 2020; Schincaglia et al., 2020; Campidelli et al., 2022).

A hidrólise proteica é uma tecnologia desenvolvida com o objetivo de agregar valor, funcionalidade e ampliar a utilização de matérias-primas nativas. Através desse processo, é possível modificar as propriedades químicas, físicas e biológicas das proteínas, sendo que a utilização de enzimas como agentes de modificação de propriedades funcionais de proteínas tem se difundido bastante na indústria de alimentos (Matos et al., 2019). A proteína hidrolisada pode ser convertida em ingredientes a ser incorporados em alimentos processados, como um realçador de sabor, ingrediente funcional ou um suplemento para alimentos com baixa qualidade proteica ou para fórmulas balanceadas para atletas ou indivíduos que não podem digerir a proteína intacta, desta forma, a disponibilidade de produtos nutricionalmente equilibrados, utilizando hidrolisados proteicos, pode fornecer importante aporte proteico em dietas alimentares (Zamora et al., 2018).

Além da qualidade nutricional e sensorial dos hidrolisados proteicos, também é crescente a demanda por alimentos com armazenamento simples e consumo prático. Diante disso, a secagem é uma técnica utilizada há muitos anos para retirar a água dos alimentos, sendo um importante processo de conservação dos mesmos (Santos *et al.*, 2020). Nesse contexto, bebidas em pó podem apresentar vantagens em relação aos produtos líquidos, com redução de volume e peso, embalagem reduzida, facilidade de manuseio e transporte, além de maior vida útil e de fácil reconstituição (Fontes *et al.*, 2014). Logo, a utilização dos alimentos para a promoção do bem estar e saúde e, ao mesmo tempo, como redutor dos riscos de algumas doenças, tem incentivado as pesquisas de novos componentes naturais e o desenvolvimento de ingredientes, possibilitando a inovação em produtos alimentícios e a criação de novos nichos de mercado, a exemplo do baru (*Dipteryx alata* Vog) que vem sendo explorado para o uso sustentável na obtenção de produtos proteicos, nutritivos e com propriedades medicinais (Alves *et al.*, 2021; Coco *et al.*, 2022; Villaño *et al.*, 2022; Hassoun *et al.*, 2022).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Otimizar a obtenção do hidrolisado proteico da torta da amêndoa do baru e utilizá-lo no enriquecimento nutricional de uma mistura em pó para elaboração de uma bebida.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer a caracterização físico-química da amêndoa e da torta do baru;
- Avaliar o efeito do tempo, temperatura e concentração enzimática da bromelina na hidrólise proteica da torta da amêndoa do baru;
- Determinar o percentual de grau de hidrólise dos hidrolisados;
- Avaliar as características físico-químicas e tecnológicas das frações do hidrolisado com maior percentual de grau de hidrólise;
- Elaborar formulações de mistura em pó com diferentes concentrações do hidrolisado proteico;
- Avaliar as características físico-químicas das bebidas obtidas;
- Analisar a atividade antioxidante das bebidas formuladas;
- Avaliar o perfil de aminoácidos da bebida com as melhores características nutricionais;
- Avaliar a estabilidade oxidativa da melhor formulação durante 60 dias.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. O bioma Amazônico

A Amazônia, é um bioma singular, sendo uma parte fundamental da biodiversidade ambiental do Brasil, abrange aproximadamente 50 % do território nacional, e estende-se por diversos estados, abrangendo os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Maranhão e Tocantins, além de porções menores em outros estados (Brasil, 2019). No entanto, a Amazônia não está imune aos desafios ambientais, especialmente o desmatamento, que continua a ameaçar sua biodiversidade (Dutra *et al.*, 2020; Morais *et al.*, 2022). Apesar de toda a variação de ambientes, espécies de animais e plantas, ultimamente têm-se estudado a redução da área da Amazônia, e o avanço de áreas de pastagens e de monoculturas, colocando em risco as espécies nativas. Com estes avanços diversas espécies foram extintas e tantas outras correm o risco de extinção, causando prejuízos inestimáveis à diversos setores, como o agrícola, alimentício e farmacêutico (Reis; Schmiele, 2019).

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente, em 2023 os números de desmatamento na Amazônia alertam para a urgência de ações sustentáveis, que visem a diminuição deste problema, ou a mitigação de seus impactos, visto que este bioma vem registrando recordes de desmatamento. No entanto, apesar da considerável queda notada nos índices do ano de 2023, o desmatamento deste ano ainda é o sexto maior em 16 anos, desde 2008, quando o instituto de pesquisa implantou seu monitoramento por satélite (Brasil, 2023). Embora haja uma conscientização crescente sobre a importância desse bioma, as taxas de desmatamento ainda são alarmantes. A degradação ambiental impacta não apenas a fauna e flora locais, mas também compromete ecossistêmicos cruciais, como regulação climática e conservação de recursos hídricos (Reid *et al.*, 2019).

De acordo com Souza e Naves (2016), uma das principais características do bioma Amazônico é a sua sazonalidade, com um período chuvoso compreendido entre os meses de outubro e março, seguido por um período de seca de abril a setembro. Em virtude dessa característica, a flora nativa desenvolveu adaptações biológicas para enfrentar condições adversas, como a exposição ao sol intenso, incêndios e outras variações. Essas adaptações visam proteger as plantas contra condições estressantes, impedindo que tais situações comprometam a sobrevivência das espécies (Dias, 2015).

O bioma Amazônia abriga diversas populações, incluindo comunidades indígenas, quilombolas e ribeirinhas, que dependem dos recursos naturais locais para sua subsistência.

Além de constituírem parte integral do patrimônio histórico e cultural brasileiro, essas populações detêm conhecimentos tradicionais sobre a biodiversidade do bioma (Barbosa *et al.*, 2020). Os frutos da Amazônia, como pequi, baru, buriti, pracaxi, buritirana e açai, desempenham um papel crucial na cultura e economia locais. Logo, o aproveitamento dos frutos nativos do bioma amazônico destaca-se como uma estratégia sustentável para promover a conservação (Ribeiro; Rodrigues, 2006).

Esses frutos não apenas oferecem opções alimentares nutritivas e saborosas, mas também representam uma alternativa economicamente viável para as comunidades locais. Dessa forma, projetos de valorização e comercialização desses produtos podem incentivar práticas agrícolas que respeitam a biodiversidade e contribuem para a preservação da Amazônia (Silva *et al.*, 2021). De acordo com Neri-Numa *et al.* (2018) e Moraes *et al.* (2024) o bioma amazônico fornece frutas com características sensoriais peculiares e altas concentrações de nutrientes, desempenhando papéis econômicos e nutricionais, por meio da comercialização e consumo. Logo, muitas frutas não estão acessíveis com frescor por períodos prolongados no ano, pois são frutas sazonais, com isso uma alternativa para que o consumidor tenha acesso aos seus nutrientes é processá-la, utilizando técnicas variadas, com o intuito de prorrogar suas características por longos períodos, ou por mais tempo que a fruta *in natura* (Santinoni *et al.*, 2023).

3.2. Amêndoa do baru (*Dipteryx alata*)

O baru ou cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.) é uma espécie endêmica do bioma Cerrado e Amazônia brasileira, 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 (Santos; Fernandes; Naves, 2021). 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).

Segundo a Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados, de 2011 a 2020 a amêndoa do baru teve um crescimento elevado de 14.38%, saltando de 41 toneladas para quase 6.000 toneladas (Abpefd, 2023). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção de baru em 2022 foi de aproximadamente noventa toneladas, distribuídas nos estados de Goiás e Mato Grosso. O preço mínimo do quilo,

estabelecido pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), é de R\$ 25,50, mas há registro de venda por até R\$ 80,00 na safra (CONAB, 2022).

As características físicas dos frutos e da castanha de baru apresentam variações significativas entre diferentes regiões nativas e até mesmo entre frutos de plantas nativas da mesma região (Sano; Vivaldi; Spehar, 1999; Zuffo; Andrade; Júnior, 2014; Silva *et al.*, 2019). A castanha, em particular, possui uma massa de 1,2 a 1,9 g, representando cerca de 5% da massa total do fruto; comprimento de 1,8 a 2,4 cm e largura de 0,7 a 1,0 cm (Ferreira *et al.*, 1998). Além do seu sabor distintivo, a castanha de baru tem relevância comercial devido às suas propriedades nutricionais e funcionais, destacando-se pelo alto teor de proteínas (31,80 g 100 g⁻¹) e lipídios (22,38 g 100 g⁻¹), principalmente ácido oleico (45,90%) (Santoni *et al.*, 2023; Viana *et al.*, 2023), bem como pela presença de fibra alimentar e compostos fenólicos, conferindo-lhe uma considerável capacidade antioxidante (Viana *et al.*, 2023).

Os resíduos sólidos resultantes do processamento agroindustrial do baru incluem a casca e a polpa, sendo esta última subutilizada na alimentação humana, mas consumida pelo gado devido ao seu sabor aromático e doce quando o fruto cai da árvore. A polpa, juntamente com a casca, apresenta um teor elevado de carboidratos, com quase 25% de açúcares totais, além de uma concentração notavelmente alta de fibra alimentar. Além disso, é uma fonte de cálcio, magnésio, zinco e polifenóis, embora vários parâmetros nutricionais e bioativos desses resíduos ainda permaneçam desconhecidos (Vieira *et al.*, 2010).

Estudos que envolvem a suplementação da dieta com castanha de baru relataram a redução do estresse oxidativo e melhorias no perfil lipídico em modelos animais (Bento *et al.*, 2014; Reis *et al.*, 2018; Schincaglia *et al.*, 2020). O consumo da castanha de baru também mostrou redução nos níveis séricos de colesterol total, colesterol de lipoproteína de baixa densidade (LDL-c), e adiposidade abdominal, enquanto o óleo de baru reduziu a sensibilidade ultrassensível da Proteína C reativa (Bento *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2018; Santos; Fernandes; Naves, 2021; Campidelli *et al.*, 2022).

Entretanto, os efeitos do consumo da casca e polpa de baru ainda não foram totalmente descritos na literatura. A castanha de baru e seus subprodutos, incluindo casca e polpa, têm sido aplicados na substituição de outras nozes ou farinha de trigo em produtos processados, como cupcakes, barras de cereais, biscoitos, pães, e sobremesas lácteas, apresentando boa aceitabilidade em termos de aparência e sabor (Rocha; Santiago 2009; Mendes *et al.*, 2013; Pineli *et al.*, 2015; Cruz *et al.*, 2019; Ferreira *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2023).

Por outro lado, o óleo do baru apresenta-se como um dos principais coprodutos obtidos a partir das sementes do baru. O óleo do baru é caracterizado por sua composição química rica

em ácidos graxos essenciais, como o ácido oleico e linoleico, conferindo-lhe propriedades benéficas para a saúde, como a redução do colesterol e ação anti-inflamatória. Além disso, apresenta um perfil sensorial agradável, com um sabor suave de castanhas e aroma delicado, o que o torna uma escolha atrativa na culinária (Monteiro; Carvalho; Villas Boas, 2022; Santos *et al.*, 2024; Trindade *et al.*, 2024).

A torta de baru, por sua vez, é o resíduo sólido resultante da extração do óleo, e possui características nutricionais relevantes, sendo uma fonte de proteínas, fibras e minerais. Na indústria alimentícia, a aplicação do óleo de baru é diversificada, sendo utilizado em produtos como óleos de cozinha, condimentos, e até mesmo em chocolates e barras de cereal. Além disso, o óleo encontra espaço nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos, devido às suas propriedades antioxidantes e emolientes, sendo incorporado em formulações de medicamentos e produtos de cuidados com a pele. A torta de baru, por sua vez, é frequentemente utilizada na formulação de alimentos funcionais, como suplementos proteicos, conferindo benefícios nutricionais adicionais (Moreira *et al.*, 2022; Egea *et al.*, 2023; Santinoni *et al.*, 2023).

Esses produtos derivados do baru destacam-se não apenas por suas propriedades sensoriais e nutricionais, mas também pelo potencial sustentável e regional, impulsionando o desenvolvimento econômico em áreas de preservação dos biomas aos quais são coletados (Lima *et al.*, 2022). Logo, a utilização do baru apresenta diversas potencialidades que abrangem setores alimentícios, cosméticos e agrícolas. A adaptabilidade da árvore de baru ao bioma amazônico também sugere possibilidades agrícolas sustentáveis, promovendo não apenas a diversificação de cultivos, mas também contribuindo para a conservação do bioma. O aproveitamento multifacetado do baru, aliado à sua versatilidade e benefícios nutricionais, torna essa espécie uma promissora fonte de inovação e desenvolvimento socioeconômico.

3.3. Hidrolisado proteico

O consumo de alimentos relacionados com à remoção de conservantes artificiais, a redução de materiais de embalagem não recicláveis e o combate ao desperdício alimentar, estão se tornando prática frequente entre as pessoas (Gokoglu *et al.*, 2019).

Pesquisadores direcionam seus esforços para a identificação de novos componentes de origem natural que possam desempenhar dupla função, atuando tanto como agentes conservantes quanto como ingredientes ativos em embalagens biodegradáveis e comestíveis. Dessa forma, peptídeos biologicamente ativos e hidrolisados de proteínas provenientes de

fontes alimentares emergem como promissores candidatos a tais componentes (Chalamaiah; Yu; Wu, 2018; Esfandi; Walters; Tsopmo, 2019; Nwachukwu; Aluko, 2019).

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). Demonstram uma gama abrangente de ações, incluindo atividade antioxidante (Zou *et al.*, 2016), antibacteriana (Wang *et al.*, 2022), antifúngica e antiviral (Vanzolini *et al.*, 2022), imunomoduladora (Cai *et al.*, 2022), propriedades antiproliferativas e antitrombóticas (Oliveira *et al.*, 2021), anticoagulantes e anti-hipertensivas (Aiemratchanee *et al.*, 2021).

Além disso, desempenham papel crucial como inibidores da enzima de conversão da angiotensina (ECA) e estão associados à ligação hemolítica, opioides e cálcio. 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). 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*. Para obter biopeptídeos com atividade específica, são empregadas enzimas de ampla especificidade de ação para a proteólise. A combinação dos métodos mencionados acima tem sido eficaz na preparação bem-sucedida de peptídeos de cadeia curta, além disso, os biopeptídeos podem ser sintetizados quimicamente pela expressão de genes apropriados (Lorenzo *et al.*, 2018).

Peptídeos antioxidantes e antimicrobianos, isolados de proteínas alimentares e hidrolisados proteicos contendo tais peptídeos, constituem ingredientes bioativos passíveis de utilização em produtos alimentícios. Sua aplicação visa não apenas conferir propriedades de promoção da saúde a humanos, mas também prolongar a vida útil dos produtos (Tkaczewska, 2020). Logo, a hidrólise proteica é um processo que envolve a fragmentação da cadeia molecular das proteínas em peptídeos menores e aminoácidos livres. Na indústria de alimentos, produtos de fonte animal e vegetal, assim como subprodutos residuais provenientes do processamento agroindustrial desses produtos, têm sido amplamente empregados para este propósito (Damodaran; Parkin, 2017; Casas *et al.*, 2021; Akbarian *et al.*, 2022).

A produção de hidrolisados proteicos por meio da hidrólise enzimática é a abordagem mais indicada. Isso se deve ao fato de que esse método permite o controle preciso do grau de hidrólise durante o processo de separação das ligações peptídicas, utilizando diferentes tipos de

proteases (Tavano *et al.*, 2018). 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; Pedrouso *et al.*, 2020), bem como a alcalase, derivada de uma cepa biológica de *Bacillus licheniformis*. Tais enzimas são reconhecidas pelo seu alto potencial de desempenho e importância tecnológica, devido à eficácia significativa na hidrólise peptídica que apresentam (Qi *et al.*, 2023).

3.4. Desenvolvimento de novos produtos (DNP)

A inovação de novos produtos alimentares é necessária para a sobrevivência no competitivo mercado global. No entanto, apesar da grande quantidade de pesquisas publicadas sobre a otimização do processo de desenvolvimento de produtos, a grande maioria dos novos produtos alimentares (72-88%) enfrentam diversos desafios (Khan *et al.*, 2013). As descobertas derivadas de pesquisas sobre o processo de desenvolvimento de produtos, tanto geral quanto especificamente em relação aos alimentos, são discutidas com referência às melhores práticas. Vários fatores importantes foram oferecidos na literatura para o sucesso de novos produtos, incluindo relacionamentos intersetoriais (Siedlok; Smart; Gupta, 2010), redes colaborativas orientadas para pesquisa (Feng *et al.*, 2020), e um processo de marketing agressivo (Millson; Wilemon, 2006; Karwacka *et al.*, 2020).

Ao longo das últimas duas décadas, diferentes empresas alimentícias, farmacêuticas e de varejo foram motivadas a entrar neste mercado lucrativo, com potencial para obter retornos mais elevados e gerar uma vantagem competitiva (Granato *et al.*, 2020). No entanto, a elevada taxa de insucesso dos novos produtos alimentares convencionais lançados neste mercado não facilita a leitura para as pessoas que gerem o processo de desenvolvimento de um novo produto repercutindo uma necessidade de novas competências para o pessoal e as empresas que trabalham no desenvolvimento de produtos alimentares (Guerrero *et al.*, 2016; Salnikova; Baglione; Stanton, 2019; Yang *et al.*, 2023).

Um dos mercados altamente lucrativo, é o de desenvolvimento de novos alimentos funcionais, que de acordo com Granato *et al.* (2020), é um nicho lucrativo de produção de alimentos, que incluem iogurte (saúde digestiva), cereais (saúde cardíaca), margarinas/manteigas (metabolismo do colesterol) e barras e bebidas energéticas/proteicas (redução da fome). Nas últimas décadas, tecnologias de processamento inovadoras (por exemplo, alta pressão hidrostática, campos elétricos pulsados, ultrassom, microondas) surgiram

como alternativas adequadas de processamento de alimentos, auxiliando nos processos de DNP (Muthukumarappan; Knoerzer, 2020).

Estas tecnologias sustentáveis proporcionam uma melhor preservação dos nutrientes nativos de frutas e vegetais, evitam o crescimento microbiano e utilizam menos energia, e podem ser aplicadas à exploração de subprodutos, ao mesmo tempo que são ecológicas. Assim, têm impactos positivos do ponto de vista funcional, bem como no desenvolvimento de novos produtos funcionais, além do influxo significativo de vários financiamentos governamentais para pesquisa, desenvolvimento e implementação de tais tecnologias no processamento de alimentos atuais e novos (Granato *et al.*, 2020).

3.5. Bebidas instantâneas em pó

Atualmente, tem-se observado uma ascendente adaptação à uma dieta saudável por parte dos consumidores, através da utilização de produtos alimentares mais novos, mais inteligentes e inovadores que não só proporcionam conveniência, mas também proporcionam benefícios à saúde (Chaturvedi; Khartad; Chakraborty, 2021). Neste contexto, considerando a aceitação global de produtos de origem vegetal, bem como de bebidas e produtos de conveniência, como misturas instantâneas e bebidas em pó prontas para reconstituição, torna-se evidente um potencial excepcional para atender às demandas dos consumidores. Além disso, tais produtos apresentam uma vantagem significativa em termos de maior durabilidade, facilidade de preparo, manuseio eficiente em larga escala e transporte, sendo capazes de atender às exigências da indústria alimentícia por meio deste conceito inovador (Ares *et al.*, 2011; Antúñez *et al.*, 2017).

Sendo um nicho e um mercado novo, as bebidas em pós precisam competir com o mercado já estabelecido. Além disso, as matrizes de origem vegetal, que incluem frutas, vegetais, cereais, leguminosas e resíduos agroalimentares impõem diferentes desafios (Popa *et al.*, 2019). A etapa adicional do processo de secagem no desenvolvimento de pó a partir de bebidas atua como uma técnica de preservação que também é um método comparativamente econômico e conveniente em escala comercial. Como as bebidas apresentam alta atividade de água (a_w) de cerca de 0,99, tornando-a suscetível à deterioração microbiana, a secagem não apenas reduzirá as chances de deterioração, mas também o pó desenvolvido será fácil de transportar e armazenar (Chaturvedi; Khartad; Chakraborty, 2021).

Na produção de bebidas em pó, é frequente a aplicação de espessantes, os quais, segundo a Legislação nº 540 de 27 de outubro de 1997, são aditivos destinados a elevar a viscosidade de

um alimento (Brasil, 1997), concorrendo para o aprimoramento de atributos sensoriais relacionados à textura e consistência. Logo, esses componentes são amplamente empregados na indústria de alimentos e bebidas, desempenhando a função de agentes estabilizadores em sistemas dispersos, tais como espumas, emulsões e suspensões. A caseína, carragena, alginatos, goma guar, goma xantana e carboximetil celulose sódica (CMC) emergem como os espessantes mais prevalentes nas práticas adotadas pelas indústrias (Krempel; Griffin; Houryieh, 2019; Eghbaljoo *et al.*, 2022).

As bebidas em pó constituem uma categoria crescente e diversificada no mercado de alimentos, oferecendo uma variedade de opções que se adaptam aos estilos de vida contemporâneos. Dentre os principais produtos destacam-se as proteínas em pó, que ganharam popularidade entre os entusiastas do fitness devido à sua capacidade de promover a recuperação muscular e suprir as necessidades proteicas (Antúnez *et al.*, 2017; Sovacool *et al.*, 2021). Além disso, as bebidas vegetais em pó, não apenas atendem à demanda por alternativas vegetais, mas também oferecem benefícios nutricionais, sendo ricas em vitaminas, minerais e antioxidantes. Essas bebidas proporcionam praticidade e apresentam diversos benefícios para a saúde (Çopur *et al.*, 2019).

Adicionalmente, bebidas funcionais em pó, enriquecidas com nutrientes específicos, oferecem soluções direcionadas para necessidades como fortalecimento da pele, propriedades antioxidante e promoção da saúde intestinal (Dini *et al.*, 2019; Kasapoğlu *et al.*, 2019). Com sua conveniência e versatilidade, as bebidas em pó se destacam como uma opção prática e benéfica para consumidores que buscam uma abordagem inovadora e saudável em sua dieta diária (Tolun; Altintas, 2019). Nesse sentido, o desenvolvimento de uma bebida em pó a base de baru apresenta inúmeras potencialidades e benefícios que a tornam uma opção conveniente e versátil para consumidores modernos. Sua praticidade é evidente, oferecendo uma solução instantânea nutricional. Além disso, a personalização do sabor e a possibilidade de controlar a intensidade da bebida são características atrativas, permitindo que os consumidores ajustem as formulações de acordo com suas preferências individuais. Dessa forma, a bebida em pó não apenas oferece praticidade, mas também atende a demandas variadas, proporcionando uma experiência personalizada e nutricionalmente enriquecida aos consumidores (Antúnez *et al.*, 2017).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processos de Separação de Biomoléculas e Desidratação (LPSBD) e Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LATECA) da Universidade Federal do Tocantins (Campus Palmas).

4.1. Obtenção da matéria prima

As amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) foram adquiridas do comércio local, localizado no município de Palmas, no Estado do Tocantins, Brasil. Aproximadamente, cinco quilos de semente fresca (*in natura*), foram adquiridas no mês de novembro de 2021. Em seguida as amêndoas foram encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos, onde foram selecionadas, lavadas e sanitizadas com solução clorada a 100ppm por 15 minutos. Posteriormente, foram secas à temperatura ambiente (47 ± 2 °C, por 1 hora) e congeladas (-20°C), a fim de assegurar suas propriedades funcionais e bioativas.

4.2. Processamento da matéria prima e obtenção da farinha desengordurada

As amêndoas foram descongeladas no refrigerador doméstico e após degelo foram secas em estufa de circulação de ar marca Tecnal TE-394/2 a 65°C por 24 horas. As amêndoas foram trituradas em liquidificador doméstico e acondicionadas em tecido do tipo “organza” e transferidas para um cilindro de aço inoxidável vazado posicionado em prensa hidráulica digital elétrica 100T I-3025-B da marca Conteco. Sobre a farinha das amêndoas do baru envolvida pelo tecido, foi realizada a pressão até atingir 13 toneladas, que foi mantida constante até a eliminação do óleo e repetido o processo adicionando força de 14 toneladas. Tal procedimento foi repetido até o esgotamento da escoagem de óleo originado da matéria-prima. A torta desengordurada da amêndoa do baru obtida após a prensagem foi acondicionada em recipiente de polietileno de baixa densidade hermeticamente fechado e armazenada sob refrigeração até o momento das análises e obtenção dos hidrolisados proteicos.

4.3. Composição nutricional da amêndoa e torta do baru

Todas as metodologias para determinação da composição nutricional foram realizadas de acordo com os protocolos propostos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2012). A determinação do teor de umidade foi realizada pelo método de secagem em estufa a 105°C, até peso constante. O teor de cinzas foi determinado pelo método gravimétrico de incineração, em forno mufla a 550 °C. Para a determinação do percentual lipídico, foi utilizado o aparelho Soxhlet, sendo utilizado hexano como solvente extrator, deixando as amostras envolvidas em papel filtro, levadas a extração durante 6 horas. As proteínas foram determinadas pelo método Kjeldahl e o fator de conversão de nitrogênio em proteína bruta adotado foi de 6,25. O teor de fibras bruta foi determinado segundo o método gravimétrico por digestão ácido-básica. O teor de carboidratos totais foi determinado, por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos para umidade, cinzas, proteínas, fibras e lipídios. Os resultados foram expressos em g por 100 g de amostra ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$). A determinação do valor energético total foi estimada levando em consideração os fatores de conversão de Atwater e Woods (1896), onde é multiplicado por 4 kcal g^{-1} para proteínas e carboidratos, e 9 kcal g^{-1} para lipídios, os resultados foram expressos em kcal por 100 g de amostra ($\text{kcal } 100 \text{ g}^{-1}$).

4.4. Obtenção do hidrolisado proteico da torta da amêndoa de baru

A produção dos hidrolisados proteicos foi realizada conforme metodologia proposta por Paiva et al. (2015) com algumas adaptações. Para o processo de hidrólise enzimática foi usada a enzima comercial bromelina[®]. A torta oriunda da prensagem foi pesada e adicionada a um tubo falcon e homogeneizada com água destilada na proporção 1:10 (*m/v*). Para a otimização do processo de hidrólise foi adotado um Delineamento da Composição Central Rotacional (DCCR) com 3 fatores, 5 níveis, 3 pontos centrais e 6 pontos axiais, totalizando 17 ensaios. Nesses ensaios as variáveis independentes foram: concentração enzimática, que variou de 0,33 a 1,17 %, tempo de hidrólise, com variação de 13 a 147 minutos e a temperatura de hidrólise que variou de 33,3 a 66,7 °C, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para três variáveis independentes na hidrólise da torta da amêndoa do baru com a enzima Bromelina[®].

Ensaio	Valores codificados			Valores reais		
	Tempo	Temperatura	[E]/[S]	Tempo	Temperatura	[E]/[S]
1	- 1	- 1	- 1	40	40	0,5
2	- 1	- 1	+1	40	40	1,0
3	- 1	+1	- 1	40	60	0,5
4	- 1	+1	+1	40	60	1,0
5	+ 1	- 1	- 1	120	40	0,5
6	+ 1	- 1	+1	120	40	1,0
7	+ 1	+1	- 1	120	60	0,5
8	+ 1	+1	+1	120	60	1,0
9	- 1,68	0	0	13	50	0,75
10	+ 1,68	0	0	147	50	0,75
11	0	- 1,68	0	80	33,3	0,75
12	0	+ 1,68	0	80	66,7	0,75
13	0	0	- 1,68	80	50	0,33
14	0	0	+ 1,68	80	50	1,17
15	0	0	0	80	50	0,75
16	0	0	0	80	50	0,75
17	0	0	0	80	50	0,75

[E]:[S] % = Relação enzima: substrato (g de proteína/g de proteína); Tempo em minutos; Temperatura em graus Celsius (°C).

A reação enzimática foi cessada por fervura em temperatura de 90 °C por 15 minutos. Após a inativação térmica, o hidrolisado foi centrifugado a uma velocidade de 14.000 rpm por 10 min, permitindo a separação entre as frações: fração solúvel (sobrenadante), fração insolúvel (resíduo) e fração mista (solúvel e insolúvel). As frações foram submetidas ao processo de secagem, em estufa com circulação de ar, na temperatura de 60°C por 24 horas, posteriormente foram trituradas em liquidificador convencional e acondicionadas em frascos revestidos com papel alumínio e armazenados ao abrigo da luz.

4.4.1. Determinação do grau de hidrólise (%GH)

Para determinação do grau de hidrólise adotou-se metodologia proposta por Church et al. (1983) com adaptações e a leitura da absorbância, foi realizada em espectrofotômetro a 340 nm.

4.5. Análise do rendimento, composição nutricional e tecnológica das frações dos hidrolisados

4.5.1. Rendimento do hidrolisado proteico da torta do baru

Para o cálculo do rendimento das frações dos hidrolisados proteicos da torta da amêndoa do baru, utilizou a Equação 1:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Peso final (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100 \quad (1)$$

4.5.2. Composição nutricional das frações do hidrolisado

A composição nutricional foi determinada de acordo com a metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2012), sendo os resultados expressos em g 100 g⁻¹. A determinação do teor de umidade das amostras (925.09) foi quantificada pelo método de secagem em estufa a 105 °C, até peso constante. O teor de cinzas (923.03) foi realizado pelo método gravimétrico de incineração. Os lipídios (920.85) foram extraídos em aparelho Soxhlet, utilizando hexano como solvente extrator. As proteínas (920.87) foram determinadas pelo método Kjeldahl.

4.5.3. Índice de absorção de água

O índice de absorção em água foi determinado de acordo com a metodologia adaptada de Okezie e Bello (1988). Para análise de absorção em água 15 mL de água e 0,3 g de hidrolisado foram homogeneizados em tubos de centrífuga com tampa. Os tubos foram agitados por 1 minuto, e em seguida, centrifugados a 5300 rpm, por 20 minutos. O índice de absorção em água foi calculado de acordo com a Equação 2.

$$\text{Absorção} = \frac{\text{Água e leite absorvida pela amostra (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \quad (2)$$

4.5.4. Índice de absorção de óleo

O índice de absorção em óleo foi determinado de acordo com a metodologia adaptada de Okezie e Bello (1988). Para análise de absorção em óleo 15 mL de óleo e 0,3 g de hidrolisado foram homogeneizados em tubos de centrífuga com tampa. Os tubos foram agitados por 1 minuto, e em seguida, centrifugados a 5300 rpm, por 20 minutos. O índice de absorção em óleo foi calculado de acordo com a Equação 3.

$$\text{Absorção} = \frac{\text{Óleo absorvido pela amostra (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \quad (3)$$

4.5.5. Solubilidade em água

A solubilidade em água foi determinada segundo a metodologia adaptada de Anderson et al. (1969). Para a análise de solubilidade em água, 15 mL de água e 0,3 g de farinha hidrolisada foram homogeneizados em tubos de centrífuga com tampa. Os tubos foram agitados por 1 minuto, e em seguida, centrifugados a 5300 rpm, por 20 minutos. O líquido sobrenadante foi escorrido em placa de Petri tarada e levado à estufa para secagem até peso constante. A percentagem de solubilidade em água foi calculada pela relação entre a massa do resíduo seco do sobrenadante (resíduo de evaporação) e a massa da amostra, conforme a Equação 4.

$$\text{Solubilidade} = \frac{\text{resíduo de evaporação (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \times 100 \quad (4)$$

4.5.6. Atividade emulsificante

A atividade emulsificante foi determinada, utilizando a metodologia descrita por Yasumatsu et al. (1972). Foi preparada uma suspensão com 1 g de amostra em 10 mL de água destilada e 10 mL de óleo de soja. A suspensão foi emulsificada em agitador de haste Heidolph (modelo DIAX 600) por 1 min em velocidade moderada (13.500 por min). A emulsão formada foi dividida em tubos graduados (15 mL), seguida por centrifugação (centrífuga MSE Harrier

15/80) a 3000 rpm por 5 min. Para o cálculo da atividade emulsificante será utilizada a equação 5.

$$\text{Atividade emulsificante} = \frac{\text{Volume da camada emulsificada}}{\text{Volume total no tubo}} \times 100 \quad (5)$$

4.6.7. Capacidade de formação de espuma

A capacidade de formação de espuma foi determinada de acordo com metodologia adaptada de Coffmann e Garcia (1977). Suspensão de 1 g de amostra em 50 mL de água destilada foi preparada em béquer de plástico de 100 mL, agitada em velocidade moderada por 5 minutos em agitador de haste Heidolph (modelo DIAX 900). Transferiu-se a dispersão para proveta graduada de 100 mL e, calculou-se o aumento percentual do volume com base nos volumes inicial e final após a formação de espuma. A capacidade espumante foi calculada pela equação 6.

$$\text{Capacidade espumante} = \frac{(\text{Volume final} - \text{Volume inicial})}{(\text{Volume inicial} \times 10)} \quad (6)$$

4.6.8. Perfil de aminoácidos

Para a determinação dos aminoácidos presentes nas frações dos hidrolisados, seguiu-se o protocolo proposto por Hagen, Frost e Augustin (1989) e White, Hart e Fry (1986). A análise de quantificação de triptofano foi realizada segundo a metodologia descrita por Lucas e Sotelo (1980). Ao pesar a amostra e adicionada em um tubo de hidrólise, adiciona-se 9mL de HCl 6N com 3% *m/v* de fenol, faz-se vácuo no tubo, lacra-se e acondiciona-se o mesmo em bloco de reação térmica, deixando-o por 24h a 110°C. Em seguida, acrescenta-se uma alíquota do padrão interno AAAB e dilui-se a volume tabelado. Filtra-se uma alíquota, seguindo-se a tabela de diluição, seca-se a 70miliTorr em sistema trapp com nitrogênio criogênico. Neutraliza-se com uma solução 4:4:2 de acetato de sódio trihidratado 0,2N, metanol grau HPLC e trietilamina a 99-100%, e seca-se novamente. Nesta etapa, adiciona-se o PITC para derivatizar os aminoácidos liberados pela hidrólise, formando-se o PTC- aminoácido. Ao tubo contendo os cristais de aminoácidos derivatizados, foi adicionado 500uL de diluente. A detecção é a 254nm após a cromatografia em fase reversa (loop de injeção de 30uL, pH 6,40, em gradiente linear binário com fluxo de 1mL min⁻¹ e temperatura da coluna 58°C), sendo o eluente A um tampão

de acetado de sódio 0,14N, acetonitrila (240mL/2000mL de acetado de sódio 0,14N) e trietilamina (1mL/2000mL de acetado de sódio 0,14N). O eluente B é uma solução 6:4 de acetonitrila (grau HPLC) e água Miliq. A quantificação é feita por inclusão do ácido aminobutírico AAAB como padrão interno.

4.6. Mistura em pó com adição de hidrolisado proteico para elaboração de bebida

4.6.1. Formulação das misturas em pó com adição de hidrolisado proteico

Após a obtenção do hidrolisado proteico a partir da torta da amêndoa do baru, foi realizada a elaboração de uma mistura em pó com diferentes concentrações deste (Tabela 2).

Tabela 2 - Formulações das misturas em pó a base de baru com a adição de diferentes concentrações de hidrolisado proteico para o preparo de bebidas.

Ingredientes	P	F1	F2	F3
Amêndoa-de-baru	83%	78%	73%	68%
Hidrolisado proteico	-	5 %	10%	15%
Goma Xantana	2%	2%	2%	2%
Aroma de baunilha	15%	15%	15%	15%

Legenda: P = amostra padrão; F1 = 5% hidrolisado; F2 = 10% hidrolisado; F3 = 15% hidrolisado; Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

As misturas em pó foram envasadas em embalagem de polietileno laminado, e armazenadas em local fresco à temperatura ambiente (25°C), até o momento da realização das análises de composição nutricional, tecnológicas e colorimétricas.

4.7. Variáveis respostas das misturas em pó com diferentes concentrações de hidrolisado proteico

4.7.1. Composição físico-química das formulações das misturas em pó.

A composição físico-química das formulações das misturas em pó seguiu os mesmos protocolos propostos e descritos no item.4.3 da seção “materiais e métodos”.

4.7.2. Perfil de minerais

Para o perfil mineral das formulações propostas, primeiramente as amostras foram secas em estufa de circulação de ar a 60 °C durante 72 horas até peso constante. Logo após, 0,5 g da amostra foram colocados em um tubo de digestão, onde foram adicionados 4 mL de ácido nítrico concentrado. Posteriormente, a amostra foi levada ao bloco digestor por 2 horas a 110 °C. Após o resfriamento, foram adicionados mais 2 mL de ácido nítrico e 2 mL de peróxido de hidrogênio concentrado, e a amostra retornou ao bloco digestor por mais 2 horas a 130 °C. Em seguida, o volume das amostras foi completado com água ultrapura até 25 mL em balão volumétrico e, em seguida, as amostras foram filtradas em papel filtro. O processo exato foi realizado para a amostra de controle contendo os reagentes sem a amostra. A solução resultante foi utilizada para determinação mineral por espectrometria de emissão óptica (ICP-OES). Todos os minerais analisados foram calculados de acordo com uma curva de padrão analítico interno (Malavolta *et al.*, 1997).

4.7.3. Análises tecnológicas e funcionais das formulações das misturas em pó.

Todas as análises tecnológicas e funcionais foram determinadas conforme descrito nos itens 4.6.3, 4.6.4, 4.6.5, 4.6.6, 4.6.7, 4.6.8, da seção “materiais e métodos”.

4.7.4. Análise colorimétrica

As cores das amostras das misturas em pó para elaboração das bebidas em estado de pó e diluídas em água. A análise de cor foi realizada a 25°C usando um colorímetro digital (Minolta CR4000, fonte de luz D65 em espaço de cor L*, a*, b* no sistema CIELAB). A calibração foi realizada com placa branca, seguindo as instruções do fabricante. Os resultados foram expressos em L* (luminosidade) que varia de 0 (preto) a 100 (branco); o a* varia de -a* (verde;) a +a* (vermelho) e o b* de -b* (azul) a +b* (amarelo), croma (saturação ou intensidade da cor; 0 - cor impura e 60 – cor pura) e o ângulo hue (ângulo da cor; 0° vermelho; 90° amarelo; 180° verde; 270° azul e 360° negro). Todas as análises foram feitas em triplicata com três repetições.

4.8. Avaliação da estabilidade oxidativa da mistura em pó com adição de hidrolisado proteico

Para avaliação da estabilidade oxidativa, a mistura em pó foi acondicionada em três tipos de embalagens (embalagens laminadas, polipropileno e vidro) e as análises foram realizadas a cada 15 dias de armazenamento durante 60 dias. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados são expressos como média \pm desvio padrão.

4.8.1. Análise de reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A análise de TBARS foi realizada de acordo com o método descrito por Buege e Aust (1978), através da leitura espectrofotômetro a 532 nm, contra uma curva padrão de 1,1,3,3-tetratoxipropano (TEP). Todas as análises foram feitas em triplicata com três repetições.

4.8.2. Índice de acidez titulável

O índice de acidez foi determinado pela metodologia descrita no protocolo da AOAC (2012), foram adicionar a amostra previamente preparada, adicionada 10 gotas de solução de fenolftaleína a 1 % e titular com a solução de hidróxido de sódio 0,1 N até aparecimento de coloração rósea. Todas as análises foram feitas em triplicata com três repetições.

4.8.3. Determinação do pH

A determinação de pH das amostras acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes tempos foi realizada com a utilização de pHmetro de bancada previamente calibrado (AOAC, 2012). Todas as análises foram feitas em triplicata com três repetições.

4.8.4. Atividade de água (a_w)

A atividade de água da amostra da mistura em pó acondicionada em embalagens de polietileno laminada, polipropileno e vidro foi determinada mediante a leitura da amostra em um aparelho Aqualab. Todas as análises foram feitas em triplicata com três repetições.

4.8.5. Análise colorimétrica

A análise de cor foi realizada a 25°C usando um colorímetro digital (Minolta CR4000, fonte de luz D65 em espaço de cor L*, a*, b* no sistema CIELAB). A calibração foi realizada com placa branca, seguindo as instruções do fabricante. Os resultados foram expressos em L* (luminosidade) que varia de 0 (preto) a 100 (branco); o a* varia de -a* (verde;) a +a* (vermelho) e o b* de -b* (azul) a +b* (amarelo), croma (saturação ou intensidade da cor; 0 - cor impura e 60 - cor pura) e o ângulo hue (ângulo da cor; 0° vermelho; 90° amarelo; 180° verde; 270° azul e 360° negro). Todas as análises foram feitas em triplicata com três repetições.

4.9. Análise estatística

Os resultados das análises nutricionais foram expressos em média e \pm desvio padrão. Para análise dos dados da análise nutricional e tecnológica das frações dos hidrolisados e da avaliação da estabilidade oxidativa das misturas em pó foi utilizado a análise de variância e para comparação das médias utilizando o teste de Tukey a 5% de significância. Para análise dos dados foi utilizado o programa Statistica 13.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Composição nutricional

Os resultados obtidos para a análise nutricional da amêndoa e da torta desengordurada do baru estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição nutricional da amêndoa e da torta do baru (*Dipteryx alata* Vog).

Composição (g 100 g ⁻¹)	Amêndoa do baru	Torta da Amêndoa do baru
Umidade	5,43 ± 0,08	6,15 ± 0,10
Cinzas	2,45 ± 0,31	3,37 ± 0,05
Proteínas	30,14 ± 0,18	39,99 ± 0,84
Lipídios	38,72 ± 0,25	22,90 ± 1,30
Fibra bruta	4,81 ± 0,36	6,46 ± 0,45
Carboidratos*	18,45 ± 0,54	21,19 ± 0,61
Valor energético (VET)	522,84 ± 0,46	451,45 ± 6,67

*Carboidratos calculado por diferença; Valor energético (VET) expresso em kcal 100 g⁻¹.

De acordo com os resultados, a torta da amêndoa do baru apresentou média de 6,15 g 100 g⁻¹ de umidade, o que de acordo com Carvalho et al. (2013), caracteriza como uma amostra com baixo teor de umidade. Vale ressaltar que um alto teor de umidade, e alta atividade de água, são considerados fatores negativos para manter a qualidade e vida de prateleira das amêndoas em função da maior probabilidade de crescimento microbiano. A umidade da amostra está dentro da faixa de 3,5 a 7,0 g 100 g⁻¹, descrita na literatura como ideal para a conservação de castanhas e nozes (Gomes et al., 2019; Polmann et al., 2021).

As cinzas são o resíduo inorgânico da incineração da matéria orgânica (Chimenos et al., 1999). A torta da amêndoa do baru apresentou média geral de cinzas de 3,37 g 100 g⁻¹ (Tabela 3). Nos estudos de Santos et al. (2012), Gonçalves et al. (2020) e Lima et al. (2021), os autores reportaram valores de cinzas em amêndoas do baru de diferentes regiões variando entre 3,08, 3,06 e 3,10 g 100 g⁻¹ respectivamente, sendo estes valores levemente inferiores ao reportado neste estudo, no entanto, é importante destacar que na obtenção da torta, parte da gordura é removida fazendo com que os demais nutrientes se concentrem, o que justifica o aumento dos valores ao comparar com a amêndoa integral. Sabe-se, portanto, que as cinzas estão diretamente correlacionadas como o conteúdo de minerais presentes em uma amostra. De acordo com

Campidelli *et al.* (2020) e Lima *et al.* (2021) os principais minerais presentes na amêndoa do baru são fósforo com variação de 331 – 4100 mg 100 g⁻¹, cálcio (638 – 3500 mg 100 g⁻¹) e magnésio (216 – 1700 mg 100 g⁻¹).

O valor nutricional ou qualidade das proteínas são estruturalmente diferentes e variáveis, sendo diretamente correlacionados aos teores de aminoácidos essenciais, suscetibilidade à hidrólise durante a digestão e efeitos do processamento, como ação da temperatura (Friedman, 1996). A ingestão diária recomendada (IDR) de proteínas para um adulto saudável é de 50 g, e para ser considerado um alimento de alto conteúdo proteico deve apresentar um teor de no mínimo 12 g de proteínas para cada 100 g de alimento, de acordo com RDC nº429 de 8 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020). Desta maneira, a torta da amêndoa do baru pode ser considerada como um alimento rico em proteínas (39,99%).

Valores inferiores foram reportados por Santos *et al.* (2012) e Lima *et al.* (2021) ao avaliarem a torta obtida do processo de prensagem das amêndoas do baru, com médias variando de 26,53 e 24,95 g 100 g⁻¹, respectivamente. De acordo com Siqueira *et al.* (2015) os principais aminoácidos encontrados na amêndoa do baru são a leucina, lisina, valina e treonina com 61, 48, 40 e 25 mg/g⁻¹ de proteína, respectivamente, sendo estes, elencados dentro dos aminoácidos essenciais, que precisam estar presentes em nossa dieta (Morais *et al.*, 2022).

Com relação ao teor de lipídeos presentes na torta da amêndoa do baru, este constituinte representou a segunda maior fração dos componentes nutricionais (22,90 g 100 g⁻¹), seguido do teor de carboidratos (21,19 g 100 g⁻¹) (Tabela 3). Valores similares para lipídios na torta da amêndoa do baru de 24,20 g 100 g⁻¹ foram descritos por Gonçalves *et al.* (2020). No entanto, estes mesmos autores encontraram teores de carboidratos maiores (29,40 g 100 g⁻¹). Quando comparado a outras tortas de castanhas, pode-se perceber que o teor de lipídios da torta da amêndoa do baru é superior aos valores reportados por Polmann *et al.* (2023) para a torta da castanha de pracaxi (*Dipteryx lacunifera* Ducke) (22,02 g 100 g⁻¹), e por Gayol *et al.* (2007) a estudar a torta da amêndoa de jojoba (*Simmondsia chinensis*) (10,20 g 100 g⁻¹).

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). Assim, o consumo de 100 gramas da torta da amêndoa do baru (6,46 g 100 g⁻¹) representa aproximadamente 25% do total ideal a ser ingerido por um adulto saudável. Entretanto, o valor reportado no presente estudo demonstrou que o teor de fibras foi duas vezes menor que o encontrado por Gonçalves *et al.* (2020) que foi de 16,60 g 100 g⁻¹, essa variação nos teores está associada possivelmente à metodologia adotada na determinação já que na determinação de fibra bruta é determinado apenas a fração insolúvel em ácido subestimando

os valores encontrados (Arayici *et al.*, 2022). Essa variação também pode se dar principalmente devido a fatores edafoclimático, incidência pluviométrica, solo, incidência solar, poluição, dentre outros inúmeros fatores (Santos *et al.*, 2021).

O valor médio de carboidratos encontrados para a torta da amêndoa do baru no presente estudo foi de 21,19 g 100 g⁻¹ (Tabela 3), valor duas vezes maior que o reportado por Pinelli *et al.* (2015), de 11,57 g 100 g⁻¹, vale ressaltar que os autores utilizaram a amêndoa *in natura*, demonstrando assim que o processo de prensagem concentra os constituintes nutricionais como os carboidratos. Alguns autores pontuam que os carboidratos presentes nas amêndoas apresentam benefícios locais e sistêmicos. Por outro lado, a produção de ácidos graxos de cadeia curta que atuam na regulação do aumento da saciedade, a redução do nível do colesterol sanguíneo e a redução do desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (Latulippe *et al.*, 2013; Morais *et al.*, 2022). Essas diferenças observadas nos resultados nutricionais se dão devido a fatores intrínsecos e extrínsecos, tais como pH, incidência solar, níveis pluviométricos, poluição, solo, dentre outros (SANTOS *et al.*, 2021).

O valor energético total (VET) encontrado para a torta da amêndoa do baru foi de 451,45 kcal 100g⁻¹. Esse valor foi superior aos registrados por Pineli *et al.* (2015) e Souza *et al.* (2015), que encontraram valores de 360,01 e 395,22 kcal 100 g⁻¹ para a amêndoa integral, respectivamente. Por outro lado, os valores obtidos para o valor energético total da torta da amêndoa do baru foram superiores aos reportados por Polmann *et al.* (2023) ao estudarem as tortas da castanha do pracaxi obtidos por diferentes métodos de extração, como extração com CO₂ supercrítico e hexano (341,70 e 337,60 kcal 100 g⁻¹, respectivamente). Dessa forma, a utilização da torta da amêndoa do baru se mostra como uma alternativa viável, principalmente no que se refere ao enriquecimento nutricional de alimentos.

5.2. Otimização da obtenção do hidrolisado proteico

A Tabela 4 apresenta a resposta obtida com a variação do tempo (min), temperatura (°C) e concentração enzimática (E/S) no grau de hidrólise avaliada nas condições propostas pelo DCCR.

Tabela 4 - Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para três variáveis independentes na hidrólise da torta da amêndoa do baru com a enzima Bromelina® para a variável dependente grau de hidrólise (% GH).

Ensaio	Valores codificados e reais			Resposta
	Tempo	Temperatura	[E]/[S] (%)	(% GH)
1	- 1 (40)	- 1 (40)	- 1 (0,5)	1,76
2	- 1 (40)	- 1 (40)	+1 (1,0)	0,06
3	- 1 (40)	+1 (60)	- 1 (0,5)	13,09
4	- 1 (40)	+1 (60)	+1 (1,0)	12,35
5	+ 1 (120)	- 1 (40)	- 1 (0,5)	11,37
6	+ 1 (120)	- 1 (40)	+1 (1,0)	14,85
7	+ 1 (120)	+1 (60)	- 1 (0,5)	17,91
8	+ 1 (120)	+1 (60)	+1 (1,0)	21,08
9	- 1,68 (13)	0 (50)	0 (0,75)	0,06
10	+ 1,68 (147)	0 (50)	0 (0,75)	17,47
11	0 (80)	- 1,68 (33,3)	0 (0,75)	17,67
12	0 (80)	+ 1,68 (66,7)	0 (0,75)	17,71
13	0 (80)	0 (50)	- 1,68 (0,33)	5,89
14	0 (80)	0 (50)	+ 1,68 (1,17)	20,45
15	0 (80)	0 (50)	0 (0,75)	16,07
16	0 (80)	0 (50)	0 (0,75)	14,45
17	0 (80)	0 (50)	0 (0,75)	16,93

[E]:[S] % = Relação enzima: substrato (g de proteína g de proteína⁻¹); Tempo em minutos; Temperatura em graus Celsius (°C). * DPPH = 2,2-diphenyl-1-picrilidrazil (resultados expressos em percentagem de inibição [%]).

As respostas apresentadas na Tabela 4 apontam que o %GH variou de 0,06 % (Ensaio 2) a 21,08% (Ensaio 8). Sonklin *et al.* (2011) utilizando a enzima bromelina registraram valores médios de 45,63% de grau de hidrólise para o hidrolisado da farinha de feijão Mungo. Valores maiores também foram obtidos por Toledo *et al.* (2015) ao avaliarem o grau de hidrólise de feijão de difícil cozimento, utilizando a enzima bromelina e adotando um tempo de hidrólise de 120 minutos, obtendo percentual de hidrólise variando de 18,6 até 79,7% de GH.

De acordo com Zhu *et al.* (2006), as diferenças nos valores de GH obtidos com a mesma enzima provavelmente ocorrem devido às condições de hidrólise e à diferença de métodos utilizados para medir a GH, essas mudanças interferem diretamente na quebra das ligações peptídicas presentes nas amostras (Saengsuk *et al.*, 2021). A análise de variância (ANOVA) para as variáveis resposta está apresentada na Tabela 5. Para a obtenção da ANOVA, o cálculo dos quadrados médios resultou da divisão entre a soma dos quadrados e os graus de liberdade, e para verificar se a análise explica a variação dos dados experimentais de forma significativa, foi aplicado o Teste F (Novaes *et al.*, 2018).

Tabela 5 – Análise de variância com interação para a avaliação da variável dependente grau de hidrólise.

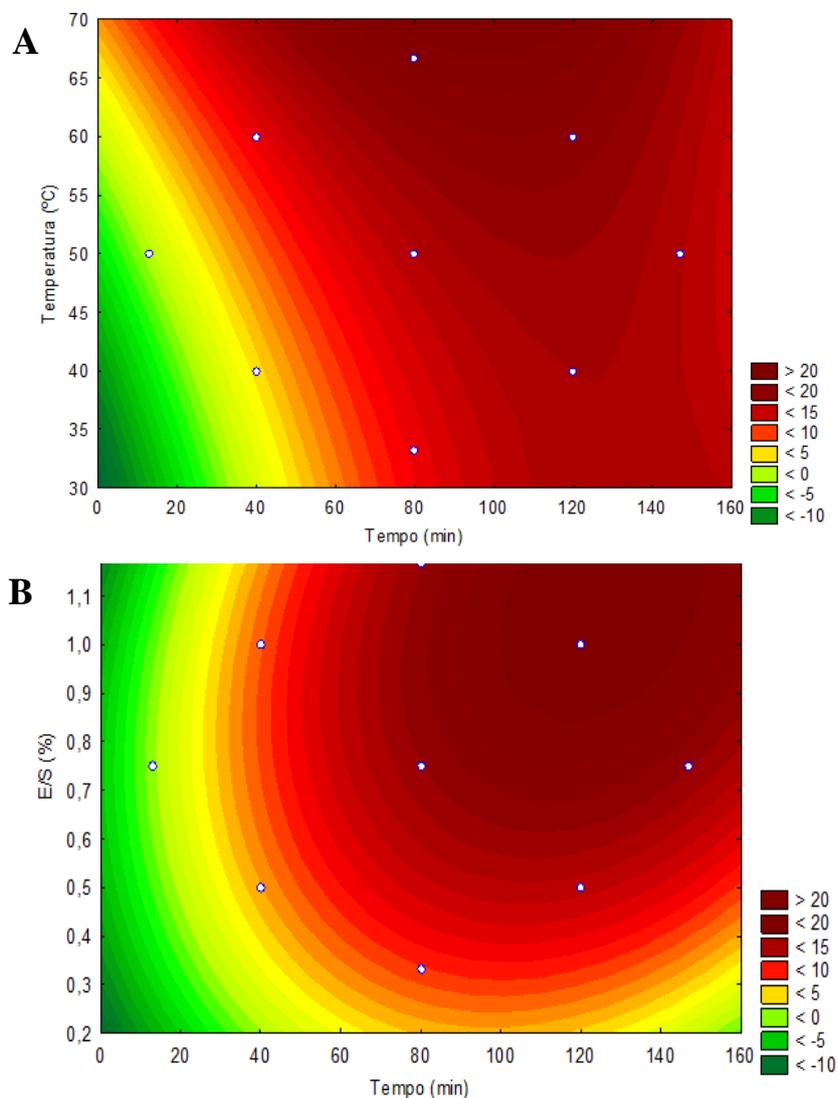
Variável dependente (Grau de hidrólise, % GH)						
Fonte de variação	SQ	GL	Quadrado médio	Fcalculado	Ftabelado	R ²
Regressão	627,15	9	69,68	3,85	3,68	0,83
Resíduo	126,78	7	18,11			
Falta de ajuste	123,61	5				
Total	753,93	16				

* SQ = soma dos quadrados; GL = graus de liberdade; R² = coeficiente de variação.

Para a variável % GH (Tabela 5), o valor de F tabelado (3,68) foi menor que o encontrado para Fcalculado (3,85) e a variação explicada pelo coeficiente de determinação foi de R² = 0,83, indicando que o modelo se ajusta ao conjunto de dados propostos, o que implica dizer que modelo adotado explica 83 % 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. Assim, podemos inferir que com base nesses resultados que o modelo é estatisticamente significativo e preditivo, descrevendo a respostas em função do %GH, já que valores superiores a 0,70 são aceitos como modelos que explicam boa parte dos dados (Rodrigues; Iemma, 2009).

De acordo com os resultados da ANOVA observou-se que o tempo de hidrólise foi o fator de maior influência nos valores de % GH. Com esses dados, as superfícies de resposta foram construídas para evidenciar a análise dos efeitos, permitindo visualizar as variações do grau de hidrolise (%GH) em função das variáveis independentes (Figura 1).

Figura 1 - Superfícies de resposta geradas pelo Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para a variável dependente grau de hidrólise: (A) – tempo e temperatura em relação ao grau de hidrólise (B) – tempo e concentração enzimática em relação ao grau de hidrólise.



De acordo com a Figura 1A e 1B é possível notar que quando consideradas as relações tempo x temperatura (1A) e tempo x concentração enzimática (1B), os maiores percentuais de grau de hidrólise foram obtidos na região de maiores tempos de hidrólise independente da temperatura e da concentração enzimática. Corroborando com o presente estudo, Jamdar *et al.* (2010) analisando amêndoas de amendoim e Hrcková *et al.* (2002) estudando amêndoas de soja, verificaram que promovendo a hidrólise com a bromelina obtiveram um aumento no % de GH aumentando o tempo de reação.

Logo, a metodologia do DCCR juntamente com as respostas obtidas com a superfície de resposta utilizada para a otimização do processo de obtenção do hidrolisado enzimático da

torta da amêndoa do baru permitiu inferir que o ensaio de número 8 (Tempo: 120 minutos; Temperatura: 60 °C; Concentração Enzima/Substrato: 1,0%) foi o que apresentou as melhores condições quanto ao grau de hidrólise (GH%), sendo o escolhido para a elaboração do hidrolisado proteico.

5.3. Composição nutricional das frações do hidrolisado proteico

5.3.1. Rendimento das frações dos hidrolisados

Conforme mencionado anteriormente o melhor resultado obtido no planejamento experimental (Ensaio 8) foi utilizado para o processo de análise das frações (solúvel, insolúvel e mista) do hidrolisado proteico, sendo o rendimento apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Dados do rendimento da fração solúvel, fração insolúvel e fração mista do hidrolisado proteico de torta da amêndoa de baru.

Amostra de hidrolisado proteico	Rendimento (%)
Fração solúvel	32,01%
Fração insolúvel	41,87%
Fração mista	89,00%

Ao analisar os resultados obtidos na Tabela 6, verifica-se que o melhor rendimento foi encontrado para a fração mista com 89%, seguido da fração insolúvel (41,87%) e fração solúvel (32,01%). Resultado semelhante foi observado no trabalho de Silva (2022), ao desenvolver uma mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-cajú e pólen apícola de *Apis melífera*, onde a autora obteve os maiores rendimentos oriundos da fração mista (90%), seguida da fração insolúvel (42,86%) e solúvel (35,01%).

De acordo com Neves *et al.* (2004), os rendimentos dos hidrolisados dependem de diversos fatores, tais como a especificidade da enzima e a sua atividade específica podem ter efeito pronunciado, tanto sobre a solubilização como outras características. Logo, os rendimentos observados mostram o potencial que a torta da amêndoa do baru apresenta como matéria-prima na elaboração de hidrolisados para elaboração de novos produtos na indústria alimentícia.

5.3.2. Composição nutricional das frações do hidrolisado

A Tabela 7 apresenta os resultados da composição nutricional das frações (fração solúvel, insolúvel e fração mista) obtidas do hidrolisado proteico da amêndoa do baru.

Tabela 7 – Valores médios dos teores de umidade, cinzas, proteínas e lipídios das frações do hidrolisado de torta da amêndoa de baru.

Composição (g 100 g ⁻¹)	Fração solúvel	Fração insolúvel	Fração mista
Umidade	5,55 ± 0,07 ^a	5,12 ± 0,52 ^a	2,72 ± 0,07 ^b
Cinzas	6,15 ± 0,18 ^a	1,48 ± 0,20 ^c	3,54 ± 0,10 ^b
Proteínas	25,69 ± 0,69 ^b	35,31 ± 0,21 ^a	35,95 ± 0,25 ^a
Lipídios	0,32 ± 0,02 ^c	21,18 ± 0,45 ^a	15,87 ± 0,24 ^b

* Os resultados foram expressos em média e ± 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 não houve diferença significativa nos teores de umidade das frações solúvel e insolúvel que apresentaram valores médios significativamente superior ao valor encontrado para a fração mista ($p \leq 0,05$). Com relação aos teores de cinzas observou-se que as três frações apresentaram valores significativamente diferentes ($p \leq 0,05$), sendo que a fração solúvel apresentou valor significativamente superior com média de 6,15 g 100 g⁻¹. Quanto aos teores de proteínas não foi observada diferença estatística significativa nos valores médios encontrados na fração mista e na fração insolúvel com médias de 35,95 e 35,31 g 100 g⁻¹, respectivamente. Soares *et al.* (2012) encontraram valores médios de 22,14 g 100 g⁻¹ de proteína na fração insolúvel do hidrolisado de semente de quiabo. O teor de proteína desta fração pode ser comparado ao teor relatado para o hidrolisado proteico da amêndoa do caju, onde Chen *et al.* (2021) reportaram valores variando de 5,26 a 33,33 g 100 g⁻¹, demonstrando seu potencial como fonte proteica a ser explorada na obtenção de hidrolisados e/ou peptídeos bioativos.

Os valores de proteínas encontrados nas frações proteicas solúvel, insolúvel e mista condizem com a legislação, onde a RDC n° 726, de 1° de julho de 2022 (Brasil, 2022) estabelece para proteína vegetal hidrolisada um valor mínimo de 25% de proteína g em 100 g (25 g 100 g⁻¹). Assim, os hidrolisados proteicos de matrizes vegetais, como o hidrolisado da torta da amêndoa do baru, se apresentam como uma boa fonte de proteínas de alto valor agregado. Com

relação aos teores de lipídios, todas as amostras diferiram significativamente ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$), tanto para a fração insolúvel quanto para a mista que apresentaram alto conteúdo lipídico o que impacta negativamente no armazenamento de amostras hidrolisadas, pois de acordo com Feng *et al.* (2018), o alto teor lipídico se torna um limitante, facilitando os processos de oxidação lipídica e diminuindo a estabilidade desses hidrolisados.

Por outro lado, a presença de alguns ácidos graxos insaturados (oleico e linoleico) pode se torna vantajosa, pois são componentes que atendem importantes demandas corporais, como sínteses e processos metabólicos. No entanto, deve haver um equilíbrio entre as duas partes, pois altas concentrações podem desencadear estresse oxidativo, enquanto concentrações mais baixas exercem atividades antioxidantes (Souza *et al.*, 2023). De modo geral, entre as características nutricionais a fração mista de destaca por apresentar o maior percentual proteico (35,95 g 100 g⁻¹), moderado conteúdo lipídico (15,87 g 100 g⁻¹) e baixa umidade (2,72 g 100 g⁻¹).

5.3.3. Perfil de aminoácidos

Os teores de aminoácidos (expressos em g 100 g⁻¹) nas frações dos hidrolisados da torta de baru estão apresentados na Tabela 8. De acordo com os resultados, a fração solúvel apresentou um total de 36,64 g 100 g⁻¹ versus 30,89 g 100 g⁻¹ para a fração mista. Avaliando individualmente, observa-se que a fração mista possui alto teor de aminoácidos essenciais em comparação à fração solúvel dos hidrolisados. Os aminoácidos predominantes em todas as frações foram ácido glutâmico, ácido aspártico e arginina, que constituíram aproximadamente 9,22 – 4,64 g 100 g⁻¹, 3,48 – 3,27 g 100 g⁻¹ e 3,52 – 3,08 g 100 g⁻¹ do conteúdo total de aminoácidos, respectivamente. Isso se alinha com descobertas anteriores que mostram que o ácido glutâmico, o ácido aspártico e a arginina estão entre os aminoácidos mais abundantes nas amêndoas de baru (Siqueira *et al.*, 2015).

Tabela 8 - Composição total de aminoácidos dos hidrolisados proteicos das frações solúveis e mistas à base de amêndoa do baru e do padrão recomendado pela FAO/WHO/UNU (2007).

Aminoácidos (g 100 g ⁻¹)	Hidrolisados de baru			FAO (g proteína 100 g ⁻¹)		
	Fração solúvel	Fração Insolúvel	Fração mista	3 – 10 anos	11 – 14 anos	Adulto
Essenciais						
Histidina	0,64	0,02	0,66	1,6	1,6	1,5
Valina	1,73	0,06	1,80	4,0	4,0	3,9
Isoleucina	1,14	0,09	1,25	3,1	3,0	3,0
Leucina	2,44	0,26	2,70	6,1	6,0	5,9
Lisina	2,59	< 0,01	2,36	4,8	4,8	5,0
Triptofano	0,27	0,09	0,36	0,66	0,65	0,60
Treonina	1,49	< 0,01	1,43	2,5	2,5	2,3
Metionina	0,17	< 0,01	0,14	-	-	-
Fenilalanina	1,48	0,10	1,58	-	-	-
Tirosina	0,99	0,02	1,01	-	-	-
Σ Essenciais	12,94	0,64	13,29	-	-	-
Não essenciais						
Ácido Aspártico	3,48	0,21	3,27	-	-	-
Ácido Glutâmico	9,22	< 0,01	4,64	-	-	-
Serina	1,51	< 0,01	1,41	-	-	-
Glicina	1,77	< 0,01	1,57	-	-	-
Taurina	0,01	< 0,01	< 0,01	-	-	-
Arginina	3,52	< 0,01	3,08	-	-	-
Alanina	1,56	< 0,01	1,56	-	-	-
Prolina	1,77	< 0,01	1,60	-	-	-
Cistina	0,42	< 0,01	0,42	-	-	-
Hidroxiprolina	0,04	0,01	0,05	-	-	-
Σ Aminoácidos	36,64	0,32	30,89	-	-	-

* < 0,01 = Abaixo do limite de quantificação (LOQ < 0,01).

Por outro lado, os hidrolisados apresentaram perfis de aminoácidos essenciais e não essenciais significativamente diferentes. Isto não é surpreendente, pois diferiram consideravelmente no grau de proteína. O menor teor de aminoácidos foi observado na fração

mista (30,89 g 100 g⁻¹), enquanto o maior teor foi observado na fração solúvel (36,64 g 100 g⁻¹) (Tabela 8). De acordo com o padrão de exigência de aminoácidos essenciais (FAO, 2007), os aminoácidos da amêndoa de baru atenderam 100% às necessidades nutricionais, visto que este órgão regulador propõem a ingestão diária de 2,2 g de aminoácidos 100 g⁻¹ de proteína. Logo, a fração solúvel, bem como a fração mista corresponde a cem por cento (100%) de todo o conteúdo de aminoácidos necessários para um dia, para um adulto saudável.

Um dos principais aminoácidos essenciais é o triptofano, onde o maior resultado pode ser observado na fração mista (0,36 g 100 g⁻¹), e depois a fração solúvel (0,27 g 100 g⁻¹). Por sua vez, o triptofano é um componente essencial da dieta, desempenhando um papel fundamental na síntese de proteínas e é um precursor de compostos biologicamente ativos, como serotonina, melatonina, ácido quinolínico, ácido cinurênico, triptamina e também coenzimas importantes para a reação de transferência de elétrons (equilíbrio redox do metabolismo), como a nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD⁺) (Kałużna-Czaplińska *et al.*, 2019).

O efeito antioxidante do hidrolisado proteico é determinado pelos aminoácidos individuais e pela combinação destes peptídeos. Portanto, a presença de aminoácidos com propriedades antioxidantes pode aumentar o poder antioxidante global do hidrolisado proteico. Entretanto, pesquisas futuras devem focar na identificação e caracterização de peptídeos com potencial atividade antioxidante liberados das proteínas do bolo de baru durante a hidrólise (Wu; Chen; Shiau, 2003).

Dentre os aminoácidos essenciais e entre as frações solúvel e mista os que apresentaram maior expressão foram a leucina (2,44 e 2,70 g 100 g⁻¹) e lisina (2,59 e 2,36 g 100 g⁻¹), respectivamente (Tabela 8). A leucina e a lisina são aminoácidos essenciais com benefícios significativos para a saúde humana, destacando a importância de sua presença na alimentação. A leucina desempenha um papel crucial na síntese de proteínas musculares, promovendo o crescimento e a reparação dos tecidos musculares (Columbus; Fiorotto; Davis, 2015). Além disso, a leucina é um estimulante da via mTOR, que regula o processo de crescimento celular (Dodd; Tee, 2012). Já a lisina, além de ser essencial para a síntese proteica, é fundamental na produção de colágeno, uma proteína estrutural essencial para a saúde da pele, cartilagens e ossos (LI; WU, 2018). Ambos os aminoácidos são considerados essenciais porque o organismo não pode produzi-los internamente, sendo necessário obtê-los por meio da alimentação (Motil *et al.*, 1981).

Dentre os aminoácidos não essenciais, destacamos o ácido glutâmico (4,64 – 9,22 g 100 g⁻¹) (Tabela 8). De acordo com Dutta *et al.* (2013), o ácido glutâmico apresenta benefícios

significativos para a saúde humana, desempenhando um papel crucial na função cerebral, atuando como um neurotransmissor excitatório que facilita a comunicação entre as células nervosas. Além disso, o ácido glutâmico é um componente essencial na formação de proteínas, contribuindo para a síntese proteica e a manutenção dos tecidos musculares. Sua presença também intensifica o sabor umami, conferindo maior palatabilidade a diversos alimentos. De maneira geral os resultados obtidos a partir do rendimento, composição nutricional, propriedades tecnológicas e perfil de aminoácidos permite inferir que a fração mista foi a que obteve os resultados mais satisfatórios, visto que, a fração mista apresenta o maior teor proteico ($35,95 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e moderado conteúdo de lipídios ($15,87 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), apresenta resultados promissores e seu conteúdo de aminoácidos essenciais é superior aos demais ($13,29 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$).

5.3.4. Propriedades tecnológicas das frações do hidrolisado

Os resultados para as propriedades tecnológicas das frações solúvel, insolúvel e mista estão apresentados na Tabela 09, mostrando que as frações estudadas são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$). Ao analisar as propriedades tecnológicas de forma unitária, verifica-se que o maior percentual de solubilidade é apresentado para a fração mista (25,66%). Segundo Ferreira *et al.* (2015), a solubilidade está relacionada à quantidade de sólidos solúveis presentes na amostra. Por outro lado, Ortiz (2016) e Damodaran; Parkin; Fennema (2007), descrevem que a solubilidade é dependente da constituição química, e da quantidade de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, dos compostos a serem solubilizados e das interações entre as biomoléculas e a água e entre si.

Logo, amostras que apresentam resultados satisfatórios de alta solubilidade são desejáveis, visto que, a solubilidade refere-se à capacidade de uma substância se dissolver em um líquido, formando uma solução homogênea. Assim, quando uma substância é altamente solúvel, significa que suas partículas podem se dispersar e interagir eficientemente com o líquido no qual estão sendo dissolvidas. A dissolução envolve a quebra de ligações intermoleculares nas partículas do pó e a sua incorporação nas moléculas do solvente, formando uma solução homogênea (Ares *et al.*, 2011).

No contexto de bebidas em pó, uma alta solubilidade facilita a rápida dissolução do produto na água ou em outro líquido, resultando em uma bebida instantânea e de fácil preparo. Portanto, a alta solubilidade é um atributo essencial na formulação de bebidas em pó, garantindo uma mistura rápida e uniforme. Assim, pensando no produto ao qual será desenvolvido matérias

primas que apresentem alta solubilidade contribuem para o correto desenvolvimento destes produtos.

Tabela 9 - Propriedades tecnológicas das frações do hidrolisado proteico da torta da amêndoa do baru.

Amostra de hidrolisado proteico	Fração solúvel	Fração insolúvel	Fração mista
Solubilidade (%)	19,01 ± 2,08 ^b	15,66 ± 1,08 ^c	25,66 ± 3,60 ^a
Absorção em água (%)	0,03 ± 0,01 ^c	3,15 ± 0,32 ^a	2,53 ± 0,11 ^b
Absorção de óleo (%)	2,38 ± 0,12 ^c	2,84 ± 0,01 ^a	2,50 ± 0,05 ^b
Atividade emulsificante	46,66 ± 3,88 ^a	46,04 ± 5,56 ^a	43,66 ± 2,30 ^a
Capacidade de espuma	nd.	nd.	nd.

* Os resultados foram expressos em média e ± 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, 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). Logo, o índice de absorção em água apresentou o maior resultado para a fração insolúvel (3,15%), este valor 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).

Por outro lado, o índice de absorção de óleo está diretamente relacionado com o teor lipídico encontrado nas amostras. Logo, o menor teor lipídico (amostra solúvel = 0,32 g 100 g⁻¹) em comparação com as demais frações não permite a ligação de muitos compostos lipofílicos que podem se ligar com as moléculas de óleo (Matalanis; Jones; McClements, 2011). Assim, os maiores resultados de absorção de óleo são encontrados na fração insolúvel (2,84%), seguido da fração mista (2,50%) (Tabela 9). A tabela 9 apresenta que não houve diferença estatística para o índice de atividade emulsificante entre as frações solúvel, insolúvel e mista. Fatores como, tipo de proteína, concentração, pH, força iônica, temperatura e viscosidade do sistema afetam a capacidade emulsificante. 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). Por outro lado, alguns componentes lipídicos,

como monoacilgliceróis e diacilgliceróis, possuem propriedades surfactantes que auxiliam nas propriedades emulsificantes (McClements; Weiss; Corradini, 2005).

5.4. Elaboração da mistura em pó para elaboração de bebidas e análises

5.4.1. Composição nutricional das misturas em pó para elaboração de bebida

Os resultados para a composição nutricional estão apresentados na tabela 10. Verifica-se que o teor de umidade variou de 4,89 a 5,13 g 100 g⁻¹, não apresentando diferenças significativas entre as formulações elaboradas ($p \leq 0,05$). Por outro lado, as formulações estão de acordo com a legislação vigente, onde o limite máximo estabelecido para umidade de alimentos em pó é de 6,0% (Brasil, 2000). Logo, a conservação da umidade até esse limite é importante, pois valores superiores tendem a formar grumos prejudicando o processo de produção de diversos alimentos e aumentando assim a possibilidade do desenvolvimento de microrganismos (Fountoulakis; Lahm, 1998; Moughan, 2003; Bertagnolli *et al.*, 2014).

Tabela 10 – Composição nutricional das formulações das bebidas em pó da torta da amêndoa do baru obtidas a partir da fração mista.

Composição (g 100 g ⁻¹)	Controle	F1	F2	F3
Umidade	5,13 ± 0,10 ^a	4,97 ± 0,18 ^b	4,99 ± 0,08 ^b	4,89 ± 0,14 ^b
Cinzas	3,50 ± 0,27 ^c	4,36 ± 0,06 ^b	4,48 ± 0,04 ^a	4,52 ± 0,12 ^a
Proteínas	22,16 ± 0,16 ^c	27,96 ± 2,15 ^b	32,53 ± 2,35 ^a	35,22 ± 1,48 ^a
Lipídios	31,01 ± 1,61 ^a	18,25 ± 0,52 ^c	21,96 ± 0,77 ^b	21,70 ± 2,87 ^b
Fibras	1,49 ± 0,03 ^c	1,74 ± 0,12 ^b	2,01 ± 0,11 ^a	1,79 ± 0,04 ^b
Carboidratos*	36,67 ± 2,01 ^b	42,69 ± 1,69 ^a	34,02 ± 1,02 ^b	31,85 ± 2,09 ^{bc}
*Valor energético	514,57 ± 8,01 ^a	446,93 ± 3,85 ^c	463,82 ± 4,39 ^b	463,64 ± 15,19 ^b

*Carboidratos calculado por diferença; ** (kcal 100 g⁻¹); Resultados são expressos em média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); F1 = 5% de hidrolisado proteico; F2 = 10 % de hidrolisado proteico; F3 = 15% de hidrolisado proteico.

Analisando o conteúdo de proteínas, as formulações F2 (32,53 g 100 g⁻¹) e F3 (35,22 g 100 g⁻¹) não diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$) (Tabela 10). Esse mesmo

comportamento foi observado no estudo de Silva *et al.* (2022) ao analisarem o teor proteico de bebidas em pó de amêndoa da castanha-de-caju enriquecidas com pólen apícola, e os maiores resultados foram obtidos pelas amostras com maior concentração do hidrolisado proteico. Costa *et al.* (2009) analisando o teor proteico de pós desidratados de farinha da castanha de caju e de goiaba encontraram os valores de 7,63 e 11,47 g 100 g⁻¹, respectivamente. Nitidamente, os resultados proteicos obtidos no presente estudo (22,16 – 35,22 g 100 g⁻¹) demonstram o potencial e a superioridade das formulações enriquecidas com o hidrolisado proteico da torta do baru.

De acordo com a RDC n° 429 de novembro de 2020, para ser considerado um alimento fonte de proteínas, o mesmo deverá apresentar um valor mínimo de 10 g 100 g⁻¹ de proteína em sua composição (BRASIL, 2020). Nesse sentido, as formulações F1, F2 e F3 apresentam a concentração mínima exigida pela legislação vigente (Tabela 10). Logo, as formulações como um todo se destacaram como boas fontes nutritivas e podem ser utilizadas na elaboração de outros produtos proteicos com intuito de fomentar o comércio e a indústria alimentícia.

Os lipídios são moléculas altamente energéticas e são encontrados em grandes quantidades, principalmente em sementes e oleaginosas, como o baru (Goldoni *et al.*, 2019). Logo, o conteúdo lipídico da F1, F2 e F3 foi de 18,25, 21,96 e 21,70 g 100 g⁻¹, respectivamente, não apresentando diferenças significativas entre as amostras F2 e F3 ($p \leq 0,05$) (Tabela 10). Por outro lado, o conteúdo de fibras variou de 1,49 a 2,01 g 100 g⁻¹, apresentando diferenças significativas entre si ($p \leq 0,05$). Sendo o maior valor atribuído a formulação dois. Os resultados obtidos para os teores de fibras demonstram que ambas as formulações e a amostra controle não podem ser classificadas como fonte de fibras, pois de acordo com Brasil (2020), para que um alimento seja considerado rico em fibras o mesmo deve conter resultados superiores a 25 g deste constituinte, de acordo com os valores dietéticos de referência (VDR).

Para os carboidratos os resultados variaram de 34,02 a 42,69 g 100 g⁻¹, apresentando diferenças significativas entre si ($p \leq 0,05$), demonstrando assim que as formulações podem ser consideradas como um alimento energético em função do seu alto teor de proteínas e lipídeos e elevado teor de carboidratos (Tabela 10). Alimentos com altos teores de carboidratos podem ser utilizados para enriquecer energeticamente a alimentação, seja pelo consumo direto ou através da inclusão no desenvolvimento de novos produtos (Abud *et al.*, 2009). Para os dados do valor energético total, segundo a RDC n° 429 de novembro de 2020, para que um alimento seja considerado como uma fonte de energia o mesmo deve fornecer 40 kcal 100 g⁻¹ sólida do alimento, quando os resultados são inferiores a 20 kcal por 100 gramas o alimento é tido como de baixo valor calórico. Nesse sentido, os resultados obtidos para todas as formulações, inclusive

para a amostra controle, denotam seus altos valores energéticos, variando de 446,93 e 514,57 kcal 100 g⁻¹ (Tabela 10).

5.4.2. Perfil de minerais

Os resultados da análise de perfil de minerais das formulações estão apresentados na Tabela 11. Potássio e cálcio foram os minerais que apresentaram maiores concentrações, enquanto, cobre e boro tiveram as concentrações mais baixas dentre as formulações elaboradas. Segundo a RDC N° 429, de novembro de 2020, a ingestão diária recomendada (IDR) para um indivíduo saudável de ambos os sexos é 3500 mg dia⁻¹ de potássio, e 1000 mg dia⁻¹ para cálcio (Brasil, 2020).

Tabela 11 – Conteúdo de minerais das formulações de bebidas em pó da amêndoa de baru.

Minerais (g kg⁻¹)	F1	F2	F3
Fósforo (g kg ⁻¹)	4,67	4,73	4,67
Potássio (g kg ⁻¹)	12,64	13,19	13,02
Cálcio (g kg ⁻¹)	17,47	17,23	17,07
Magnésio (g kg ⁻¹)	2,49	2,47	2,46
Enxofre (g kg ⁻¹)	1,75	1,80	1,70
Boro (mg kg ⁻¹)	15,24	12,66	9,06
Cobre (mg kg ⁻¹)	15,27	14,29	15,01
Manganês (mg kg ⁻¹)	41,13	47,10	42,36
Zinco (mg kg ⁻¹)	49,37	49,32	50,77
Ferro (mg kg ⁻¹)	241,54	232,23	226,96
Sódio (mg kg ⁻¹)	31,80	31,80	31,10

Ao verificar o conteúdo de potássio das formulações, a concentração ficou superior ao do IDR, sendo de 12,64 (g kg⁻¹) para F1, 13,19 (g kg⁻¹) para F2 e 13,02 (g kg⁻¹) para F3 (Tabela 11). Esses resultados demonstram que ambas as formulações podem ser inseridas na alimentação diária sem comprometer o limite máximo recomendável, tendo como objetivo de complementar a dieta, uma vez que o potássio desempenha um papel vital na contração muscular, regulação do ritmo cardíaco, condução de impulsos nervosos e manutenção de eletrólitos. O potássio também é crucial para prevenir hipertensão arterial (Morais *et al.*, 2022). Por outro lado, uma dieta que apresenta deficiência de potássio pode resultar em fadiga, câibras

nas pernas, fraqueza muscular, reflexos lentos, acne, pele seca e batimentos cardíacos irregulares, entre outros sintomas (Martínez-Ballesta *et al.*, 2010).

O nível de cálcio, assim como o potássio ficou acima da ingestão diária recomendada, sendo de 17,47 (g kg⁻¹) para F1, 17,23 (g kg⁻¹) para F2 e 17,07 (g kg⁻¹) para F3 (Tabela 13). Logo, todas formulações testadas podem ser inseridas na alimentação diária com o objetivo de complementar a dieta, uma vez que o cálcio desempenha um papel vital na contração muscular, além de que, nos ossos, o cálcio fornece a resistência estrutural que permite ao osso suportar o peso do corpo e ancorar os músculos (Pop *et al.*, 2023). Alguns minerais essenciais são vitais para a manutenção das vias metabólicas do corpo humano. Estes minerais (zinco, ferro e manganês) desempenham diversas funções, tais como o bom funcionamento do cérebro, do sistema nervoso e de alguns sistemas enzimáticos do corpo, auxiliam a prevenir osteoporose, aliviam dores musculares e regulam os níveis de açúcar no sangue e contribuem no desempenho cognitivo, estado imunológico e na produção de hormônios (Du *et al.*, 2023; Nemeth; Ganz, 2023; Lu *et al.*, 2023).

A Tabela 11 apresenta que os valores de zinco variaram de 49,32 a 50,77 mg kg⁻¹, de ferro de 226,96 a 241,54 mg kg⁻¹ e manganês de 41,13 a 47,10 mg kg⁻¹, apresentando concentrações satisfatórias para estes compostos. Segundo a ingestão dietética recomendada (IDR) para zinco (11 mg dia⁻¹), manganês (2,3 mg dia⁻¹) e ferro (8 mg dia⁻¹), todas as formulações elaboradas proporcionariam a ingestão diária proposta (Brasil, 2020). Logo o consumo de 100 g das amostras corresponderia ao limite preconizado pela RDC 429 de 2020 (Brasil, 2020).

Outro mineral que merece destaque dentre as formulações elaboradas é o cobre. As formulações obtiveram expressivos resultados, sendo F1 (15,27 mg kg⁻¹), F2 (14,29 mg kg⁻¹) e F3 (15,01 mg kg⁻¹), ficando acima do IDR de 0,9 mg dia⁻¹ (Brasil, 2005). Assim, a ingestão de alimentos ricos em cobre se torna essencial, visto que é um composto muito importante para o organismo, pois auxilia na produção de glóbulos vermelhos, age na fixação de ferro nas hemoglobinas e na produção de colágenos. Entretanto, o cobre não é produzido pelo organismo naturalmente, sendo necessário a ingestão através de alimentos ou suplementos (Wang *et al.*, 2018). De modo geral, a análise de minerais demonstra que apesar da formulação 2 não apresentar os maiores somatórios, a mesma se destaca devido aos seus expressivos resultados de minerais essenciais ao homem, como potássio (13,19 g kg⁻¹), fosforo (4,73 g kg⁻¹) e manganês (47,10 mg kg⁻¹).

5.4.3. Propriedades tecnológicas

A Tabela 12 apresenta os valores médios obtidos nas análises das propriedades tecnológicas das formulações elaboradas a partir do hidrolisado proteico da torta da amêndoa do baru.

Tabela 12 – Propriedades tecnológicas de solubilidade (s), Índice de absorção em água (IAA%) e índice de absorção de óleo (IAO%) das formulações de bebidas em pó da amêndoa de baru.

Ensaio	Controle	F1	F2	F3
Solubilidade (%)	12,94 ± 0,06 ^a	12,06 ± 0,76 ^a	12,52 ± 0,49 ^a	11,94 ± 0,66 ^a
Absorção em água (%)	0,86 ± 0,01 ^a	0,75 ± 0,05 ^a	0,80 ± 0,07 ^a	0,80 ± 0,07 ^a
Absorção de óleo (%)	1,16 ± 0,37 ^b	1,92 ± 0,11 ^a	2,01 ± 0,21 ^a	2,05 ± 0,15 ^a

Resultados são expressos em média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

De acordo com os resultados obtidos para a análise de solubilidade, todas as amostras foram estatisticamente iguais, não havendo diferenças significativas entre si ($p \leq 0,05$). De acordo com Zavareze *et al.* (2009), as propriedades funcionais como a solubilidade e os índices de absorção em água e óleo podem sofrer influência direta do grau de hidrólise, influenciando as características funcionais do produto final, visto que, um aumento no tempo de hidrólise ou na relação enzima/substrato resulta em uma redução do comprimento médio da cadeia de peptídeos nas frações analisadas. Nesse sentido, deve-se ter cuidado para que o substrato não seja extensivamente hidrolisado, pois um alto grau de hidrólise pode ter efeitos negativos nas demais propriedades funcionais do hidrolisado.

Por outro lado, os índices de absorção de água e óleo estão associados à capacidade que uma proteína possui em reter água e óleo, respectivamente (Liu *et al.*, 2018). A capacidade de retenção de água é um fenômeno importante na tecnologia de alimentos, pois a água absorvida em pequenas quantidades não atua como solvente, mas contribui para dar corpo e aumentar a viscosidade. Já o índice de absorção de óleo varia em função do número de grupos hidrofóbicos expostos da proteína. As cadeias laterais não polares das proteínas têm afinidade com as cadeias hidrofóbicas da molécula de gordura e assim contribuem para a absorção do óleo (Zavareze *et al.*, 2009; Pacheco *et al.*, 2022).

Para análise do índice de absorção de água não houve diferença significativa entre as

formulações analisadas ($p \leq 0,05$). No entanto, a análise estatística do índice de absorção de óleo mostrou que a amostra controle (1,16%) foi a única que apresentou resultado estatisticamente diferente das demais formulações. Tais propriedades são de suma importância para a indústria de alimentos, pois é a partir desses dados que são traçadas as novas estratégias para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

5.4.4. Análises colorimétricas

As Tabelas 13 e 14 apresentam os resultados das análises colorimétricas que foram realizadas na mistura em pó e na amostra diluída com água, afim de verificar possíveis alterações visuais, respectivamente.

Tabela 13 – Análise colorimétrica das formulações de bebidas em pó da amêndoa do baru.

Ensaio	Cor da mistura em pó			
	Controle	F1	F2	F3
L*	53,52 ± 1,61 ^a	52,98 ± 1,14 ^a	52,74 ± 1,54 ^a	53,07 ± 1,58 ^a
a*	12,26 ± 1,10 ^a	10,46 ± 3,65 ^a	10,72 ± 0,66 ^a	11,15 ± 0,07 ^a
b*	13,46 ± 1,47 ^a	14,15 ± 1,45 ^a	12,68 ± 1,04 ^a	13,63 ± 0,50 ^a
Croma*	18,20 ± 1,82 ^a	17,72 ± 2,93 ^a	16,60 ± 1,21 ^a	17,61 ± 0,43 ^a
° Hue	44,53 ± 0,31 ^b	54,30 ± 8,99 ^a	49,70 ± 2,65 ^a	50,63 ± 0,87 ^a

L*: Luminosidade (0 – preto e 100 – branco); C*: Cromaticidade (saturação da cor); Resultados são expressos em média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Dos valores obtidos na análise colorimétrica das misturas em pó, é possível inferir que não houve diferença significativa entre as formulações para as coordenadas L*, a*, b* e croma* ($p \leq 0,05$) (Tabela 13). Esses resultados mostram que, a adição de maiores porcentagens do hidrolisado proteico não causa efeitos significativos no atributo cor, visto que, independentemente da concentração testada 5, 10 e 15% os resultados são estatisticamente iguais.

Por outro lado, a análise do °Hue demonstrou que a amostra controle (44,53) diferiu das demais formulações analisadas ($p \leq 0,05$). O ângulo hue da amostra controle apresentou resultado menor que as demais formulações, e esse comportamento se dá devido a não adição do hidrolisado proteico, tornando a amostra mais opaca, visto que a coloração das amostras

tende a tons mais claros e neutros. Ao verificarmos a junção de todos os resultados no sistema de cores CIELab as formulações apresentam coloração que tende a tons amarelos, sendo que a formulação quatro tende a tons mais opacos e marrons.

Analisando os valores médios das formulações diluídas (Tabela 14), é possível observar que todas as amostras apresentaram diferenças significativas entre si ($p \leq 0,05$). Ao analisar os valores de L^* (brilho) e de a^* (índice vermelho) diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) para as três formulações testadas. O parâmetro de cor vermelha (a^*) foi maior (11,41) no hidrolisado com maior porcentagem adicionada (15%). Segundo Oliveira *et al.* (2015), a hidrólise de proteínas produz peptídeos com cor acastanhada que podem gerar uma alteração de cor nos produtos alimentícios nos quais estes hidrolisados são adicionados.

Tabela 14 – Análise colorimétrica das formulações de bebidas em pó da amêndoa do baru diluídas em água.

Ensaio	Cor da mistura diluída			
	Controle	F1	F2	F3
L^*	42,15 ± 0,82 ^b	45,04 ± 0,53 ^a	42,79 ± 0,42 ^b	42,81 ± 0,89 ^b
a^*	7,73 ± 0,17 ^d	9,47 ± 0,01 ^c	9,99 ± 0,02 ^b	11,41 ± 0,06 ^a
b^*	14,16 ± 0,59 ^a	13,68 ± 0,18 ^b	12,93 ± 0,57 ^c	12,66 ± 0,16 ^c
Croma*	18,23 ± 0,14 ^a	16,68 ± 0,44 ^b	16,34 ± 0,35 ^b	15,03 ± 0,05 ^c
° Hue	50,96 ± 5,15 ^b	55,16 ± 4,93 ^{ab}	52,23 ± 2,37 ^{ab}	58,36 ± 0,98 ^a

L^* : Luminosidade (0 – preto e 100 – branco); C^* : Cromaticidade (saturação da cor); Resultados são expressos em média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

A cromaticidade (C^*) é utilizada para analisar a pureza da cor de uma amostra. Quanto aos resultados observados para a coordenada C^* , houve diferença estatística significativa entre as formulações com adição de diferentes porcentagens do hidrolisado proteico, sendo a amostra controle a que apresentou o maior valor médio para a variável analisada, com 18,23. Analisado as respostas colorimétricas obtidas para as diferentes formulações, é perceptível que as amostras tendem os tons mais claros (amarelo levemente esbranquiçado) em comparação com a amostra não diluída que tende a tons mais opacos e marrons. Logo, é notório que a adição de água altera as características colorimétricas das formulações, sendo este um fator chave para elaboração de novos produtos, visto que a cor dos alimentos é um dos principais fatores de compra e consumo (Campos *et al.*, 2016).

5.5. Avaliação da estabilidade oxidativa da mistura em pó elaborada com hidrolisado proteico

Ao acompanhar a estabilidade oxidativa da mistura em pó elaborada com hidrolisado proteico armazenada durante 60 dias observa-se que o tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) quase todos os componentes físico-químicos analisados. As amostras foram armazenadas em embalagens de polietileno laminado, polipropileno e de vidro, tendo como variáveis repostas a análise de reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), pH, acidez titulável, atividade de água (a_w) e coloração, com a finalidade de avaliar a estabilidade e reações oxidativas do produto. Os resultados obtidos são expressos nas Tabelas 15 a 19.

Tabela 15 – Resultados médios de produção de malonaldeído (MDA) das misturas acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento (Dias)	TBARS (mg MDA Kg ⁻¹)		
	Embalagens		
	Laminada	Polipropileno	Vidro
0	0,047 ± 0,01 ^{aB}	0,047 ± 0,01 ^{aB}	0,047 ± 0,03 ^{aB}
15	0,431 ± 0,07 ^{aA}	0,498 ± 0,03 ^{aA}	0,512 ± 0,01 ^{aA}
30	0,610 ± 0,01 ^{bA}	0,698 ± 0,08 ^{aA}	0,675 ± 0,04 ^{aA}
45	0,681 ± 0,09 ^{aA}	0,653 ± 0,15 ^{aA}	0,624 ± 0,02 ^{bA}
60	0,797 ± 0,02 ^{aA}	0,684 ± 0,03 ^{bA}	0,732 ± 0,11 ^{aA}

Resultados são expressos em média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Os dados referentes a análise de reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (Tabela 15), mostram que os resultados variaram de 0,047 mg MDA Kg⁻¹ (dia 0) a 0,797 mg MDA Kg⁻¹ (dia 60), demonstrando que com o decorrer do tempo de armazenamento houve alterações químicas na amostra. Embora tenha-se observado um aumento da produção de malonaldeído com o decorrer do armazenamento, apenas o tempo 0 se diferenciou dos demais tempos, ou seja, o aumento na produção de malonaldeído não foi significativo, ao considerar o tempo de 15 a 60 dias. Além disso, até os 15 dias de armazenamento, não foi observada diferença significativa entre as embalagens, no entanto, aos trinta dias de armazenamento as amostras acondicionadas nas embalagens de polipropileno e vidro apresentaram maiores valores de

malonaldeído, já aos 60 dias observou-se que a maior produção de malonaldeído foi observado para as amostras acondicionadas nas embalagens laminada e de vidro. Por outro lado, estes resultados são baixos indicando que não possuem altos níveis de produtos de oxidação secundária, visto que, o teste de TBARS mede o valor de compostos de oxidação secundária que reagem com o ácido 2-tiobarbitúrico. Esse teste apresenta algumas limitações, inutilidade em amostras tratados termicamente e confiabilidade quando aplicado para determinação em alimentos não processados (Poyato *et al.*, 2014).

Em relação à análise de peróxidos não foi possível detectar tal componente oxidativo nas amostras da mistura em pó acondicionadas nas diferentes embalagens (laminada, de polipropileno e de vidro) ao longo dos 60 dias de armazenamento. Esse resultado é favorável do ponto de vista industrial, visto que os peróxidos são produtos primários de oxidação instáveis à fatores, tais como a alta temperatura, produzindo compostos como aldeídos, cetonas, hidroxiácidos, hidrocarbonetos e polímeros, ocasionando em odores indesejáveis e desagradáveis (Polmann *et al.*, 2023).

Por outro lado, o índice de acidez (Tabela 16) é um parâmetro importante para avaliar o estado de conservação de uma amostra que apresenta elevado percentual lipídico durante o armazenamento. Quando o valor de acidez está muito alto, pode indicar uma menor qualidade desse alimento. Esse índice aumenta com a idade do óleo, já que os triglicerídeos se decompõem em ácidos graxos e glicerol com o tempo. A formação de ácidos graxos livres é dada pela rancidez hidrolítica, que é a hidrólise de um éster por lipase ou pela presença de umidade e temperaturas elevadas (Rohman *et al.*, 2011).

A acidez titulável variou de 0,211 até 0,293 g ácido oleico 100 g⁻¹ (Tabela 16), estando estes valores dentro dos limites estabelecidos para produtos em pó do Codex Alimentarius (2021). Assim, os teores de acidez das amostras ficaram abaixo do limite máximo (0,35%), indicando qualidade adequada, já que os ácidos graxos livres são responsáveis pela presença de aroma e sabor indesejável (Cândido *et al.*, 2015).

Em relação a acidez é importante destacar que a principal variável que exerceu efeito significativo foi o tipo de embalagem utilizada, apresentando alterações entre as amostras. Visto que, apesar de haver variações nos teores de acidez os valores ficaram relativamente baixos no decorrer dos dias de armazenamento demonstrando diferenças significativas entre os tempos 15 e 60 dias com os dias 0, 30 e 45 dias ($p \leq 0,05$). Logo, a acidez em alimentos e bebidas pode ser influenciada por diversos fatores, como o pH dos ingredientes, processos de fabricação e, como indicado, o tipo de embalagem utilizado. A escolha da embalagem pode afetar a interação entre o conteúdo e o ambiente externo, incluindo a possível transferência de componentes da

embalagem para o produto (Cheng *et al.*, 2022). Portanto, a escolha adequada da embalagem torna-se um ponto crítico durante o desenvolvimento de novos produtos, especialmente para aqueles suscetíveis a alterações na acidez (Petersen *et al.*, 1999).

Tabela 16 – Resultados médios da acidez titulável das misturas acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.

Acidez titulável (g ácido oleico 100 g⁻¹)			
Tempo de Armazenamento (Dias)	Embalagens		
	Laminada	Polipropileno	Vidro
0	0,211 ± 0,06 ^{aB}	0,211 ± 0,02 ^{aB}	0,211 ± 0,01 ^{aB}
15	0,262 ± 0,10 ^{aA}	0,285 ± 0,09 ^{aA}	0,243 ± 0,05 ^{bA}
30	0,212 ± 0,08 ^{bB}	0,289 ± 0,01 ^{aA}	0,257 ± 0,03 ^{aA}
45	0,219 ± 0,06 ^{bB}	0,291 ± 0,01 ^{aA}	0,248 ± 0,06 ^{bA}
60	0,251 ± 0,01 ^{bA}	0,267 ± 0,02 ^{bA}	0,293 ± 0,02 ^{aA}

Resultados são expressos em média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Os valores do potencial hidrogeniônico (pH) encontrados no período de avaliação da estabilidade do produto formulado estão apresentados na Tabela 17. É importante destacar que todas as amostras foram estatisticamente iguais ($p \leq 0,05$), não apresentando diferenças entre si. O pH das amostras analisadas, variaram de 6,02 a 6,29, o que pode classificá-los como alimentos levemente ácidos (Cândido *et al.*, 2015). Analisando o pH, e o baixo teor de atividade de água (aw) encontrado, esses dados quando correlacionados propiciam uma maior estabilidade ao produto, dificultando o desenvolvimento de microrganismos (Abud; Narain, 2010). Analisando as embalagens utilizadas, é possível inferir que todas formaram barreiras contra processos oxidativos durante o período de armazenamento.

A atividade de água (aw) apresentou comportamento semelhante para as embalagens laminada, polipropileno e vidro (Tabela 18), demonstrando oscilações como o decorrer dos dias de armazenamento. Assim, é correto dizer que esta variável não sofreu influência significativa do tempo e embalagem ($p \leq 0,05$) durante o armazenamento, visto que os resultados não diferiram significativamente. Fato esse que pode estar relacionado à hidrólise de açúcares não redutores a redutores, resultando na evaporação de água e conseqüentemente no aumento no teor de sólidos solúveis (Ridel *et al.*, 2015; Soares Junior *et al.*, 2003). Durante o

armazenamento os valores de a_w se apresentaram entre 0,372 a 0,584, valores abaixo dos limites de crescimento de principais patógenos alimentares e bolores e leveduras ($a_w \geq 0,85$) (Brasil, 2019; Moura *et al.*, 2010; Franco; Landgraf, 2005).

Tabela 17 – Resultados médios do pH das misturas acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento (Dias)	pH		
	Laminada	Polipropileno	Vidro
0	6,02 ± 0,12 ^{aA}	6,02 ± 0,31 ^{aA}	6,02 ± 0,22 ^{aA}
15	6,25 ± 0,09 ^{aA}	6,29 ± 0,45 ^{aA}	6,25 ± 0,03 ^{aA}
30	6,22 ± 0,18 ^{aA}	6,26 ± 0,91 ^{aA}	6,25 ± 0,44 ^{aA}
45	6,10 ± 0,22 ^{aA}	6,09 ± 0,08 ^{aA}	6,12 ± 0,20 ^{aA}
60	6,13 ± 0,10 ^{aA}	6,11 ± 0,07 ^{aA}	6,19 ± 0,01 ^{aA}

Resultados são expressos em média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Tabela 18 – Resultados médios da atividade de água (a_w) das misturas acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento (Dias)	Atividade de água (a_w)		
	Laminada	Polipropileno	Vidro
0	0,372 ± 0,01 ^{aB}	0,372 ± 0,02 ^{aB}	0,372 ± 0,01 ^{aB}
15	0,452 ± 0,14 ^{aA}	0,454 ± 0,05 ^{aA}	0,584 ± 0,12 ^{aA}
30	0,425 ± 0,18 ^{aA}	0,431 ± 0,10 ^{aA}	0,409 ± 0,13 ^{aA}
45	0,466 ± 0,11 ^{aA}	0,421 ± 0,08 ^{bA}	0,414 ± 0,08 ^{bA}
60	0,431 ± 0,11 ^{bA}	0,435 ± 0,04 ^{bA}	0,472 ± 0,02 ^{aA}

Resultados são expressos em média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Os dados colorimétricos observados nas amostras da mistura em pó acondicionada em embalagem de polietileno laminada, de polipropileno e vidro durante o período de armazenamento de 60 dias seguem expressos na Tabelas 19. Em relação ao parâmetro L* (luminosidade) e o tempo de armazenamento, é possível verificar o acréscimo no valor de L*, sendo a menor luminosidade observada na amostra armazenada em embalagem de vidro no tempo 15 (51,26), indicando a influência do tempo e da embalagem sobre o produto, conforme observado na Tabela 19.

Os resultados sugerem que ocorreram processos oxidativos não enzimáticos, que resultaram na formação de compostos que confere a coloração escura, tais como o hidroximetilfurfural, composto originado pela oxidação da vitamina C, ou podendo estar relacionada com o aparecimento de compostos resultantes da caramelização do açúcar durante o armazenamento (Souza *et al.*, 2014; Gabriel *et al.*, 2015). É notório que a variável luminosidade oscila seus resultados durante o armazenamento. Entretanto, é perceptível que os comportamentos de todas as amostras sofreram acréscimos ao final do armazenamento.

O tempo e a embalagem exerceram influência significativa em relação ao parâmetro croma durante o armazenamento. O comportamento observado na Tabela 19 indica uma perda da intensidade da coloração com o passar dos meses. De acordo com o sistema de cores Munsell, a cor vermelha apresenta saturação de 0 a 12 ou mais, quanto maior este valor, maior a concentração do pigmento, e mais “viva” é a cor (Minolta, 1998). As amostras armazenadas em seu último mês de armazenamento variaram de 15,14 a 17,83. O comportamento de declínio observado para a variável croma pode ser advindo de inúmeros fatores como a disponibilidade de oxigênio e a presença de antioxidantes (Azeredo *et al.*, 2012).

Tabela 19 - Valores médios da análise colorimétrica durante o armazenamento em embalagem polietileno laminado, embalagem polipropileno e vidro durante 60 dias.

Cor	Tempo	Armazenamento		
		Amostra em pó		
		Laminada	Polipropileno	Vidro
L*	0	54,29 ± 0,01 ^{aB}	54,11 ± 0,05 ^{bC}	51,48 ± 0,08 ^{cBC}
	15	54,02 ± 0,05 ^{bC}	54,82 ± 0,07 ^{aAB}	51,26 ± 0,10 ^{cC}
	30	53,25 ± 0,33 ^{bD}	54,60 ± 0,36 ^{aAB}	51,75 ± 0,17 ^{cB}
	45	53,13 ± 0,01 ^{bE}	54,48 ± 0,05 ^{aBC}	51,35 ± 0,06 ^{cC}
	60	54,41 ± 0,04 ^{bA}	54,97 ± 0,05 ^{aA}	52,13 ± 0,05 ^{cA}

a*	0	10,20 ± 0,20 ^{cA}	11,80 ± 0,17 ^{bA}	12,62 ± 0,05 ^{aA}
	15	10,40 ± 0,10 ^{abA}	10,44 ± 0,08 ^{aB}	10,22 ± 0,05 ^{bC}
	30	10,34 ± 0,01 ^{aA}	10,21 ± 0,10 ^{aB}	10,22 ± 0,02 ^{aC}
	45	10,22 ± 0,02 ^{bA}	10,35 ± 0,31 ^{bB}	10,85 ± 0,10 ^{aB}
	60	10,16 ± 0,06 ^{aA}	10,18 ± 0,05 ^{aB}	10,18 ± 0,09 ^{aC}
b*	0	13,24 ± 0,31 ^{bB}	12,67 ± 0,20 ^{cA}	14,01 ± 0,05 ^{aB}
	15	13,25 ± 0,24 ^{bB}	12,00 ± 0,10 ^{cB}	14,33 ± 0,09 ^{aAB}
	30	14,12 ± 0,08 ^{aA}	12,32 ± 0,29 ^{bAB}	14,20 ± 0,06 ^{aAB}
	45	14,16 ± 0,15 ^{aA}	12,02 ± 0,05 ^{bB}	14,53 ± 0,31 ^{aA}
	60	14,20 ± 0,07 ^{aA}	12,47 ± 0,24 ^{bAB}	14,32 ± 0,25 ^{aAB}
C*	0	17,83 ± 0,10 ^{aA}	16,97 ± 0,01 ^{cA}	17,32 ± 0,01 ^{bA}
	15	17,66 ± 0,23 ^{aAB}	16,67 ± 0,05 ^{bBC}	17,40 ± 0,10 ^{aA}
	30	17,41 ± 0,21 ^{aB}	15,14 ± 0,09 ^{aD}	17,65 ± 1,55 ^{aA}
	45	17,47 ± 0,01 ^{bAB}	16,78 ± 0,14 ^{cAB}	17,80 ± 0,10 ^{aA}
	60	17,33 ± 0,05 ^{aB}	16,48 ± 0,04 ^{bC}	17,35 ± 0,02 ^{aA}
h°	0	47,91 ± 0,04 ^{cA}	48,23 ± 0,02 ^{bC}	53,94 ± 0,04 ^{aA}
	15	41,32 ± 0,04 ^{cC}	48,74 ± 0,09 ^{bB}	53,67 ± 0,18 ^{aA}
	30	41,87 ± 0,05 ^{cB}	48,60 ± 0,13 ^{bB}	53,74 ± 0,07 ^{aA}
	45	41,16 ± 0,05 ^{cC}	48,50 ± 0,20 ^{bBC}	53,11 ± 0,04 ^{aB}
	60	40,80 ± 0,10 ^{cD}	49,77 ± 0,10 ^{bA}	53,68 ± 0,10 ^{aA}

L*: Luminosidade (0 – preto e 100 – branco); C*: Cromaticidade (saturação da cor); h°: Ângulo Hue. Resultados são expressos em média ± desvio padrão; médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); e médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Quanto ao parâmetro Hue, observou-se influência significativa de todas as variáveis estudadas ao longo do armazenamento ($p \leq 0,05$). Os resultados apresentados na Tabela 19 indicam uma mudança a intensidade de amarelo (início do armazenamento) para cores avermelhadas ou tons terrosos com o passar dos meses (fim do armazenamento), o ângulo hue, a 0° representa vermelho puro, 90° o amarelo puro, 180° o verde puro e a 270° o azul puro (Garcia *et al.*, 2017). Logo, podemos enfatizar que as amostras armazenadas sofreram processos químicos que alteraram sua cor no decorrer dos dias. Essa variação, pode influenciar diretamente na aceitação, preferência e escolha dos produtos alimentícios no momento de sua aquisição por parte dos consumidores.

6. CONCLUSÕES

A torta da amêndoa do baru se mostrou ser fonte de lipídios (22,90 g 100 g⁻¹), proteínas (39,99 g 100 g⁻¹) e carboidratos (21,19 g 100 g⁻¹), o que a torna uma matéria-prima promissora para elaboração de novos produtos. Dentre as dezessete formulações propostas pelo planejamento experimental, a melhor condição de produção do hidrolisado de torta da amêndoa do baru foi obtida quando adotado 1% de concentração enzimática, 120 minutos de hidrólise a 60°C, obtendo o maior grau de hidrólise (21,08%), sendo este o escolhido para as demais etapas do projeto. A fração mista do hidrolisado proteico obteve os melhores resultados para as análises físico-químicas, perfil de minerais e aminoácidos e propriedades tecnológicas. A formulação com adição de 10% de hidrolisado proteico de amêndoa de baru apresentou os melhores resultados nas análises químicas, tecnológicas e funcionais. Por outro lado, a amostra armazenada em embalagens de polietileno obteve menores alterações químicas durante o armazenamento. Apesar de apresentarem oscilações no decorrer do armazenamento, esta embalagem foi a que ficou mais estável quimicamente, sendo esta a ideal para o correto armazenamento. O baru e o hidrolisado proteico mostrou ser uma boa fonte de compostos de alto valor agregado. No entanto, novos estudos devem ser realizados, principalmente voltados para ensaios da simulação da digestão gastrointestinal *in vitro* a fim de verificar o percentual proteico absorvido em cada etapa da digestão. Testes adicionais sobre os compostos bioativos também devem ser melhor elucidados.

REFERENCIAS

- ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of food technology**, v. 12, n. 4, p. 257-265, 2010.
- AIEMRATCHANEE, P. *et al.* In vitro antihypertensive activity of bioactive peptides derived from porcine blood corpuscle and plasma proteins. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, n. 5, p. 2315-2324, 2021.
- AKBARIAN, M *et al.* Bioactive peptides: Synthesis, sources, applications, and proposed mechanisms of action. **International journal of molecular sciences**, v. 23, n. 3, p. 1445, 2022.
- ANDERSON, R. A. *et al.* Gelatinization of corn grit by roll and extrusion cook. **Cereal Science Today**, Saint Paul, v. 14, n. 1, p. 4-11, 1969.
- ANTÚNEZ, L. *et al.* Comparison of consumer-based methodologies for sensory characterization: Case study with four sample sets of powdered drinks. **Food quality and preference**, v. 56, p. 149-163, 2017.
- ANTÚNEZ, L. *et al.* Comparison of consumer-based methodologies for sensory characterization: Case study with four sample sets of powdered drinks. **Food quality and preference**, v. 56, p. 149-163, 2017.
- AOAC. **Association of Official Analytical Chemistry**. Official methods of analysis. 19th ed.
- ARACAVAL, K. K. *et al.* Valorization of the baru (*Dipteryx alata* Vog.) processing chain: Technological properties of defatted nut flour and oil solubility in ethanol and isopropanol. **Food Chemistry**, v. 383, p. 132587, 2022.
- ARAYICI, M. E. *et al.* Soluble and insoluble dietary fiber consumption and colorectal cancer risk: a systematic review and meta-analysis. **Nutrition and Cancer**, v. 74, n. 7, p. 2412-2425, 2022.
- ARES, G. *et al.* Are consumer profiling techniques equivalent for some product categories? The case of orange-flavoured powdered drinks. **International journal of food science & technology**, v. 46, n. 8, p. 1600-1608, 2011.

ARES, G. *et al.* Are consumer profiling techniques equivalent for some product categories? The case of orange-flavoured powdered drinks. **International journal of food science & technology**, v. 46, n. 8, p. 1600-1608, 2011.

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.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. S. Alterações químicas durante a estocagem. In: Azeredo, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. p. 37-59.

BARBOSA, K. A. *et al.* Quilombola ethnobotany: a case study in a community of slave descendants from the center of the Cerrado biome. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e332985797-e332985797, 2020.

BENTO, A. P. N. *et al.* Baru almond improves lipid profile in mildly hypercholesterolemic subjects: A randomized, controlled, crossover study. **Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases**, v. 24, n. 12, p. 1330-1336, 2014.

BERTAGNOLLI, S. M. M. *et al.* 2014. **Bebidas fermentadas de goiaba: compostos bioativos, caracterização volátil e aproveitamento de resíduos**. 2014. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2014.

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.

BORGES, T. H. *et al.* Effect of different extraction conditions on the antioxidant potential of baru almonds (*Dipteryx alata* Vog.): comparison to common nuts from Brazil. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 53, n. 02, p. 180-188, 2014.

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.

BOX, G. E. P. *et al.* **Statistics for experimenters**. New York: John Wiley and sons, 1978.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC n° 91 de 18 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Alimento Com Soja. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada-RDC n° 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 N° 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. Resolução da diretoria colegiada - RDC n° 726, de 1° de julho de 2022. **Resolução dispõe sobre os requisitos sanitários dos cogumelos comestíveis, dos produtos de frutas e dos produtos de vegetais**. Brasília, DF, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n° 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. Secretaria de Vigilância Sanitária. RDC n° 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. Portaria n° 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, de 28 de outubro de 1997.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. [2019] O Bioma Cerrado. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 22 de novembro de 2022.

CAI, B. *et al.* Isolation and identification of immunomodulatory peptides from the protein hydrolysate of tuna trimmings (*Thunnus albacares*). **LWT**, v. 164, p. 113614, 2022.

CALDAS, J. N.; PIGOZZI, M. T.; MENDES, F. Q. **Conhecimento e hábitos de consumo de frutos nativos do Cerrado do Alto Paranaíba**. VI Simpósio de Segurança Alimentar. Gramado, RS. 2018.

CAMPIDELLI, M. L. L. *et al.* Baru almonds (*Dipteryx alata* Vog.) and baru almond paste promote metabolic modulation associated with antioxidant, anti-inflammatory, and neuroprotective effects. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 80, n. 1, p. 103068, 2022.

CAMPIDELLI, M. L. L. *et al.* Fatty acid profile, mineral content and bioactive compounds of cocoa spreads supplemented with baru almonds (*Dipteryx alata* Vog.). **Grasas y Aceites**, v. 71, n. 4, p. e382-e382, 2020.

CAMPOS, B. E. *et al.* Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. **LWT-Food Science and Technology**, v. 65, p. 874-883, 2016.

CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* Lf) from the Cerrado and Amazon biomes. **Food Chemistry**, v. 177, p. 313-319, 2015.

CARVALHO, A. V., BECKMAN, J. C., MACIEL, R. D. A., & DE FARIAS NETO, J. T. Physical and chemical characteristics of peach palm fruits in the state of Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 3, p. 763-768, setembro 2013.

CASAS, D. E. *et al.* Enzymatic hydrolysis and microbial fermentation: The most favorable biotechnological methods for the release of bioactive peptides. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, v. 3, n. 1, p. 100047, 2021.

CHALAMAIAH, M.; YU, W.; WU, J. Immunomodulatory and anticancer protein hydrolysates (peptides) from food proteins: A review. **Food chemistry**, v. 245, n. 8, p. 205-222, 2018.

CHASSARD, C.; LACROIX, C. Carbohydrates and the human gut microbiota. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 16, n. 4, p. 453-460, 2013.

CHATURVEDI, S.; KHARTAD, A.; CHAKRABORTY, S. The potential of non-dairy synbiotic instant beverage powder: Review on a new generation of healthy ready-to-reconstitute drinks. **Food Bioscience**, v. 42, p. 101195, 2021.

CHEN, D. *et al.* Preparation and in vitro bioactive evaluation of cashew-nut proteins hydrolysate as a potential source of anti-allergy peptides. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, p. 3780-3789, 2021.

CHENG, H. *et al.* Recent advances in intelligent food packaging materials: Principles, preparation and applications. **Food Chemistry**, v. 375, p. 131738, 2022.

CHIMENOS, J. M. *et al.* Characterization of the bottom ash in municipal solid waste incinerator. **Journal of hazardous materials**, v. 64, n. 3, p. 211-222, 1999.

CHURCH, F. 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. 12191227, 1983.

COCO, J. C. *et al.* *In vitro* antioxidant and wound healing properties of baru nut extract (*Dipteryx alata* Vog.) in pulmonary epithelial cells for therapeutic application in chronic pulmonary obstructive disease (COPD). **Natural Product Research**, v. 36, n. 17, p. 4469-4475, 2022.

COFFMANN, C. N.; GARCIA, V. V. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 12, n. 5, p. 43, 1977.

COLMAN, C. B. *et al.* Identifying priority regions and territorial planning strategies for conserving native vegetation in the Cerrado (Brazil) under different scenarios of land use changes. **Science of the Total Environment**, v. 807, n. 9, p. 150998, 2022.

COLUMBUS, D. A.; FIOROTTO, M. L.; DAVIS, T. A. Leucine is a major regulator of muscle protein synthesis in neonates. **Amino acids**, v. 47, p. 259-270, 2015.

ÇOPUR, O. U.; İNCEDAYI, B.; KARABACAK, A. O. Technology and nutritional value of powdered drinks. In: **Production and Management of Beverages**. Woodhead Publishing, 2019. p. 47-83.

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.

CRUZ, M. B. *et al.* Buriti (*Mauritia Flexuosa* L.) pulp oil as an immunomodulator against enteropathogenic *Escherichia coli*. **Industrial Crops and Products**, v. 149, p. 112330, 2020.

CRUZ, P. N. *et al.* Baru (*Dipteryx alata* Vogel) almond and dairy desserts with baru regulates gastrointestinal transit in rats. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 11, p. e14167, 2019.

DAMASCENO, N. R. T *et al.* Mediterranean diet supplemented with nuts reduces waist circumference and shifts lipoprotein subfractions to a less atherogenic pattern in subjects at high cardiovascular risk. **Atherosclerosis**, v. 230, n. 2, p. 347-353, 2013.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Amino acids, peptides, and proteins. In: **Fennema's food chemistry**. CRC Press, 2017. p. 235-356.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Fennema's Food Chemistry**. 4^a Ed. 2007.

DIAS, G. F. **Atividades interdisciplinares de educação ambiental**. Global Editora e Distribuidora Ltda, 2015.

DINI, I. An overview of functional beverages. **Functional and medicinal beverages**, p. 1-40, 2019.

DODD, K. M.; TEE, A. R. Leucine and mTORC1: a complex relationship. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, 2012.

DU, B. *et al.* Environmental contamination and health risk assessment to toxic elements in an active lead–zinc mining area. **Exposure and Health**, v. 15, n. 3, p. 687-698, 2023.

DUTRA, S. *et al.* Challenging the environmental history of the Cerrado: science, biodiversity and politics on the Brazilian agricultural frontier. *Historia Ambiental Latinoamericana Y Caribeña (HALAC)* **Revista De La Solcha**, v. 10, n. 1, p. 82-116, 2020.

DUTTA, S.; RAY, S.; NAGARAJAN, K. Glutamic acid as anticancer agent: An overview. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 21, n. 4, p. 337-343, 2013.

- EGEA, M. B. *et al.* The potential of baru (*Dipteryx alata* Vog.) and its fractions for the alternative protein market. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, p. 1148291, 2023.
- EGHBALJOO, H. *et al.* Advances in plant gum polysaccharides; Sources, techno-functional properties, and applications in the food industry-A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 222, n. 8, p. 2327-2340, 2022.
- ESFANDI, R.; WALTERS, M. E.; TSOPMO, A. Antioxidant properties and potential mechanisms of hydrolyzed proteins and peptides from cereals. **Heliyon**, v. 5, n. 4, e01538 2019.
- FAO. **Looking at edible insects from a food safety perspective**. FAO, Rome, Italy, 2021.
- FAO. **Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition**, Report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation. World Health Organ Tech Rep Ser. 2007.
- FENG, H. *et al.* Applying blockchain technology to improve agri-food traceability: A review of development methods, benefits and challenges. **Journal of cleaner production**, v. 260, n. 3, p. 121031, 2020.
- FENG, Y. X. *et al.* Purification, identification, and synthesis of five novel antioxidant peptides from Chinese chestnut (*Castanea mollissima* Blume) protein hydrolysates. **Lwt**, v. 92, p. 4046, 2018.
- FERREIRA, R. A. *et al.* Caracterização morfológica de fruto, semente, plântula e muda de *Dipteryx alata* Vogel-baru (Leguminosae Papilionoideae). **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 73-87, 1998.
- FERREIRA, T. H. B. *et al.* Elaboration of biscuits type cookies with pre-treated baru (*Dipteryx alata* Vog.) pulp flour. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 14, n. 6, p. 3156-3162, 2020.
- FONTES, C. P. M. L. *et al.* Dehydration of prebiotic fruit drinks by spray drying: operating conditions and powder characterization. **Food and bioprocess technology**, v. 7, n. 10, p. 29422950, 2014.
- FOUNTOULAKIS, M.; LAHM, H. W. Hydrolysis and amino acid composition analysis of proteins. **Journal of chromatography A**, v. 826, n. 2, p. 109-134, 1998.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. Ed. Atheneu, São Paulo, 2005, 182 p.

FRIEDMAN, M. Food browning and its prevention: an overview. **Journal of Agricultural and Food chemistry**, v. 44, n. 3, p. 631-653, 1996.

GABRIEL, A. A.; CAYABYAB, J. E. C.; TAN, A. K. L.; COROOK, M. L. F.; ABLES, E. J. O.; TIANGSON-BAYAGA, C. L. P. Development and validation of a predictive model for the influences of selected product and process variables on ascorbic acid degradation in simulated fruit juice. **Food Chemistry**, v. 177, n. 1, p. 295-303, 2015.

GARCIA, L. G. C.; GUIMARÃES, W. F.; RODOVALHO, E. C.; PERES, N. R. A. D. A.; BECKER, F. S.; DAMIANI, C. Geleia de buriti (*Mauritia flexuosa*): agregação de valor aos frutos do cerrado brasileiro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016043, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.4316>

GAYOL, M. F. *et al.* Quality and chemical composition of residual cakes obtained by pressing jojoba seeds produced in La Rioja, Argentina. **The Journal of Argentine Chemical Society**, v. 95, n. 1-2, p. 39-47, 2007.

GOLDONI, J. *et al.* Physicochemical characterization of fruits of *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 41, n. 1, p. 45923, 2019.

GOMES, S. *et al.* Microencapsulated Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) cake extract powder as an added-value functional food ingredient. **LWT**, v. 116, p. 108495, 2019.

GONÇALVES, T. O. *et al.* In vitro bioaccessibility of the Cu, Fe, Mn and Zn in the baru almond and bocaiúva pulp and, macronutrients characterization. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 86, p. 103356, 2020.

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.

GUERRERO, L. *et al.* Innovation in traditional food products: does it make sense?. In: **Innovation strategies in the food industry**. Academic Press, 2016. p. 77-89.

GUO, K. *et al.* Antioxidant and anti-aging effects of a sea cucumber protein hydrolyzate and bioinformatic characterization of its composing peptides. **Food & function**, v. 11, n. 6, p. 50045016, 2020.

GUO, X. *et al.* Interactions between soy protein hydrolyzates and wheat proteins in noodle making dough. **Food Chemistry**, v. 245, p. 500-507, 2018.

HASSOUN, A. *et al.* The fourth industrial revolution in the food industry—part II: Emerging food trends. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 64, n. 2, p. 407-437, 2024.

HOPKINS, E. F.; GOURLEY, J. H. **A study of the ash constituents of apple fruits during the growing season.** 1933.

HRCKOVÁ, M. *et al.* Enzymatic hidrolisis of defatted soy flour by three diferente proteases and then effect on the functional proprieties of resulting protein hydrolysates. **Czech Journal of Food Science**, v. 20, n. 1, p. 7-14, 2002.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** (2019). Disponível em<https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/biomas_e_sistema_costeiro_marinho_250mil.pdf> Acesso em: 20 de outubro de 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 4. ed. Brasília: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1018 p.

JAMDAR, S. N. *et al.* Influence of degree of hydrolysis on functional properties, antioxidant activity and ACE inhibitory activity of peanut protein hydrolysate. **Food Chemistry**, v. 121, n. 1, p. 178–184, 2010.

KAŁUŻNA-CZAPLIŃSKA, J. *et al.* How important is tryptophan in human health?. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 59, n. 1, p. 72-88, 2019.

KARWACKA, M. *et al.* Sustainable development in the agri-food sector in terms of the carbon footprint: A Review. **Sustainability**, v. 12, n. 16, p. 6463, 2020.

KASAPOĞLU, K. N. *et al.* Enrichment of beverages with health beneficial ingredients. **Value-added ingredients and enrichments of beverages**, p. 63-99, 2019.

KHAN, R. S. *et al.* Functional food product development—Opportunities and challenges for food manufacturers. **Trends in food science & technology**, v. 30, n. 1, p. 27-37, 2013.

KHATTAB, R. Y.; ARNTFIELD, S. D. Functional properties of raw and processed canola meal. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, n. 6, p. 1119-1124, 2009.

KREMPEL, M.; GRIFFIN, K.; KHOURYIEH, H. Hydrocolloids as emulsifiers and stabilizers in beverage preservation. In: **Preservatives and preservation approaches in beverages**. Academic Press, 2019. p. 427-465.

LATULIPPE, M. *et al.* ILSI Brazil International Workshop on Functional Foods: a narrative review of the scientific evidence in the area of carbohydrates, microbiome, and health. **Food & Nutrition Research**, v. 57, n. 1, p. 19214, 2013.

LI, P.; WU, G. Roles of dietary glycine, proline, and hydroxyproline in collagen synthesis and animal growth. **Amino acids**, v. 50, p. 29-38, 2018.

LIMA, D. C. *et al.* A review on Brazilian baru plant (*Dipteryx alata* Vogel): morphology, chemical composition, health effects, and technological potential. **Future Foods**, v. 5, p. 100146, 2022.

LIMA, D. S. *et al.* Technological quality and sensory acceptability of nutritive bars produced with Brazil nut and baru almond coproducts. **LWT**, v. 137, p. 110467, 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.

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**, v. 1, p. 1-11, 2023.

MALAVOLTA, Eurípedes; VITTI, Godofredo César; OLIVEIRA, Sebastião Alberto de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 1997.

MARTÍNEZ-BALLESTA, M. C. *et al.* Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 30, n. 2, p. 295-309, 2010.

MATALANIS, A.; JONES, O. G.; MCCLEMENTS, D. J. Structured biopolymer-based delivery systems for encapsulation, protection, and release of lipophilic compounds. **Food hydrocolloids**, v. 25, n. 8, p. 1865-1880, 2011.

MATOS, K. A. N. *et al.* Peels of tucumã (*Astrocaryum vulgare*) and peach palm (*Bactris gasipaes*) are by-products classified as very high carotenoid sources. **Food Chemistry**, v. 272, p. 216-221, 2019.

MCCLEMENTS, D. J.; WEISS, J.; CORRADINI, M. G. Lipid emulsions. **Bailey's industrial oil and fat products**, p. 1-40, 2005.

MENDES, N. S. R. *et al.* Oxidative stability of cereal bars made with fruit peels and baru nuts packaged in different types of packaging. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 730-736, 2013.

MILLSON, M. R.; WILEMON, D. Driving new product success in the electrical equipment manufacturing industry. **Technovation**, v. 26, n. 11, p. 1268-1286, 2006.

MINOLTA (FIRMA COMERCIAL). **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. Japan: Minolta Co. Ltd., 59 p. 1998.

MONTEIRO, G. M.; CARVALHO, E. E. N.; BOAS, E. V. B. V. Baru (*Dipteryx alata* Vog.): fruit or almond? A review on applicability in food science and technology. **Food Chemistry Advances**, p. 100103, 2022.

MORAIS, R. A. *et al.* Comprehensive evaluation of the chemical profile and antioxidant potential of buritirana (*Mauritiella armata*) an underexplored fruit from Brazilian Cerrado. **Food Research International**, p. 113945, 2024.

MORAIS, R. A. *et al.* Determinação dos compostos fenólicos totais em cascas de frutas encontradas no cerrado brasileiro. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, n. Especial, p. 26-33, 2020.

MORAIS, R. A. *et al.* Formulation and evaluation of guapeva jam: nutritional properties, bioactive compounds, and volatile compounds during storage. **Food Science and Technology**, 42, e116321, 2022.

MORAIS, R. A. *et al.* Nutritional Composition and Bioactive Compounds of Native Brazilian Fruits of the Arecaceae Family and Its Potential Applications for Health Promotion. **Nutrients**, v. 14, n. 19, p. 4009, 2022.

MOREIRA, M. R. *et al.* Handmade savory crackers made with baru cake and oil (*Dipteryx alata* Vog). **Food Science and Technology**, v. 42, 2022.

MORR, C. V.; GERMAN, B.; KINSELLA, J. E.; REGENSTEINS, J. M.; VAN BUREN, J. M.; KILARA, A.; LEWIS, B. A.; MANGINO, M. E. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, n.6, p.1715-1718, 1985.

MOTIL, K. J. *et al.* Whole-body leucine and lysine metabolism: response to dietary protein intake in young men. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 240, n. 6, p. E712-E721, 1981.

MOUGHAN, P. J. Amino acid availability: aspects of chemical analysis and bioassay methodology. **Nutrition Research Reviews**, v. 16, n. 2, p. 127-141, 2003.

MOURA, S.M. **Estabilidade de acerola em pó oriunda de cultivo orgânico**. 2010. 115p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2010.

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

NEMETH, E.; GANZ, T. Hepcidin and iron in health and disease. **Annual review of medicine**, v. 74, p. 261-277, 2023.

NERI-NUMA, I. A. *et al.* Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. **Food Research International**, v. 103, p. 345-360, 2018.

NEVES, R. A. M.; DE MIRA, N. V. M.; MARQUEZ, U. M. Caracterização de hidrolisados enzimáticos de pescado. **Food Science and Technology**, v. 24, p. 101-108, 2004.

NWACHUKWU, I. D.; ALUKO, R. E. Structural and functional properties of food protein-derived antioxidant peptides. **Journal of food biochemistry**, v. 43, n. 1, p. e12761, 2019.

OLIVEIRA, M. S. R. *et al.* Utilização de enzimas proteolíticas para produção de hidrolisados proteicos a partir de carcaças de frango desossadas manualmente. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 3, p. 199-210, 2015.

OLIVEIRA, R. R. *et al.* The health-promoting potential of peptides from brewing by-products: An up-to-date review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 118, p. 143-153, 2021.

OLIVEIRA, S. C. A. *et al.* Identification of functional compounds in baru (*Dipteryx alata* Vog.) nuts: Nutritional value, volatile and phenolic composition, antioxidant activity and antiproliferative effect. **Food Research International**, v. 131, p. 109026, 2020.

ORTIZ, D. W. **Cascas de Frutas: estudo das propriedades nutricionais e tecnológicas**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás. Cidade de Goiás, GO. 2016.

PACHECO, A. F. C. *et al.* Atividades técnico-funcionais de hidrolisados derivados de proteínas vegetais. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 8, n. 11, p. 15099-01e, 2022.

PAIVA, F. C. *et al.* Produção de hidrolisado proteico de pirarucu utilizando-se protease de *Aspergillus flavo-furcatis* e pancreatina. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 89-96, 2015.

PEDROUSO, M. L. *et al.* Antioxidant activity and peptidomic analysis of porcine liver hydrolysates using alcalase, bromelain, flavourzyme and papain enzymes. **Food Research International**, v. 137, p. 109389, 2020.

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.

PETERSEN, K. *et al.* Potential of biobased materials for food packaging. **Trends in food science & technology**, v. 10, n. 2, p. 52-68, 1999.

PINELI, L. L. O. *et al.* Use of baru (Brazilian almond) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. **LWT-Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 50-55, 2015.

POLMANN, G. *et al.* Gurguéia nut (*Dipteryx lacunifera* Ducke) cake as a new source for obtaining cake and extracts rich in bioactive compounds using clean methods. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-21, 2023.

POLMANN, G. *et al.* 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, p. 100099, 2021.

POP, M. S. *et al.* Exploring the Potential Benefits of Natural Calcium-Rich Mineral Waters for Health and Wellness: A Systematic Review. **Nutrients**, v. 15, n. 14, p. 3126, 2023.

POPA, M. E. *et al.* Creating products and services in food biotechnology. **Introduction to Biotech Entrepreneurship: From Idea to Business: A European Perspective**, p. 141-178, 2019.

POYATO, C. *et al.* A novel approach to monitor the oxidation process of different types of heated oils by using chemometric tools. **Food Research International**, v. 57, p. 152–161, mar. 2014.

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, n. 3, p. 1123422, 2023.

REID, A. J. *et al.* Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. **Biological Reviews**, v. 94, n. 3, p. 849-873, 2019.

REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, p. e2017150, 2019.

REIS, M. A. *et al.* Hepatoprotective and antioxidant activities of oil from baru almonds (*Dipteryx alata* Vog.) in a preclinical model of lipotoxicity and dyslipidemia. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM**, v. 3, n. 1, 2018.

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 5, n. 3, p. 253-260, 2006.

ROCHA, L. S.; SANTIAGO, R. A. C. Implicações nutricionais e sensoriais da polpa e casca de baru (*Dipterix Alata* vog.) na elaboração de pães. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 820-825, 2009.

ROHMAN, A. *et al.* Monitoring the oxidative stability of virgin coconut oil during oven test using chemical indexes and FTIR spectroscopy. **International Food Research Journal**, v. 18 n. 1, p. 303-310, 2011.

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.

SAENGSUK, N. *et al.* Physicochemical characteristics and textural parameters of restructured pork steaks hydrolysed with bromelain. **Food Chemistry**, v. 361, p. 130079, 2021.

SALNIKOVA, E.; BAGLIONE, S. L.; STANTON, J. L. To launch or not to launch: An empirical estimate of new food product success rate. **Journal of Food Products Marketing**, v. 25, n. 7, p. 771-784, 2019.

SANO, S. M.; BRITO, M. A.; RIBEIRO, J. F. **Dipteryx alata**: Baru. 2016.

SANO, S. M.; VIVALDI, L. J.; SPEHAR, C. R. Diversidade morfológica de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 513-518, 1999.

SANTIAGO, G. L. *et al.* Peel and pulp of baru (*Dipteryx Alata* Vog.) provide high fiber, phenolic content and antioxidant capacity. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 244-249, 2018.

SANTINONI, G. F. D *et al.* Agroindustrial valorization of baru almond oil (*Dipteryx alata*) through sustainable techniques: a study on nutritional quality, oxidative stability, fatty acid, and tocopherol profile. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-13, 2023.

SANTOS, A. M. A.; FERNANDES, D. C.; NAVES, M. M. V. Baru (*Dipteryx alata* Vog.) fruit as an option of nut and pulp with advantageous nutritional and functional properties: A comprehensive review. **NFS Journal**, v. 24, p. 26-36, 2021.

SANTOS, A. M. *et al.* Chemical composition and prebiotic activity of baru (*Dipteryx alata* Vog.) pulp on probiotic strains and human colonic microbiota. **Food Research International**, v. 164, p. 112366, 2023.

SANTOS, D. G. *et al.* Brazilian coffee production and the future microbiome and mycotoxin profile considering the climate change Scenario. **Microorganisms**, v. 9, n. 4, p. 858, 2021.

SANTOS, G. G. *et al.* Aceitabilidade e qualidade físico-química de paçocas elaboradas com amêndoa de baru. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n.1, p. 159-165, 2012.

SANTOS, M. A. S *et al.* High internal phase emulsion-template oleogels stabilized by sodium caseinate: quercetin complexes and potential application in pound cakes. **Journal of Food Engineering**, v. 366, p. 111860, 2024.

SANTOS, M. S. *et al.* Production of probiotic passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa Deg.) drink using *Lactobacillus reuteri* and microencapsulation via spray drying. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 335, 2020.

SCHINCAGLIA, R. M. *et al.* Effects of baru almond oil (*Dipteryx alata* Vog.) supplementation on body composition, inflammation, oxidative stress, lipid profile, and plasma fatty acids of hemodialysis patients: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. **Complementary therapies in medicine**, v. 52, p. 102479, 2020.

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.

SCHULZ, M. *et al.* Juçara fruit (*Euterpe edulis* Mart.): Sustainable exploitation of a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 89, p. 14-26, 2016.

SIEDLOK, F.; SMART, P.; GUPTA, A. Convergence and reorientation via open innovation: the emergence of nutraceuticals. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 22, n. 5, p. 571-592, 2010.

SILVA, D. V. *et al.* Nutritional properties of baru almond (*Dipteryx alata* Vog.) flours produced from fruits subjected to drying. **Australian Journal of Crop Science**, v. 16, n. 2, p. 171-176, 2022.

SILVA, D. V. *et al.* Nutritional quality of the epicarp and mesocarp flours of baru fruits submitted to drying. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 65-70, 2019.

SILVA, S. S. L. **Desenvolvimento de mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-cajú e pólen apícola de *Apis mellifera***. 2022. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Palmas, 2022.

SILVA, T. R. *et al.* Not only exotic grasslands: The scattered trees in cultivated pastures of the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 314, p. 107422, 2021.

SILVA-LUIS, C. C. *et al.* Effects of Baru Almond Oil (*Dipteryx alata* Vog.) Treatment on Thrombotic Processes, Platelet Aggregation, and Vascular Function in Aorta Arteries. **Nutrients**, v. 14, n. 10, p. 2098, 2022.

SIQUEIRA, A. P. S. *et al.* Chemical quality of Baru almond (*Dipteryx alata* oil). **Ciência Rural**, v. 46, n. 10, p. 1865-1867, 2016.

SIQUEIRA, A. P. S. *Et al.* Nutritional quality and bioactive compounds of partially defatted baru almond flour. **Food Science and Technology**, v. 35, p. 127-132, 2015.

SIQUEIRA, A. P. S.; PACHECO, M. T. B.; NAVES, M. M. V. Nutritional quality and bioactive compounds of partially defatted baru almond flour. **Food Science and Technology**, v. 35, p. 127-132, 2015.

SONKLIN, C.; LAOHAKUNJIT, N.; KERDCHOECHUEN, O. Physicochemical and flavor characteristics of flavoring agent from mungbean protein hydrolyzed by bromelain. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 15, p. 8475-8483, 2011.

SOUSA, H. M. S. *et al.* Exploration of the chemical characteristics and bioactive and antioxidant potential of tucumã (*Astrocaryum vulgare*), peach palm (*Bactris gasipaes*), and bacupari (*Garcinia gardneriana*) native Brazilian fruits. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-14, 2023.

SOUZA, H. A.; NAVES, L. C. R. **Preservação do bioma cerrado e o aproveitamento dos frutos nativos na merenda escolar em Goiânia No contexto da Educação Ambiental**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande – PB. 2016.

SOUZA, P. L. C.; SILVA, M. R. Quality of granola prepared with dried caju-do-cerrado (*Anacardium othonianum Rizz*) and baru almonds (*Dipteryx alata Vog*). **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 3, p. 1712-1717, 2015.

SOUZA, R. G. M. *et al.* A baru almond-enriched diet reduces abdominal adiposity and improves high-density lipoprotein concentrations: A randomized, placebo-controlled trial. **Nutrition**, v. 55, n. 3, p. 154-160, 2018.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; PINHEIRO, A. C. M.; LIMA, L. C. O.; PIO, R.; QUEIROZ, F. Analysis of the subtropical blackberry cultivar potential in jelly processing. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 9, p. S1776-S1781, 2014.

SOVACOOOL, B. K. *et al.* Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 143, p. 110856, 2021.

SPACKMAN, D.H.; STEIN, W.H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Analytical Chemistry**, Easton, v. 30, n.7, p.1190- 1206, 1958.

STEPHEN, A. M. *et al.* Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health. **Nutrition research reviews**, v. 30, n. 2, p. 149-190, 2017.

TAVANO, O. L. *et al.* Biotechnological applications of proteases in food technology. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 17, n. 2, p. 412-436, 2018.

TEIXEIRA, G. L. *et al.* Sapucaia nut (*Lecythis pisonis* Cambess.) flour as a new industrial ingredient: Physicochemical, thermal, and functional properties. **Food Research International**, v. 109, p. 572-582, 2018.

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.

TOLEDO, M. E. O.; MEJIA, E. G.; LLANO, S. L. A. Hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins hydrolyzed by alcalase and bromelain produced bioactive peptide fractions that inhibit targets of type-2 diabetes and oxidative stress. **Food Research International**, v. 76, p.

TOLUN, A.; ALTINTAS, Z. Medicinal properties and functional components of beverages. In: **Functional and medicinal beverages**. Academic Press, 2019. p. 235-284.

TRINDADE, T. M. L. S. *et al.* Discrimination of baru oil adulteration with soy oil using portable near infrared spectroscopy, Fourier-transform infrared spectroscopy and Partial Least-Squares Discriminant. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 46, n. 1, p. e63058-e63058, 2024.

VALLILO, M. I.; TAVARES, M.; AUED, S. Composição química da polpa e da semente do fruto do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.) caracterização do óleo da semente. **Revista do Instituto Florestal**, v. 2, n. 2, p. 115-125, 1990.

VANZOLINI, T. *et al.* Multitalented synthetic antimicrobial peptides and their antibacterial, antifungal and antiviral mechanisms. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 1, p. 545, 2022.

VENKATACHALAN, M.; SATHE, S. K. Chemical composition of selected edible nut seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 13, p. 4705–4714, 2006.

VIANA, H. N. A. C. *et al.* Characterization of baru (*Dipteryx alata* Vog.) and application of its agro-industrial by-product in the formulation of cookies. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 12, p. 100577, 2023.

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

VILLANO, D. *et al.* Development of functional foods. In: **Innovation strategies in the food industry**. Academic Press, 2022. p. 193-207.

VOIGT, J. *et al.* The major seed proteins of *Theobroma cacao* L. **Food Chemistry**, v. 47, n. 2, p. 145-151, 1993.

WANG, H. *et al.* Development of antibacterial peptides with efficient antibacterial activity, low toxicity, high membrane disruptive activity and a synergistic antibacterial effect. **Journal of Materials Chemistry B**, v. 10, n. 11, p. 1858-1874, 2022.

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.

WU, H. C.; CHEN, H. M.; SHIAU, C. Y. Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*). **Food research international**, v. 36, n. 9-10, p. 949-957, 2003.

YANG, E. *et al.* The role of credence attribute claims in food product launch—a comparative study of New Zealand and Australia. **British Food Journal**, v. 125, n. 7, p. 2588-2609, 2023.

YARLINA, V. P.; DJALI, M.; ANDOYO, R. A review of protein hydrolysis fermented foods and their potential for health benefits. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2020. p. 012085.

YASUMATSU, K. *et al.* Whipping and emulsifying properties of soybean products. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 36, n. 5, p. 719-727, 1972.

ZAMORA, S. J. *et al.* Peptides from fish by-product protein hydrolysates and its functional properties: An overview. **Marine Biotechnology**, v. 20, n. 2, p. 118-130, 2018.

ZAVAREZE, E. R. *et al.* Funcionalidade de hidrolisados proteicos de cabrinha (*Prionotus punctatus*) obtidos a partir de diferentes proteases microbianas. **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 1739-1743, 2009.

ZHU, K.; ZHOU, H.; QIAN, H. Antioxidant and free radical-scavenging activities of wheat germ protein hydrolysates (WGPH) prepared with alcalase. **Process Biochemistry**, v. 41, n. 6, p. 1296-1302, 2006.

ZOU, T. B. *et al.* The structure-activity relationship of the antioxidant peptides from natural proteins. **Molecules**, v. 21, n. 1, p. 72, 2016.

ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; JÚNIOR, J. N. Z. Caracterização biométrica de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.) na região leste de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 463-471, 2014.