



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

SCHIRLAYNE DE SOUSA LIMA DA SILVA

DESENVOLVIMENTO DE MISTURA EM PÓ PARA O
PREPARO DE BEBIDA À BASE DE AMÊNDOA DA
CASTANHA-DE-CAJÚ E PÓLEN APÍCOLA DE *Apis mellifera*

PALMAS – TO

2022

SCHIRLAYNE DE SOUSA LIMA DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE MISTURA EM PÓ PARA O
PREPARO DE BEBIDA À BASE DE AMÊNDOA DA
CASTANHA-DE-CAJÚ E PÓLEN APÍCOLA DE *Apis mellifera***

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Tocantins, para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Linha de Pesquisa: Desenvolvimento de novos produtos.

Orientadora: Prof.^a Dra. Caroline Roberta Freitas Pires.

Coorientadora: Dra. Maria Teresa do Rêgo Lopes.

PALMAS - TO

2022

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

S586d Silva, Schirlayne de Sousa Lima da.

Desenvolvimento de mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju e pólen apícola de *Apis mellifera*. / Schirlayne de Sousa Lima da Silva. – Palmas, TO, 2022.

94 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2022.

Orientadora : Caroline Roberta Freitas Pires

Coorientadora : Maria Teresa do Rêgo Lopes

1. Alimento funcional. 2. Apicultura. 3. Bebida desidratada. 4. Hidrolisado proteico. 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).

SCHIRLAYNE DE SOUSA LIMA DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE MISTURA EM PÓ PARA O PREPARO DE
BEBIDA À BASE DE AMÊNDOA DA CASTANHA-DE-CAJÚ E PÓLEN
APÍCOLA DE *Apis mellifera***

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 28 de novembro de 2022,

pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dsc. José Luis Ramirez Ascheri
Embrapa Agroindústria de Alimentos / UFRRJ

Prof. Dsc. Abraham Damian Giraldo Zuñiga
UFT

Prof. ^a Dsc. Caroline Roberta Freitas Pires
Orientadora - UFT

*Dedico com amor,
à Deus, à Nossa Senhora e à minha família.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus e à Nossa Senhora que SEMPRE me concedem forças e saúde para lutar pelo o que eu acredito ser capaz de realizar.

À minha família, Joycenara Lima e Joabson Júnior (irmãos), Joabson Silva (papai), Maria Flor e Nicole (afilhadas), em especial à minha mãezinha, Schirlene Lima, que nos momentos mais difíceis dessa jornada acadêmica, me auxiliou e foi o meu porto seguro. Espero continuar proporcionando muito mais alegrias e orgulho a vocês.

Ao meu namorado Marcus Ferreira, pelo amor, incentivo e apoio em todas as minhas escolhas. Digo do fundo do meu coração que essa conquista não é só minha, mas nossa!

Aos meus padrinhos, Ana Maria e Carlos Alberto, bem como às minhas primas Carla, Catarina e Cleany, que me acolheram da melhor forma durante o período da realização dos meus estudos, gratidão à cada um de vocês!

À minha orientadora, professora doutora Caroline Pires, uma pessoa muito empática e carinhosa que carrega consigo o dom de lecionar. Serei eternamente grata à senhora pela inestimável contribuição que me proporcionou ao longo da formação, sentirei muitas saudades.

À minha coorientadora, doutora Maria Teresa, pela sua delicadeza e paciência. Saiba que para mim, a senhora é uma referência a ser seguida. Obrigada por compartilhar comigo o seu conhecimento e pela incrível capacidade de me fazer evoluir como ser humano.

Aos meus amigos pesquisadores da Embrapa Meio-Norte, os doutores Marcos Emanuel e Aderson Júnior, que antes mesmo do meu ingresso no programa de pós-graduação, torceram e acreditaram no meu potencial, ao doutor Edson Bastos, pelas palavras de sabedoria e conforto ao coração e ao técnico do laboratório de Bromatologia, Luis Duarte, que me auxiliou durante a realização de algumas análises.

Aos professores doutores Lívio Nunes e Francisco Figueiredo da Universidade Federal do Piauí, que me disponibilizaram o acesso à infraestrutura e aos equipamentos da instituição para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores do curso de Tecnologia de Alimentos do IFPI do *campus* Teresina Central, em especial à professora Lidiana Ramos, que me orientou com o projeto e comemorou com orgulho a minha aprovação no mestrado.

E para finalizar aos professores, colegas e amigos da Universidade Federal do Tocantins que me acolheram maravilhosamente bem, em especial aos técnicos, Anielli, do

Laboratório de Tecnologia de Alimentos do curso de Nutrição e ao Douglas, do Laboratório de Análise de Alimentos que me auxiliaram durante a realização do experimento.

RESUMO

A amêndoa da castanha-de-caju (ACC) bem como os resíduos gerados de seu processamento (xerém) são comumente utilizados pelas indústrias na elaboração de produtos alimentícios como as bebidas vegetais, uma tendência crescente no mercado *plant-based*. O pólen apícola é um produto rico em nutrientes e compostos bioativos e a sua utilização como ingrediente pode agregar valor nutricional e funcional a outros alimentos. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi desenvolver uma mistura em pó à base de amêndoa da castanha-de-caju e pólen apícola e avaliar as suas características nutricionais e físico-químicas. Foram elaboradas cinco formulações de misturas para bebida, sendo uma Controle (98% de castanha-de-caju; 2% de goma guar) e as demais adicionadas com diferentes concentrações de pólen apícola: F1 (1,5%); F2 (2,5%); F3 (3,5%); F4 (4,5%). Ademais, foram avaliadas as condições de hidrólise da torta de ACC com o emprego da enzima comercial bromelina. 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 percentual de sequestro de radicais livres. Analisou-se a composição centesimal e físico-química, além das propriedades tecnológicas (molhabilidade, solubilidade em água, índice de absorção de água (IAA), capacidade de absorção de óleo (CAO)) e de cor do hidrolisado proteico de ACC e das misturas em pó à base de amêndoa da castanha-de-caju e pólen apícola visando o seu enriquecimento nutricional. O estudo da *shelf life* da mistura em pó com adição do hidrolisado proteico 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. Para as análises das matérias primas, adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os dados das análises físico-químicas, centesimal, tecnológicas e do estudo da *shelf life* foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, para a comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de significância. Observou-se que a variável grau de hidrólise (%GH) e os fatores isolados (tempo, temperatura e concentração enzimática) foram significativos. Quanto à atividade antioxidante (SRL%), nem os fatores isolados e nem a interação entre os fatores foram significativos. Dentre os produtos, a formulação F2 (2,5% pólen apícola) apresentou bons resultados principalmente quanto ao teor proteico, sendo a opção mais viável de produção. O ensaio para produção do hidrolisado que obteve melhores resultados de %GH e %SRL foi o de número 12 (80 minutos; 66,7 °C; 0,75 (Enzima/Substrato), este então foi caracterizado em sua fração mista (solúvel + insolúvel), fração solúvel (sobrenadante) e fração insolúvel (resíduo sólido). O hidrolisado na forma mista apresentou 90,0% de rendimento, 35,37% de proteína, além de 2,13% de IAA, sendo o produto utilizado para incorporação à formulação 2 da mistura em pó. O produto com adição do hidrolisado proteico de ACC além de apresentar um aumento nos teores de cinzas (2,26%), proteína (32,19%) e fibra bruta (4,88%), melhorou em relação às suas propriedades tecnológicas de molhabilidade (584 s), IAA (1,47%) e CAO (2,68%) quando comparado à formulação sem a adição do hidrolisado proteico. A composição de aminoácidos bem como de ácidos graxos encontradas na amostra do produto, indicam que o mesmo pode ser utilizado como potencial fonte proteica e lipídica de alta qualidade na dieta alimentar. Quanto às propriedades antioxidantes, a mistura em pó formulada apresentou 24,60% de sequestro de radicais livres e 4,37 mg / mL de conteúdo fenólico em sua composição. Para a *shelf life*, observou-se que a amostra da mistura em pó acondicionada em embalagem de polietileno laminada foi a que apresentou maior desempenho de estabilidade no decorrer dos sessenta dias de armazenamento.

Palavras-chaves: Alimento funcional, Apicultura, Bebida desidratada, Hidrolisado proteico.

ABSTRACT

The cashew nut kernel (ACC) as well as the residues generated from its processing (xerem) are commonly used by industries in the elaboration of food products such as vegetable drinks, a growing trend in the plant-based market. Bee pollen is a product rich in nutrients and bioactive compounds and its use as an ingredient can add nutritional and functional value to other foods. In this context, the objective of this work was to develop a powdered mixture based on cashew nut kernel and bee pollen and to evaluate its nutritional and physicochemical characteristics. Five formulations of drink mixtures were elaborated, being a Control (98% cashew nut; 2% guar gum) and the others added with different concentrations of bee pollen: F1 (1.5%); F2 (2.5%); F3 (3.5%); F4 (4.5%). In addition, the hydrolysis conditions of the ACC pie were evaluated with the use of the commercial enzyme bromelain. For this, a central compound rotational design (DCCR) was adopted, evaluating the influence of the independent variables (time, temperature and enzyme concentration) on the degree of hydrolysis and the percentage of free radical sequestration. The centesimal and physicochemical composition was analyzed, as well as the technological properties (wettability, water solubility, water absorption index (WAA), oil absorption capacity (OAC)) and color of the ACC protein hydrolysate and of the powder mixtures based on cashew kernel and bee pollen aiming their nutritional enrichment. The shelf life study of the powdered mixture with the addition of the protein hydrolysate in laminated polyethylene, polypropylene and glass packaging was evaluated by TBARS, peroxide index, titratable acidity, pH, water activity (A_w) and colorimetry analyses. For the analyses of the raw materials, an entirely randomized design with three repetitions was adopted. The data of the physicochemical, centesimal and technological analyses and the shelf life study were submitted to variance analysis (ANOVA) and, for the comparison of means, the Tukey test was used at 5% significance level. It was observed that the hydrolysis degree variable (%HG) and the isolated factors (time, temperature and enzyme concentration) were significant. As for the antioxidant activity (SRL%), neither the isolated factors nor the interaction between the factors were significant. Among the products, formulation F2 (2.5% bee pollen) showed good results, especially regarding protein content, being the most viable production option. The trial for production of hydrolysate that obtained the best results of %GH and %SRL was number 12 (80 minutes; 66.7 °C; 0.75 (Enzyme/Substrate), which was then characterized in its mixed fraction (soluble + insoluble), soluble fraction (supernatant) and insoluble fraction (solid residue). The hydrolysate in the mixed form presented 90.0% yield, 35.37% protein, besides 2.13% of IAA, being the product used for incorporation into formulation 2 of the powdered mixture. The product with the addition of the protein hydrolysate of ACC besides presenting an increase in the contents of ash (2.26%), protein (32.19%) and crude fiber (4.88%), improved in relation to its technological properties of wettability (584 s), IAA (1.47%) and CAO (2.68%) when compared to the formulation without the addition of the protein hydrolysate. The composition of amino acids as well as fatty acids found in the product sample indicate that it can be used as a potential source of high quality protein and lipid in the diet. As for the antioxidant properties, the formulated powdered mixture showed 24.60% of free radical scavenging and 4.37 mg / mL of phenolic content in its composition. For shelf life, it was observed that the sample of the powdered mixture packaged in laminated polyethylene packaging showed the highest stability performance during the sixty days of storage.

Keywords: Functional food, Beekeeping, Dehydrated drink, Protein hydrolyzate.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulações das misturas em pó para elaboração de bebida de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) enriquecidas com pólen apícola (100g)	34
Tabela 2. Fatores e níveis testados para o Delineamento de Composição Central Rotacional com pontos axiais	36
Tabela 3. Valores codificados e valores reais dos ensaios para hidrólise enzimática utilizando-se a enzima comercial bromelina.....	37
Tabela 4. Formulação da mistura em pó para a elaboração de bebida de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) enriquecida com pólen apícola e com a adição do hidrolisado proteico da torta de ACC.....	40
Tabela 5. Composição nutricional e físico-química das matérias-primas: xerém de castanha-de-caju, amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola.....	45
Tabela 6. Composição nutricional e físico-química das bebidas em pó de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) enriquecidas com pólen apícola.....	48
Tabela 7. Propriedades tecnológicas de Molhabilidade (s), Índice de absorção de (IAA%) e Capacidade de absorção de óleo (CAO%) das misturas em pó de amêndoa de castanha-de-caju enriquecidas com pólen apícola.....	51
Tabela 8. Dados de cor das misturas em pó de amêndoa de castanha-de-caju (ACC) enriquecidas com pólen apícola.....	53
Tabela 9. Dados de cor das bebidas de amêndoa de castanha-de-caju (ACC) enriquecidas com pólen apícola diluídas em água.....	54
Tabela 10. Valores em porcentagem do Grau de Hidrólise (GH%) e atividade antioxidante (SRL%) obtidos após atividade enzimática da enzima comercial bromelina sobre a amêndoa da castanha-de-caju (ACC).....	56
Tabela 11. Análise de variância (ANOVA) para grau de hidrólise (GH%) e atividade antioxidante (SRL%) em hidrolisado proteico de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) com enzima bromelina.....	59
Tabela 12. Dados de rendimento em porcentagem obtidos após a elaboração dos hidrolisados proteicos da fração mista (solúvel e insolúvel), fração solúvel (sobrenadante) e fração insolúvel (precipitado sólido) na proporção 1:15 (g torta da amêndoa da castanha-de-caju / mL água)	61

Tabela 13. Dados de composição nutricional e atividade de água (Aw) das frações mista, solúvel e insolúvel do hidrolisado proteico da torta da amêndoa de castanha-de-caju (ACC).....	62
Tabela 14. Propriedades tecnológicas de Solubilidade (%), Molhabilidade (s), Índice de absorção de (IAA%) e Capacidade de absorção de óleo (CAO%) das frações mista, solúvel e insolúvel do hidrolisado proteico da torta da amêndoa de castanha-de-caju (ACC).....	63
Tabela 15. Dados de cor das frações, mista, solúvel e insolúvel do hidrolisado proteico da torta da amêndoa de castanha-de-caju (ACC).....	65
Tabela 16. Dados da composição nutricional e físico-química da mistura em pó à base de amêndoa de castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com a adição de hidrolisado proteico da torta da ACC.....	67
Tabela 17. Propriedades tecnológicas de Molhabilidade (segundos), Índice de absorção de (IAA%) e Capacidade de absorção de óleo (CAO%) da mistura em pó à base de amêndoa de castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com a adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta da ACC.....	69
Tabela 18. Dados da composição de aminoácidos encontrados na mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC e do padrão recomendado pela FAO/WHO/UNU (2007)	71
Tabela 19. Dados da composição de ácido graxos presentes na mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC.....	74
Tabela 20. Dados médios de produção de malonaldeído (MDA) nas amostras de mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.....	76
Tabela 21. Dados médios de pH encontrados nas amostras de mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.....	78

Tabela 22. Dados médios de Atividade de água (A_w) encontrados nas amostras de mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento..... 79

Tabela 23. Dados de cor CIELab* encontrados nas amostras de mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento..... 81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cor das formulações da mistura em pó de amêndoa da castanha-de-caju com diferentes concentrações de pólen apícola.....	54
Figura 2. Cor das formulações da mistura em pó de amêndoa da castanha-de-caju com diferentes concentrações de pólen apícola diluídas em meio aquoso.....	55
Figura 3. Superfície de resposta para o grau de hidrólise (GH%) em função da interação das variáveis: Tempo e temperatura (A); Concentração enzima bromelina / substrato (E/S) e tempo (B); Concentração enzima bromelina / substrato (E/S) e temperatura em grau Celsius (C) para obtenção de hidrolisado da amêndoa da castanha-de-caju.....	60
Figura 4. Hidrolisado proteico da torta da amêndoa da castanha-de-caju produzidos a partir da fração mista (A); fração solúvel (B); e fração insolúvel (C).....	66

LISTA DE SIGLAS

ACC: Amêndoa da castanha-de-caju

Aw: Atividade de água

CAO: Capacidade de absorção de óleo

DCCR: delineamento de composição central rotacional

DPPH: 2,2-difenil-1-picril-hidrazil

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

GH%: Grau de hidrólise

IAL: Instituto Adolfo Lutz

IAA: Índice de absorção de água

SRL%: Sequestro de radicais livres

TBARS: ácido tiobarbitúrico

VDR: Valor diário recomendado

VET: Valor energético total

WHO: World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 OBJETIVOS	22
2.1 Objetivo Geral	22
2.2 Objetivos Específicos	22
3 REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 Amêndoa da Castanha-de-caju (ACC)	24
2.2 Pólen Apícola	26
2.3 Hidrolisado Proteico	28
2.4 Bebidas em Pó	30
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Aquisição de Matéria-prima e Ingredientes	32
4.2 Obtenção da Farinha de ACC	32
4.3 Caracterização das Matérias-primas	32
4.4 Obtenção da Torta Desengordurada de ACC	33
4.5 Elaboração dos Produtos	33
4.5.1 Processo de Instantaneização da Torta Desengordurada de ACC.....	33
4.5.2 Elaboração das Formulações.....	33
4.6 Análises dos Produtos Formulados	34
4.6.1 Caracterização Centesimal e Físico-química dos Produtos	34
4.6.2 Análises Tecnológicas dos Produtos.....	35
4.6.2.1 <i>Molhabilidade</i>	35
4.6.2.2 <i>Índice de Absorção de Água</i>	35
4.6.2.3 <i>Capacidade de absorção de óleo</i>	35
4.6.3 Análise Colorimétrica dos Produtos Formulados.....	36

4.7 Obtenção do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	36
4.7.1 Otimização das Condições de Hidrólise Enzimática.....	37
4.7.2 Grau de Hidrólise.....	38
4.7.3 Determinação da atividade antioxidante DPPH.....	38
4.7.4 Produção do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC	38
4.7.5 Rendimento do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC	39
4.7.6 Caracterização do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC	39
4.7.7 Análises Tecnológicas do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC	39
4.7.7.1 <i>Solubilidade em água</i>	39
4.7.8 Análise Colorimétrica do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	40
4.8 Elaboração da Mistura em Pó com Adição do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	40
4.8.1 Caracterização da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	41
4.8.2 Análises Tecnológicas da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC	41
4.8.3 Análise Colorimétrica da Mistura em Pó Hidrolisado Proteico da Torta de ACC..	41
4.8.4 Propriedades Antioxidantes da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da ACC	41
4.8.4.1 <i>Determinação de Fenólicos</i>	41
4.8.4.2 <i>Determinação da Atividade Antioxidante DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil)</i> ..	42
4.8.5 Perfil de Aminoácidos da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC	42
4.8.6 Perfil de ácidos graxos da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC	42
4.8.7 Avaliação de Estabilidade da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	43
4.8.7.1 <i>Análise de reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)</i>	43

4.8.7.2 Índice de peróxido.....	43
4.8.7.3 Determinação do pH.....	44
4.8.7.4 Determinação de atividade de água (Aw).....	44
4.8.7.5 Análise colorimétrica.....	44
4.9 Delineamento Estatístico.....	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1 Composição Nutricional Química das Matérias-primas.....	45
5.2 Composição Nutricional e Físico-química dos Produtos Formulados.....	48
5.3 Propriedades Tecnológicas dos Produtos Formulados.....	51
5.4 Cor dos Produtos Formulados.....	52
5.5 Otimização das Condições de Hidrólise Enzimática da ACC.....	55
5.6 Análise de Variância (ANOVA) para o Grau de Hidrólise e Atividade Antioxidante dos Hidrolisados Proteicos de ACC Obtidos com Enzima Bromelina.....	58
5.7 Rendimento do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	61
5.8 Composição Nutricional e Química do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	62
5.9 Propriedades Tecnológicas dos Hidrolisados Proteicos da Torta de ACC.....	63
5.10 Cor dos Hidrolisados Proteicos da Torta de ACC.....	64
5.11 Composição Nutricional e Físico-química da Mistura em Pó com Hidrolisado proteico de ACC.....	66
5.12 Propriedades Tecnológicas da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico de Torta da ACC.....	69
5.13 Propriedade Antioxidante da Mistura em Pó Elaborada com a Fração Mista do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	70

5.14 Composição de Aminoácidos da Mistura em Pó Elaborada com a Fração Mista do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	71
5.15 Composição de Ácidos Graxos da Mistura em Pó Elaborada com a Fração Mista do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	73
5.16 Avaliação da Vida de Prateleira da Mistura em Pó Elaborada com a Fração Mista do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC.....	76
6. CONCLUSÕES.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

1. INTRODUÇÃO

A alteração dos hábitos de consumo e o crescimento do número de pessoas com algum tipo de restrição alimentar vêm demandando das indústrias alimentícias, profissionais e pesquisadores, a elaboração e inserção de produtos que possam atender às necessidades e preferências alimentares desse público consumidor. Em meio à ampla diversificação de produtos alimentícios emergentes disponíveis para o atendimento desse mercado, estão as bebidas em pó elaboradas a partir de extratos vegetais, que, de acordo com Ferreira e Lopes (2018), são uma alternativa para o consumo ou substituição de outros alimentos produzidos a partir do leite.

As bebidas em pó são alimentos desidratados que, por meio de métodos e equipamentos tecnológicos de secagem, resultam em um produto final com baixo teor de água e características desejáveis de reconstituição em meio aquoso. Tais produtos podem ser encontrados nas prateleiras nos mais variados tipos, sabores e finalidades, destacando-se entre os consumidores pela alta praticidade (ÇOPUR; İNCEDAYI; KARABACAK, 2019) e propriedade instantânea na sua forma de preparo, caracterizada pela rápida dissolubilidade.

Na indústria de alimentos, a adição de álcool de cereais durante o processo de instantaneização poderia tornar o processo produtivo mais acessível e menos oneroso, além de atuar com a finalidade de tornar os produtos mais solúveis e molháveis, uma vez que sua utilização consiste na hidrólise dos glóbulos de gordura e aglomeração de partículas causada pela umidificação e secagem do produto (BARROS, 2013). No entanto, o mesmo autor acredita que esse método ainda é pouco aplicado ou totalmente desconhecido.

Dentre as inúmeras possibilidades de utilização de matérias-primas capazes de contribuir com o seguimento de produtos alimentícios em pó, pode-se mencionar a amêndoa da castanha-de-caju (ACC).

A ACC é um produto originado do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*), espécie vegetal frutífera nativa do Brasil, pertencente à família *Anacardiaceae*. Fonte alimentar de inúmeras propriedades funcionais e benéficas, a ACC é constituída nutricionalmente de proteínas, carboidratos, vitaminas e gordura tais como os ácidos graxos mono- e poli-insaturados. Além disso, a referida oleaginosa contém a presença de compostos polifenólicos em sua composição, substâncias que desempenham atividades biológicas antioxidantes, antimutagênicas, anti-inflamatórias, antivirais, antibactericidas e que estão associadas ao combate de doenças como as cardiovasculares e a diabetes mellitus (CARVALHO *et al.*, 2016; USLU; ÖZCAN, 2019).

Na área de alimentos, a ACC pode ser utilizada tanto na forma natural torrada e salgada, como opção de lanche ou petisco no acompanhamento de bebidas, quanto como ingrediente em formulações de produtos da indústria de chocolates, confeitaria e sorvetes, agregando melhora na palatabilidade desses alimentos devido ao sabor agradável e suave que a matéria-prima possui (CARVALHO *et al.*, 2016; EMBRAPA AGROINDUSTRIAL TROPICAL, 2003).

Ainda sobre as propriedades nutricionais da amêndoa de caju, de acordo com Liu *et al.* (2018), a utilização de sua farinha desengordurada tem sido apontada como um potencial ingrediente de aplicação na área alimentícia, isso porque o produto apresenta uma maior disponibilidade proteica capaz de fornecer aminoácidos essenciais como por exemplo, a globulina 13S.

As proteínas vegetais vêm ganhando lugar de destaque devido as propriedades nutricionais e funcionais que as mesmas possuem. Dispondo-se da ACC como uma fonte de origem vegetal e dos subprodutos e resíduos gerados a partir do seu beneficiamento, bem como na elevada biodisponibilidade de nutrientes presentes em sua composição dentre eles as proteínas, a produção de hidrolisados proteicos pode consistir como uma via alternativa de agregação de valor à matéria-prima do cajueiro (LIU *et al.*, 2018).

De forma geral, os hidrolisados proteicos são produtos resultantes da quebra das cadeias de proteínas em ligações peptídicas menores e aminoácidos livres, podendo ser obtidos após hidrólise fermentativa, enzimática ou química, a partir de substratos naturais de origem animal ou vegetal (HAU *et al.*, 2021; KUROZAWA; PARK; HUBINGER, 2009). Dentre as características alimentícias dos hidrolisados, podem ser citadas a fácil digestibilidade e elevada taxa de absorção pelo organismo, o fornecimento de funcionalidades biológicas capazes de desencadear impactos benéficos à saúde e sua aplicação tecno-funcional na formulação de outros produtos (CHIN; CHAI; CHEN, 2021; SOARES *et al.*, 2017).

Outra matéria-prima que merece destaque no que tange ao aumento do valor proteico dos alimentos é o pólen-apícola.

Segundo a instrução normativa vigente, o pólen apícola é definido como um produto resultante da aglutinação do pólen das flores mediante néctar e enzimas salivares das abelhas que é recolhido no ingresso da colmeia (BRASIL, 2001).

De acordo com Seijas (2012), o pólen apícola possui vários aminoácidos em sua composição, dentre eles: triptofano, leucina, lisina, isoleucina, fenilalanina, ácido aspártico, metionina, alanina, valina, ácido glutâmico, prolina, serina e a isovalina, sendo parte desses mencionados, considerados como essenciais (ANJOS; CAMPOS; ESTEVINHO, 2017;

SEIJAS, 2012) e obtidos apenas por meio da ingestão de alimentos considerados fontes proteicas.

Além de fonte nutrícia, o pólen apícola possui inúmeras propriedades bioativas, dentre elas a capacidade de exercer efeitos antioxidante, antimicrobiano, antifúngico, anti-inflamatório, imunomodulatório e antimutagênico no organismo (CARPES *et al.*, 2007; NASCIMENTO *et al.*, 2018; SATTLER *et al.*, 2015).

Diante do exposto, a elaboração de novos produtos que têm como base o uso e a valorização de ingredientes naturais com potencial tecnológico na área de alimentos como a ACC e o pólen apícola, podem proporcionar às matérias-primas o aumento de seus valores agregados e a diversificação de subprodutos produzidos a partir das mesmas, possibilitando à dieta humana o fornecimento de propriedades nutricionais, funcionais e biológicas essenciais para o bom funcionamento do organismo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju e pólen apícola de *Apis mellifera* e avaliar as características físico-químicas, nutricionais, tecnológicas e vida de prateleira dos produtos formulados.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a amêndoa e o xerém da castanha-de-caju, bem como o pólen apícola quanto a composição centesimal e química (umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta, carboidratos totais, acidez titulável total e pH).

- Avaliar formulações de mistura em pó à base do xerém da amêndoa da castanha-de-caju com a adição de diferentes concentrações de pólen apícola, por meio de análises de composição centesimal (umidade, cinzas, lipídeos, proteína, fibra bruta, carboidratos e valor calórico total) e físico-química (pH, acidez titulável e colorimetria) das mesmas;

- Realizar análises tecnológicas de molhabilidade, índice de absorção de água e capacidade de absorção de óleo dos produtos desenvolvidos;

- Avaliar as condições de otimização do hidrolisado proteico da amêndoa da castanha-de-caju (ACC) a partir da utilização de enzima comercial bromelina.

- Produzir um hidrolisado proteico da torta de ACC e avaliar a sua composição centesimal (umidade, cinzas, lipídeos, proteína), físico-química (atividade de água e colorimetria) e tecnológica (solubilidade em água, índice de absorção de água e capacidade de absorção de óleo);

- Desenvolver formulação da mistura em pó com a adição do hidrolisado proteico obtido do processo de otimização do processo hidrolítico da torta de ACC e avaliar o produto quanto a sua composição centesimal (umidade, cinzas, lipídeos, proteína, fibra bruta, carboidratos e valor calórico total), físico-química (atividade de água, pH, acidez titulável e colorimetria) e tecnológica (molhabilidade, índice de absorção de água e capacidade de absorção de óleo);

- Determinar a atividade antioxidante de sequestro de radicais livres (DPPH) e compostos fenólicos da mistura em pó formulada;

- Determinar o perfil de ácidos graxos e o perfil de aminoácidos do produto formulado com o hidrolisado da torta de ACC;

- Avaliar a *shelf life* do produto desenvolvido acondicionado em diferentes embalagens no decorrer de sessenta dias de armazenamento por meio das análises de reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), índice de peróxido, pH, atividade de água e colorimetria.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Amêndoa da Castanha-de-caju

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) é uma planta frutífera de clima tropical, originária das regiões Norte e Nordeste do Brasil; essa espécie pode ser encontrada também em outros países como Índia, África do Sul, Nigéria e Vietnã. Seu fruto, o caju, é formado por um fruto verdadeiro, a castanha, e um pseudofruto, denominado de pedúnculo e que corresponde à parte mais polposa; tanto a castanha como o pseudofruto, além de serem fontes alimentares ricas em nutrientes, colaboram para o desenvolvimento econômico e regional (OKEREKE *et al.*, 2020; USLU; ÖZCAN, 2017).

De acordo com a Embrapa Agroindustrial Tropical (2016), é a partir do fruto da castanha que se obtém a amêndoa da castanha-de-caju (ACC), produto bastante comercializado e aceito pelos consumidores em todo o mundo em virtude de suas características sensoriais, como sabor suave e agradável.

Dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes à produção de castanha-de-caju no ano de 2021 apontam que o Brasil produziu cerca de 110.669 toneladas da matéria-prima, desse total, 89 toneladas foram produzidas pela região Centro-Oeste, 718 toneladas pela região Norte e 109.862 toneladas pela região Nordeste (IBGE, 2021). No país, os maiores produtores da amêndoa de caju são os Estados do Ceará (75,8 mil t), Piauí (19,0 mil t) e Rio Grande do Norte (16,6 mil t), respectivamente (CONAB, 2021).

Como alimento, a ACC pode ser considerada uma fonte de propriedades nutritivas e benéficas. É constituída de proteínas (~20%), carboidratos (~23%), vitaminas (β -caroteno, luteína, zeaxantina, tiamina e tocoferóis), fibras solúveis e insolúveis, fósforo, ferro e gorduras (~45%), dentre eles ácidos graxos mono- e poli-insaturados. Estudos apontam que na composição da castanha-de-caju podem ser encontradas substâncias como as catequinas e epicatequinas, polifenóis que desempenham atividades antioxidantes, antimutagênicas, anti-inflamatórias, antivirais e antibactericidas no organismo e que auxiliam na redução do surgimento de doenças cardiovasculares e de resistência à insulina (diabetes) (CARVALHO *et al.*, 2016; USLU; ÖZCAN, 2017).

O beneficiamento da ACC é realizado a partir da quebra da castanha que reveste a amêndoa e o método de extração utilizado para essa função irá variar conforme o porte da indústria, podendo ser realizada de maneira mecanizada e por corte manual (semimecanizada

e artesanal), mas sempre com a mesma finalidade: manter preservada a qualidade, a integridade, a cor e o tamanho das amêndoas. Vale ressaltar que os métodos semimecanizado e artesanal ainda são os mais utilizados em pequenas unidades de processamento, normalmente situadas em regiões rurais principalmente na região Nordeste do Brasil (EMBRAPA AGROINDUSTRIAL TROPICAL, 2016).

Os gargalos tecnológicos enfrentados no beneficiamento para a remoção das ACC são a causa do grande volume de perdas e da dificuldade de obtenção de produtos mais íntegros, uma vez que, em meio ao processo produtivo cerca de 40% das amêndoas sofrem danos por ação mecânica, o que acarreta na redução do valor de venda e mercado internacional (CARVALHO *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2017).

Em contrapartida, os subprodutos resultantes do processamento além do seu baixo custo, possibilitam ao mesmo inúmeras utilidades, como obtenção de óleo comestível de alta qualidade e o aproveitamento de seu resíduo, a torta desengordurada (rica em proteína), como ingrediente na aplicação de formulações de produtos em segmentos alimentícios, de confeitaria e panificação (EMBRAPA AGROINDUSTRIAL TROPICAL, 2003; LIMA *et al.*, 2019).

O uso da amêndoa da castanha-de-caju para a elaboração e obtenção de produtos alimentícios com propriedades benéficas e funcionais em uma dieta saudável e nutritiva, amplia a agregação de valor comercial da matéria-prima originada do cajueiro, potencializando a geração de renda e consequentemente o sustento de quem depende da atividade agrícola.

3.2 Pólen Apícola

O pólen apícola é um alimento produzido pelas abelhas da espécie *Apis mellifera* na colmeia assim como as demais matérias-primas: mel, geleia real, própolis, apitoxina e cera. Produto natural e de inúmeras propriedades nutricionais e terapêuticas, ele pode ser utilizado tanto para fins medicinais pelas indústrias farmacêutica e cosmética, quanto pelas indústrias alimentícias como suplemento alimentar benéfico para a dieta humana (OLIVEIRA-JÚNIOR; CALVÃO, 2020; KIELISZEK, 2018).

Coletado a partir de diferentes espécies vegetais pelas abelhas, o pólen das flores é aglomerado em formato de pelotas com o auxílio da mistura de néctar e secreções glandulares hipofaríngeas como enzimas α e β glicosidase (CARPES *et al.*, 2009; NEGRI *et al.*, 2018; SATTTLER, 2018), sendo posteriormente transportado em suas corbículas até a colmeia. Tal produto apícola é fundamental para as abelhas, pois é a principal fonte de proteína que elas coletam da natureza sendo responsável pelo bom desenvolvimento da colônia (KIELISZEK, 2018).

Nutricionalmente o pólen apícola é constituído por vários componentes, dentre esses, pode-se mencionar os carboidratos (13 - 55%), proteínas (10 - 40%), fibras (0,3 - 20%), lipídeos (1 - 10%), minerais (cálcio, manganês, magnésio, fósforo, selênio, zinco, cobre, ferro, potássio e sódio), vitaminas A (carotenoides), do complexo B, C, D, E e K, substâncias fenólicas, flavonoides, ácidos orgânicos, esteroides e terpenos (CALDAS *et al.*, 2019; FEÁS *et al.*, 2012; NASCIMENTO *et al.*, 2018).

Como observado no parágrafo anterior, dentre os constituintes presentes no pólen apícola destacam-se as proteínas, encontradas na maior parte em sua forma livre (aminoácidos). De acordo com Seijas (2012), os aminoácidos que podem compor o pólen apícola são: triptofano, leucina, lisina, isoleucina, treonina, histidina, metionina, fenilalanina, arginina, glicina, tirosina, cistina, ácido butírico, ácido Aspártico, hidroxipolina, ácido Carbâmico, alanina, valina, ácido Glutâmico, prolina, serina, citrulina, asparagina, ornitina e isovalina, sendo grande parte desses, essenciais, ou seja, não sintetizados pelo organismo (ANJOS; CAMPOS; ESTEVINHO, 2017).

Quando comparado a outros produtos de origem vegetal, o pólen apícola pode conter em sua constituição concentrações bem satisfatórias de ácidos graxos insaturados, apresentando em sua fração lipídica ácidos graxos mono- e poli-insaturados. Dentre os principais ácidos encontrados no produto estão, o alfa-linolênico, mais conhecido por ômega-3, onde dependendo de sua origem vegetal pode variar sua concentração entre 0,1 - 4 g / 100 –

108 g e o ácido alfa-linoleico (ômega-6), ambas gorduras insaturadas que garantem inúmeros efeitos benéficos quando inseridas na alimentação (ANJOS; CAMPOS; ESTEVINHO, 2017; OLIVEIRA-JÚNIOR; CALVÃO, 2020).

Além destes constituintes, o pólen apícola e os demais produtos das abelhas, como o mel e a própolis, possuem na composição compostos fenólicos e flavonoides, substâncias responsáveis pela atribuição de propriedades bioativas antioxidantes, anti-inflamatórias, anticancerígenas, antimicrobianas, antifúngicas e imunomodulatórias aos mesmos (CALDAS *et al.*, 2019; CARPES *et al.*, 2007; HEMMAMI *et al.*, 2020).

Inúmeros estudos já realizados demonstram resultados positivos quanto ao potencial de aplicação do pólen apícola como antioxidante natural na área de alimentos, associando tal propriedade às substâncias fenólicas presentes em sua composição. Quanto à atividade antimicrobiana do produto apícola, o mesmo vem se destacando de forma satisfatória em diferentes setores industriais, isso porque os compostos fenólicos são constituídos por derivados conjugados tais como os cinâmicos e biflavonoides, que são componentes formados de poliaminas, substâncias que estão fortemente relacionadas à atribuição das propriedades antimicrobianas do pólen apícola (CALDAS *et al.*, 2019).

Como observado, o pólen apícola é um alimento de composição nutricional e biológica bastante significativa, entretanto, é importante ressaltar que as propriedades do produto poderão variar de acordo com a origem botânica, localização geográfica (THAKUR; NANDA, 2020), clima da região, tipo de solo e a espécie da abelha (NEGRI *et al.*, 2018).

O teor nutricional, aliado aos compostos bioativos que o pólen apícola possui, conferem ao mesmo um potencial de aplicação na elaboração e enriquecimento de produtos a fim de se obter apelo funcional e saudável dentro da área alimentícia. O seu consumo como alimento na dieta humana, pode desempenhar um papel satisfatório tanto na suplementação quanto na funcionalidade do corpo humano, representando fonte de geração de renda e valorização agregada à matéria-prima apícola.

3.3 Hidrolisado Proteico

As proteínas são componentes fundamentais ao organismo, inclusive celular, desempenhando importantes funções fisiológicas, como: regeneração de tecidos, catalisação de reações químicas que compreendem enzimas ou hormônios, atuação no sistema imunológico e contribuição substancial acerca dos fenômenos de crescimento e reprodução. Quanto à estrutura química das proteínas, são constituídas de polímeros de aminoácidos de alto peso molecular (acima de 10.000), agrupados através de ligações peptídicas (FOOD INGREDIENTS, 2014).

A hidrólise proteica consiste em um processo de fragmentação da cadeia molecular das proteínas em peptídeos menores e aminoácidos livres; esta reação pode ocorrer através de hidrólise fermentativa, química, enzimática e até mesmo gastrointestinal. Na área de alimentos, os produtos de fonte animal e vegetal, bem como os subprodutos residuais gerados a partir do processamento agroindustrial dos mesmos, têm sido bastante utilizados para esse fim (GÖRGÜÇ; GENÇDAĞ; YILMAZ, 2020; KUROZAWA; PARK; HUBINGER, 2009; RIVAS-VELAS *et al.*, 2021).

De acordo com Hau *et al.* (2019), a produção de hidrolisados proteicos pelo método de hidrólise enzimática tem sido o mais indicado, uma vez que o mesmo permite a realização do controle do grau de hidrólise durante o processo de separação das ligações peptídicas utilizando-se diferentes tipos de proteases. Dentre as enzimas comerciais mais utilizadas para produzir hidrolisados, estão a papaína e a bromelina de origem vegetal (mamão e abacaxi, respectivamente) e a alcalase, que se origina de uma cepa biológica de *Bacillus licheniformis*. Tais enzimas caracterizam-se pelo potencial de desempenho e importância tecnológica devido à alta eficácia de hidrólise peptídica que as mesmas possuem (HAU *et al.*, 2019; RIVAS-VELAS *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2016).

O processo de hidrólise enzimática promove a liberação de peptídeos bioativos, que possuem geralmente de 2 a 20 resíduos de aminoácidos por molécula, facilitando sua digestibilidade e absorção (MALOMO *et al.*, 2021; SOARES *et al.*, 2021). No organismo, estes compostos podem ser capazes de fornecer vários efeitos biológicos, como atividades: anti-hipertensivas, antimicrobianas, antitrombóticas, hipocolesterolemiantes, antioxidantes, além de inibir a ação de enzimas dependentes da proteína calmodulina (MALOMO *et al.*, 2020).

Os peptídeos bioativos presentes composicionalmente nos hidrolisados proteicos são fontes de propriedades alimentares e benéficas à saúde; por esse motivo, segundo Görgüç,

Gençdağ e Yilmaz (2020), tais produtos vêm se tornando cada vez mais populares. Quanto a aplicação de hidrolisados na área de alimentos, os mesmos têm sido utilizados tanto para o enriquecimento proteico de bebidas e alimentos dietéticos, quanto em formulações de produtos para lactantes, suplementos dietéticos clínicos e agentes aromatizantes (SANTOS *et al.*, 2016).

3.4 Bebidas em Pó

As bebidas em pó ou instantâneas são produtos alimentícios que possuem baixos teores de água na composição e que possuem grande facilidade em se reconstituírem antes de serem consumidos. Nas prateleiras de supermercados, esses produtos em pó podem ser encontrados em uma grande variedade; são alimentos práticos, tanto para o transporte quanto para o consumo (ÇOPUR; İNCEDAYI; KARABACAK, 2019).

A desidratação é uma técnica bastante aplicada pelas indústrias alimentícias em produtos e possui como principal finalidade a redução do teor de água presente na composição dos alimentos, prolongando assim sua qualidade e vida de prateleira. Dentre as tecnologias aplicadas para a secagem de alimentos estão os métodos de liofilização e spray (TONTUL; TOPUZ, 2017), destes o segundo vem sendo destaque quanto à produção de bebidas em pó.

Os métodos tecnológicos de secagem já empregados, além de manterem ao máximo as características nutricionais e organolépticas, facilitam as propriedades tecnológicas, como a instantaneização dos produtos em pó. Contudo, utilizar meios alternativos que sejam mais acessíveis e de fácil aplicabilidade como o método de instantaneização pela aplicação de álcool de cereais, facilitaria o processo e reduziria o custo de produção.

O álcool de cereais é um destilado obtido através da fermentação de açúcares. Sua aplicação como um método de instantaneização é possível em função de dois fatores: pela hidrólise dos glóbulos de gordura em decorrência do abaixamento de pH e pela aglomeração de partículas causada pela umidificação seguida da secagem do produto. Esse procedimento, proporciona o aumento da porosidade dos grânulos de pó potencializando as suas características solúveis e molháveis, além de tornar o processo produtivo acessível e de baixo custo (BARROS, 2013).

Na produção de bebidas em pó também é comum a utilização de espessantes que, de acordo com a Legislação nº 540 de 27 de outubro de 1997, são aditivos que têm por finalidade aumentar a viscosidade de um alimento (BRASIL, 1997), contribuindo com a melhora de atributos sensoriais de textura e consistência; por esse motivo, são comumente empregados na área de alimentos e bebidas, atuando como agentes estabilizadores de sistemas dispersos como espumas, emulsões e suspensões. A caseína, a carragena, os alginatos, a goma guar, a goma xantana e a carboximetil celulose sódica (CMC) são os espessantes mais utilizados pelas indústrias (PEREIRA *et al.*, 2013).

A goma guar é um espessante/estabilizante bastante utilizado nas formulações de alimentos como bebidas, sorvetes, molhos, sopas e misturas para bolo. Tal aditivo, possui como principal particularidade a capacidade de hidratação imediata em meio aquoso frio, atingindo velozmente alta viscosidade, em virtude do seu poder gelificante quando em contato com outras substâncias. As propriedades desempenhadas pela goma guar, bem como o seu baixo custo, são fatores que a elegem como opção viável de aplicabilidade nos mais diversos segmentos alimentícios (FOOD INGREDIENTS, 2014; SILVA *et al.*, 2018).

Bebidas como café, chás, leites e achocolatados são comercializadas em forma de pó e fazem parte da alimentação diária de grande parte da população mundial. A importância industrial, comercial e tecnológica que as bebidas em pó possuem, demonstram o quanto são capazes de ampliar seu leque de variedade. Nesse sentido, considera-se importante a avaliação do potencial de matérias-primas como a ACC e o pólen apícola na elaboração de produtos alimentícios que possam apresentar características nutricionais, funcionais e vida de prateleira mais prolongada.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Aquisição de Matéria-Prima e Ingredientes

As amêndoas e o xerém da castanha-de-caju foram adquiridos em uma Cooperativa de produtores localizada no município de Picos, Piauí. O pólen apícola desidratado e a goma guar foram adquiridos em um estabelecimento de produtos naturais localizado no centro comercial do município de Teresina, Piauí. A aquisição da enzima bromelina foi realizada em um estabelecimento farmacêutico situado no município de Palmas, Tocantins.

4.2 Obtenção da Farinha de ACC

Para o preparo da farinha de ACC e do xerém da castanha-de-caju, utilizou-se um liquidificador da marca Mondial em modo pulsar, de forma descontínua, até obter-se um material de aspecto granulométrico farináceo e homogêneo. Tal processo teve como principal finalidade, facilitar a realização das etapas posteriores.

4.3 Caracterização das Matérias-primas

As amostras de amêndoa e xerém de castanha-de-caju e pólen apícola desidratado foram caracterizadas quanto a composição centesimal e físico-química, de acordo com os procedimentos metodológicos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

A análise de umidade foi realizada por secagem em estufa a 105 °C; de cinzas, por meio da incineração e calcinação da amostra em forno mufla a 550 °C; a análise de lipídeos foi feita por extração direta com utilização de reagente hexano em aparelho de Soxhlet; o teor de proteína foi determinado baseando-se no método de micro-Kjeldahl (Nitrogênio x 6,25); a fibra bruta foi determinada por digestão ácida e básica e filtração das amostras contidas em bolsa de tecido TNT; o pH foi determinado utilizando-se aparelho pHmetro de bancada previamente calibrado; e a acidez titulável foi determinada com hidróxido de sódio (0,1 M) até a viragem de coloração para róseo claro. A determinação do teor de carboidratos foi realizada por diferença: $[100 - (\text{Umidade} + \text{Lipídeos} + \text{Proteína} + \text{Cinzas} + \text{fibra bruta})]$, com base na matéria integral.

4.4 Obtenção da Torta Desengordurada de ACC

A retirada de gordura da farinha das amêndoas de castanha-de-caju (ACC) para a elaboração dos produtos e do hidrolisado proteico, foi realizada pelo método de extração à frio. Previamente trituradas, as farinhas de ACC foram colocadas em tecido de feltro, transferidas à um cilindro de aço inoxidável vazado e encaminhadas à uma prensa hidráulica de 15 toneladas (ton) da marca Skay. Sobre a farinha envolvida pelo tecido, foi realizada, de forma manual, uma pressão de 9 ton. Tal procedimento foi repetido até o esgotamento da escoagem do óleo originado da matéria-prima. A farinha desengordurada de ACC obtida após a prensagem foi acondicionada em recipiente de polietileno hermeticamente fechado e armazenada em local fresco e ao abrigo da luz.

4.5 Elaboração dos Produtos

4.5.1 Processo de Instantaneização da Torta Desengordurada de ACC

Para realizar a etapa de instantaneização, aplicou-se a metodologia descrita por Barros (2013), porém com algumas modificações. À farinha desengordurada de ACC, foi realizada a adição de álcool etílico de cereais (96°) da marca AFF Alimentos e realizada a agitação até se obter uma mistura visualmente homogênea. Com o auxílio de uma peneira de aço inoxidável, separou-se o álcool da farinha de ACC e transferiu-se de forma higienizada o conteúdo sólido para bandejas de aço inoxidável, que foram encaminhadas à uma estufa de secagem da marca Quimis a temperaturas variando entre 40° - 45 °C até a completa evaporação do álcool de cereais da farinha, ou seja, até peso constante. A farinha de ACC instantaneizada foi acondicionada em embalagem de polietileno laminada e armazenada em local fresco e ao abrigo da luz.

4.5.2 Elaboração das Formulações

Foram elaboradas cinco formulações de bebida em pó com a adição de diferentes concentrações de pólen apícola, que seguem expressas na Tabela 1.

Tabela 1. Formulações das bebidas em pó para elaboração de bebida de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) enriquecidas com pólen apícola (100g).

Ingredientes	Formulações				
	C	F1	F2	F3	F4
Castanha-de-caju	98,0%	96,5%	95,5%	94,5%	93,5%
Pólen apícola	-	1,5 %	2,5%	3,5%	4,5%
Goma guar	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%

C: Bebida controle; F1: Bebida contendo 1,5% de pólen apícola; F2: Bebida contendo 2,5% de pólen apícola; F3: Bebida contendo 3,5% de pólen apícola; F4: Bebida contendo 4,5% de pólen apícola.

Fonte: Autor (2021).

Na etapa de processamento, inicialmente o pólen apícola desidratado foi triturado a fim de melhorar sua adição às formulações. Para cada um dos produtos formulados, foi realizada a pesagem das matérias-primas em balança analítica da marca Shimadzu e com o auxílio de um liquidificador higienizado da marca Mondial, misturou-se os ingredientes de cada formulação separadamente. Após a mistura, o pó foi passado em peneira plástica de 0,2 mm, com a finalidade de se obter um produto de melhor aspecto granulométrico e visualmente mais homogêneo. Os produtos formulados foram envasados em embalagem de polietileno laminado, identificados de acordo com a concentração de pólen apícola adicionado e armazenados em local fresco e à temperatura ambiente, até o momento da realização das análises de composição centesimal, físico-química, tecnológicas e colorimétricas.

4.6 Análises dos Produtos Formulados

4.6.1 Composição Centesimal e Físico-química dos Produtos

A composição centesimal e química das misturas em pó formuladas foi determinada seguindo a metodologia descrita por IAL (2008) quanto às análises de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e fibra bruta. A determinação da atividade de água (A_w) foi realizada mediante a leitura em aparelho Aqualab e o teor de carboidratos foi determinado por diferença: $[100 - (\text{Umidade} + \text{Lipídeos} + \text{Proteína} + \text{Cinzas} + \text{fibra bruta})]$, com base na matéria integral.

4.6.2 Análises Tecnológicas dos Produtos

4.6.2.1 Molhabilidade

O teste de molhabilidade das bebidas formuladas foi realizado de acordo com a metodologia de Visotto *et al.* (2006) citada por Duarte *et al.* (2017), onde à 100 mL de água destilada adicionou-se 1 g de amostra e com o auxílio de um cronometro registrou-se o tempo levado para que todas as partículas se molhassem. O resultado observado na análise foi expresso em segundos.

4.6.2.2 Índice de Absorção de Água

O índice de absorção de água (IAA) foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Okezie e Bello (1988) com algumas modificações. Foi preparada uma solução pela mistura de 0,5 g de amostra e 25 mL de água destilada em tubos de Falcon com tampa, em seguida, encaminhou-se os mesmos para centrifugação à 4000 rpm por 10 minutos. O líquido sobrenadante foi então escorrido e o material remanescente pesado. O resultado de IAA da amostra foi expresso em porcentagem, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$IAA (\%) = \frac{\text{Água absorvida pela amostra (g)}}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100$$

4.6.2.3 Capacidade de Absorção de Óleo

Para determinar a capacidade de absorção de óleo (CAO), utilizou-se a mesma metodologia empregada para a análise do índice de Absorção de Água, porém substituindo-se o uso da água por óleo de soja. Os resultados de CAO obtidos foram expressos em porcentagem através do cálculo:

$$CAO (\%) = \frac{\text{óleo absorvido pela amostra (g)}}{\text{amostra (g)}} \times 100$$

4.6.3 Análise Colorimétrica dos Produtos Formulados

As cores das amostras das bebidas em estado de pó e diluídas em água, foram medidas com o auxílio de um colorímetro da marca Konica Minolta, modelo CR 410, utilizando-se a escala CIE Lab: L* (luminosidade), a* (+ vermelho; - verde), b* (+ amarelo; - azul), além dos ângulos C*(chroma) e h° (ângulo *hue*).

4.7 Obtenção do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

Para o preparo dos hidrolisados, utilizou-se a metodologia descrita por Paiva (2014), com algumas modificações. Porém, com o intuito de obter a otimização da produção do hidrolisado proteico, elaborou-se previamente um delineamento estatístico de Composição Central Rotacional (DCCR) com pontos axiais. Os parâmetros avaliados seguem descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Fatores e níveis testados para o Delineamento de Composição Central Rotacional com pontos axiais.

Fatores	Ponto axial inferior (-1,68)	Nível inferior (-1)	Nível Intermediário (0)	Nível Superior (+1)	Ponto axial superior (+1,68)
Tempo	13,0	40	80	120	147,0
Temperatura	33,3	40	50	60	66,7
[] Enzima/Substrato (%)	0,33	0,5	0,75	1,0	1,17

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

Inicialmente ao processo de hidrólise enzimática, o substrato (ACC) foi pesado, adicionado em tubos Falcon e homogeneizado com água destilada na proporção 1:15 (sólidos ACC / ml de água). Em seguida, os tubos foram encaminhados para a etapa de hidrólise enzimática em banho-maria da marca Tecnal modelo TE-054 mag sob agitação constante. Para o processo hidrolítico, foi realizado o ajuste de temperatura, concentração enzimática e controle do tempo de reação (Tabela 3). Ao término da reação, as enzimas foram inativadas em temperatura de 90°C por 15 minutos e a fração solúvel foi separada da fração insolúvel através de centrifugação a 4.000 rpm força por 10 minutos em centrífuga da marca CentriBio. Em seguida, os sobrenadantes, então, inseridos em micro tubos Eppendorf, foram

centrifugados novamente à 13.000 rpm por 5 minutos em centrífuga Hettich modelo Universal 320 e armazenados em freezer até o momento da realização das análises de Grau de hidrólise (%) e atividade antioxidante (% sequestro radicais livres (SRL)).

4.7.1 Otimização das Condições de Hidrólise Enzimática

Realizou-se um planejamento experimental fatorial completo 2^3 , com três repetições no ponto central, considerando como variáveis dependentes o grau de hidrólise e a atividade antioxidante resultantes da verificação de influência das variáveis: tempo de hidrólise, temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e concentração enzima/substrato para produzir os hidrolisados proteicos de amêndoa da castanha-de-caju. Desse modo, considerando-se três fatores e três replicatas do ponto central, o planejamento envolveu 17 experimentos (Tabela 3).

Tabela 3. Valores codificados e valores reais dos ensaios para hidrólise enzimática utilizando-se a enzima comercial bromelina.

Ensaio	Tempo (min)		Temperatura $^{\circ}\text{C}$		E/S (%)	
	Cod	Real	Cod	Real	Cod	Real
1	-1	40	-1	40	-1	0,5
2	-1	40	-1	40	1	1,0
3	-1	40	1	60	-1	0,5
4	-1	40	1	60	1	1,0
5	1	120	-1	40	-1	0,5
6	1	120	-1	40	1	1,0
7	1	120	1	60	-1	0,5
8	1	120	1	60	1	1,0
9	-1,68	13,0	0	50	0	0,75
10	1,68	147,0	0	50	0	0,75
11	0	80	-1,68	33,3	0	0,75
12	0	80	1,68	66,7	0	0,75
13	0	80	0	50	-1,68	0,33
14	0	80	0	50	1,68	1,17
15	0	80	0	50	0	0,75
16	0	80	0	50	0	0,75
17	0	80	0	50	0	0,75

E/S (%): Enzima / Substrato (g proteína / g proteína).

4.7.2 Grau de Hidrólise

Para realização da análise de grau de hidrólise, inicialmente em um balão volumétrico foi preparado o reagente OPA (o-phthaldialdehyde), onde misturou-se: 25 mL de solução de tetraborato de sódio (100 mmol. L⁻¹), 2,5 mL de solução de dodecil-sulfato de sódio a 20% (p/v), 40 mg de OPA (dissolvido em 1 mL de metanol) e 100 mL de 2-mercaptoetanol, completando-se a vidraria com água destilada até o volume de 50 mL (CHURCH *et al.*, 1983).

4.7.3 Determinação da Atividade Antioxidante DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil)

Para determinar a atividade antioxidante dos hidrolisados, aplicou-se a metodologia proposta por Rufino *et al.* (2007) com algumas modificações, analisando-se a capacidade do sequestro do radical DPPH de cada um dos ensaios. Após uma hora de reação em ambiente escuro, a leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro à 515 nm. Os dados de atividade antioxidante obtidos foram expressos em porcentagem de sequestro de radicais livres (SRL%), através da Equação:

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

4.7.4 Produção do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

O hidrolisado proteico de amêndoa da castanha-de-caju foi produzido conforme os procedimentos descritos no subitem 4.7, sendo submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar à 45°C por 18 horas, moído, peneirado e acondicionado em embalagem de polietileno laminada hermeticamente fechada para posteriormente ser incorporado à formulação da bebida em pó.

4.7.5 Rendimento do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

Para realizar o cálculo da proporção de rendimento dos hidrolisados proteicos da torta de amêndoa da castanha-de-caju, utilizou-se o seguinte cálculo:

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

Onde o peso inicial refere-se à massa da torta desengordurada de ACC (g) utilizada como substrato para a hidrólise enzimática e o peso final, a quantidade de amostra (g) obtida ao final do processo de elaboração dos hidrolisados proteicos.

4.7.6 Caracterização do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

A caracterização do hidrolisado foi realizada seguindo a metodologia descrita pelo IAL (2008) quanto às análises de umidade, cinzas, lipídeos e proteína. A determinação da atividade de água (A_w) foi realizada mediante a leitura em aparelho Aqualab.

4.7.7 Análises tecnológicas do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

As análises tecnológicas de molhabilidade, Índice de absorção de água (IAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) do hidrolisado proteico de ACC foram realizadas de acordo com os procedimentos metodológicos descritos nos subitens 4.6.2.1 a 4.6.2.3 do presente trabalho.

4.7.7.1 Solubilidade em água

A determinação de solubilidade em água foi realizada segundo a metodologia proposta por Cano-Chauca *et al.* (2005). Homogeneizou-se 1g de amostra em 100 mL de água destilada e posteriormente transferiu-se 25 mL do sobrenadante dessa solução à uma placa previamente pesada. O resultado da análise foi obtido mediante cálculo de diferença do peso

inicial da placa e a massa final da mesma após secagem do sobrenadante à 105°C através do cálculo:

$$\text{Solubilidade} = \frac{\text{Peso do resíduo após secagem (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \times 100$$

4.7.8 Análise Colorimétrica do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

A cor da amostra de hidrolisado proteico da torta desengordurada da amêndoa da castanha-de-caju foi medida com o auxílio de um colorímetro da marca Konica Minolta (Subitem 4.6.3).

4.8 Elaboração da Mistura em Pó com Adição de Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

Para o desenvolvimento da bebida em pó, utilizou-se a seguinte formulação descrita na Tabela 4.

Tabela 4. Formulação da mistura em pó para a elaboração de bebida de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) enriquecida com pólen apícola e com a adição do hidrolisado proteico da torta de ACC.

Formulação	Ingredientes			
	Castanha-de-caju	Pólen apícola	Goma Guar	Hidrolisado de ACC
F2	95,5%	2,5%	2,0%	2,5%

F2: Mistura em pó contendo adição de 2,5% de pólen apícola.

Fonte: Autor (2022).

Após o processamento, o produto formulado foi acondicionado em três embalagens distintas, sendo essas de polietileno laminado (ziplock), de polipropileno e de vidro, todas hermeticamente fechadas e armazenadas por sessenta dias à temperatura ambiente, com a finalidade de simular a sua comercialização na prateleira do mercado.

4.8.1 Caracterização da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

A caracterização centesimal (umidade, cinzas, lipídeos, proteína, fibra bruta) e química (pH, acidez titulável) da mistura em pó adicionada do hidrolisado proteico de ACC foi realizada de acordo com a metodologia descrita pelo IAL (2008). A atividade de água foi determinada através da leitura em aparelho Aqualab e o teor de carboidratos foi determinado por diferença: $[100 - (\text{Umidade} + \text{Lipídeos} + \text{Proteína} + \text{Cinzas} + \text{fibra bruta})]$, com base na matéria integral.

4.8.2 Análises Tecnológicas da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

As análises tecnológicas de molhabilidade, Índice de absorção de água (IAA), capacidade de absorção de óleo (CAO) e solubilidade do hidrolisado proteico de ACC foram realizadas de acordo com os procedimentos metodológicos descritos nos subitens 4.6.2.1, 4.6.2.2, 4.6.2.3 e 4.7.7.1 do presente trabalho.

4.8.3 Análise Colorimétrica da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

A cor do produto em pó formulado com a adição do hidrolisado proteico de ACC foi medida com o auxílio de um colorímetro da marca Konica Minolta (Subitem 4.6.3).

4.8.4 Propriedades Antioxidantes da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

4.8.4.1 Determinação de Fenólicos

A quantificação de compostos fenólicos totais foi realizada utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteu (FC), conforme metodologia descrita por Waterhouse (2002), com leitura em espectrofotômetro digital, a 750 nm com a utilização de uma curva padrão de ácido gálico, na faixa de 5 a 50 mg L⁻¹. A análise foi realizada em triplicata, com os resultados expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100 mL de amostra do produto em pó.

4.8.4.2 Determinação da Atividade Antioxidante DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil)

Para determinar a atividade antioxidante da mistura em pó com a adição da fração mista do hidrolisado proteico da ACC, aplicou-se a metodologia proposta por Rufino *et al.* (2007) com algumas modificações, analisando-se a capacidade do sequestro do radical DPPH de cada um dos ensaios. Após uma hora de reação e ambiente escuro, a leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro à 515 nm. Os dados de atividade antioxidante obtidos foram expressos em porcentagem de sequestro de radicais livres (SRL%), através da Equação:

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

4.8.5 Perfil de Aminoácidos da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

A determinação de aminoácidos totais da bebida com adição de hidrolisado proteico de ACC (BCH) foi realizada por cromatografia em coluna de fase reversa em um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência, segundo o método descrito 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).

4.8.6 Perfil de ácidos graxos da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

A análise de determinação de ácidos graxos da amostra de mistura em pó foi realizada segundo a metodologia descrita por Association of Analytical Chemists (AOAC, 2005). A determinação dos índices de aterogenicidade (IA) e de trombogenicidade (IT) dos ácidos graxos foram calculadas de acordo com Ulbricht & Southgate (1991), aplicando-se as fórmulas:

$$IA = \frac{[(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)]}{(\sum AGMI + \sum \omega 6 + \sum \omega 3)}$$

$$IT = \frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{[(0,5x \sum AGMI) + (0,5x \sum \omega 6) + (3x \sum \omega 3) + (\sum \omega 3 \div \sum \omega 6)]}$$

Onde,

AGMI: ácidos graxos monoinsaturados.

4.8.7 Avaliação de Estabilidade da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

A avaliação da *shelf life* do produto formulado foi realizada durante dois meses, em períodos intervalados de 15 dias (0, 15, 30, 45 e 60) e em três repetições para cada uma das embalagens (polietileno laminado, polipropileno e vidro).

4.8.7.1 Análise de reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A análise de TBARS foi realizada de acordo com o método descrito por Heath e Packer (1968) com modificações, realizando-se a leitura dos extratos em espectrofotômetro a 532 nm e o resultado sendo expresso pela quantidade de malonaldeído (MDA) por quilo (Kg) na amostra, utilizando-se da curva padrão de 1,1,3,3-tetroxipropano (TEP).

4.8.7.2 Índice de peróxido

A oxidação lipídica determinada pelo índice de peróxido foi executada de acordo com a metodologia descrita pela American Oil Chemists Society (AOCS, 1990) citada por IAL (2008). Os resultados encontrados foram expressos em miliequivalentes de peróxido em 1000 g de amostra através da aplicação da seguinte fórmula:

$$\text{Índice de Peróxido} = \frac{(A - B) \times N \times f \times 1000}{P}$$

Onde,

A = nº de mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 (ou 0,01 N) gasto na titulação da amostra;

B = nº de mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 (ou 0,01 N) gasto na titulação do branco;

N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio;

f = fator da solução de tiosulfato de sódio;

P = n° de g da amostra.

4.8.7.3 Determinação do pH

A determinação de pH das amostras acondicionadas em diferentes embalagens foi realizada com a utilização de pHmetro de bancada previamente calibrado (IAL, 2008).

4.8.7.4 Determinação de atividade de água (A_w)

A atividade de água da amostra do produto em pó acondicionado em embalagens de polietileno laminada, polipropileno e vidro foi determinada mediante a leitura da amostra em um aparelho Aqualab.

4.8.7.5 Análise colorimétrica

A determinação de cor das amostras de BCH acondicionadas em embalagens de polietileno laminada, polipropileno e vidro foi realizada de acordo com a metodologia descrita no subitem 4.6.3 do presente trabalho.

4.9 Delineamento Estatístico

Os dados da caracterização das matérias-primas obtidos das três repetições foram expressos em média e desvio padrão em Software Excel. Para as análises dos dados resultantes do Delineamento Central de Composto Rotacional (DCCR), realizou-se o teste estatístico de F com aplicação da Análise de Variância para determinar o nível de significância entre as amostras utilizando-se o software estatístico STATISTICA 8.0. Os resultados das análises de composição centesimal, físico-química, tecnológicas, bem como, o estudo da *shelf life* dos produtos formulados, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparação de médias realizada pelo teste de *Tukey* a 5% de significância no programa estatístico SISVAR, versão 5.6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição Nutricional Química das Matérias-primas

Para o desenvolvimento de um novo produto, conhecer as propriedades químicas e nutricionais das matérias-primas a serem utilizadas como ingrediente é importante para a obtenção de um alimento mais estável, seguro e conseqüentemente de melhor qualidade. Diante disso, os valores encontrados nas análises centesimais e físico-químicas das matérias-primas utilizadas nas formulações dos produtos seguem expressos na Tabela 5.

Tabela 5. Composição nutricional e química das matérias-primas, xerém, amêndoa da castanha-de-caju e pólen apícola.

Componentes	Matérias-primas		
	Xerém de ACC	ACC	Pólen apícola
Umidade (%)	3,27 ± 0,02	3,35 ± 0,03	6,61 ± 0,04
Cinzas (%)	1,45 ± 0,01	1,53 ± 0,04	2,20 ± 0,11
Lipídeos (%)	45,02 ± 1,91	41,46 ± 2,10	1,80 ± 0,03
Proteína (%)	25,29 ± 0,43	29,50 ± 0,19	17,12 ± 0,23
Fibra Bruta (%)	4,4 ± 0,07	4,8 ± 0,03	5,2 ± 0,40
Carboidratos (%)	24,97 ± 1,37	22,09 ± 1,77	72,28 ± 0,15
pH	6,53 ± 0,10	6,45 ± 0,04	4,91 ± 0,07
Acidez	0,24 ± 0,03	0,32 ± 0,00	51,50 ± 0,60

Acidez da amêndoa e do xerém de castanha-de-caju expresso em g de ácido oleico / 100 g; Acidez do pólen apícola expresso em mEq/Kg. Resultados expressos em média e ± desvio padrão.

Fonte: Autor (2021).

Como observado (Tabela 5), a umidade da amêndoa e do xerém de castanha-de-caju apresentaram valores médios de 3,27% e 3,35%, respectivamente, tais resultados encontram-se coerentes com o estabelecido pela legislação para comercialização da amêndoa da castanha-de-caju, que é, no máximo, de 5% (BRASIL, 2009). Quanto ao pólen apícola, o seu teor de umidade foi de 6,61%, valor acima do estabelecido pela legislação vigente, que preconiza um limite máximo de 4% de umidade para o produto desidratado (BRASIL, 2001). Provavelmente, o resultado encontrado está relacionado às condições ambientais e/ou de

armazenamento que podem ter influenciado diretamente no teor de umidade do produto apícola em razão de seu elevado potencial higroscópico.

Os valores obtidos para o teor de cinzas no xerém e na ACC foram de 1,45% e 1,53%, respectivamente. De acordo com Júnior *et al.* (2020), o teor de cinzas da ACC pode corresponder à 2,40%, logo, os resultados encontrados no presente estudo foram inferiores ao reportado. Dentre os minerais disponíveis na composição da amêndoa de caju, estão o cálcio, o fósforo, o magnésio, o potássio, o ferro e o sódio (ALOBO; AGBO; ILESANMI, 2009; FREITAS; NAVES, 2010).

No pólen apícola, o dado de cinzas obtido foi de 2,20%, estando de acordo com o estabelecido pela legislação (máximo 4%). Segundo Velásquez *et al.* (2022), o potássio, fósforo, sódio, cálcio, magnésio, zinco, manganês, ferro, cobre e o selênio são os minerais que constituem o pólen apícola. Vale ressaltar que o conteúdo de cinzas da castanha-de-caju e do pólen apícola poderá sofrer variação em decorrência de vários fatores, tais como: solo, clima, origem botânica e variabilidade genética, influenciando assim na capacidade dos mesmos em acumular minerais em sua composição (GOMES *et al.*, 2020; TAHKUR; NANDA, 2020).

Para lipídeos, mesmo se tratando da mesma matéria-prima, a amostra de xerém de ACC apresentou maior teor de gordura (45,02%) em relação à ACC (41,46%). De acordo com Uslu e Özcan (2019), o teor lipídico da castanha-de-caju pode variar até aproximadamente 45% e que sua composição é constituída pela presença de ácidos graxos mono- e polinsaturados, tais como os ácidos oléicos, palmíticos e esteáricos. Quanto ao pólen apícola, o valor médio encontrado de lipídeos foi 1,80%, estando coerente com a legislação brasileira que estabelece o mínimo 1,8% de lipídeos em base seca (BRASIL, 2001). A fração lipídica do pólen apícola é composta por ácidos graxos como o alfa-linolênico (ômega-3) e o ácido alfa-linoleico (ômega-6), ambos importantes para a alimentação humana (ANJOS; CAMPOS; ESTEVINHO, 2017).

Os valores médios para proteína obtidos nas amostras de xerém e da ACC foram de 25,29% e 29,50%, respectivamente. A castanha-de-caju apresenta em torno de 25% de proteína em sua composição (HOLANDA, 2017) e, dentre os aminoácidos de alto valor biológico presentes na amêndoa, estão a lisina, o triptofano, a isoleucina e a leucina (ALOBO; AGBO; ILESANMI, 2009), o que demonstram o elevado teor proteico desse alimento.

O teor proteico encontrado na amostra de pólen apícola foi de 17,12%. Segundo Conte *et al.* (2018), o pólen apícola contém de 10 à 40% de proteínas em sua composição, sendo estes formados por aminoácidos, tais como: lisina, metionina, fenilalanina, arginina, glicina, tirosina, ácido alanina, valina, ácido Glutâmico, prolina e serina (ANJOS; CAMPOS;

ESTEVINHO, 2017). Vale ressaltar, que a variação de proteína do pólen está relacionada com a influência de fatores como a origem vegetal e localização geográfica do produto (THAKUR; NANDA, 2020).

Para fibras, os valores encontrados no xerém (4,4%) e na ACC (4,8%) foram superiores ao obtido por Porfírio, Henrique e Reis (2014), que obtiveram um resultado de 2,7% de fibra na mesma matéria-prima. O pólen apícola, apresentou 5,2% de fibras, teor semelhante aos encontrados em outros estudos citados por Thakur e Nanda (2020) em seu artigo de revisão (0,86 – 5,92%). Segundo os mesmos autores, o pólen apícola caracteriza-se pela presença de fibras dietéticas como a hemicelulose, a celulose, a pectina e a lignina em sua composição.

Quanto aos teores de carboidratos, determinados por diferença no presente estudo, o xerém apresentou valor médio de 24,97%, a ACC, 22,09% e o pólen apícola, 72,28%, estando todos de acordo com o esperado para carboidratos em amêndoa da castanha-de-caju (22,0%) e pólen apícola (18,50 – 82,80%) (ALOBO; AGBO; ILESANMI, 2009; TAKHUR; NANDA, 2020). Os carboidratos são fontes energéticas naturais presentes em produtos de origem vegetal e com base nos dados expostos (Tabela 5), é possível inferir que as matérias-primas avaliadas são capazes de fornecer conteúdo nutricional e energético à alimentação, além de apresentarem bom potencial tecnológico em produtos alimentícios.

Os resultados de acidez (g ácido oleico / 100 g) e pH encontrados no presente estudo nas amostras de ACC e do xerém foram de 0,24 e 0,32 e 6,53 e 6,45, respectivamente. De acordo com Lottenberg (2009), dentre os ácidos orgânicos presentes na composição da ACC estão o ácido gálico, serínico e as catequinas, que são benéficos à saúde. O pólen apícola deve possuir pH entre 4 – 6 e acidez livre de no máximo 300 mEq/Kg (BRASIL, 2001), logo, os resultados obtidos no trabalho condizem com os valores estabelecidos para os parâmetros de pH (4,91) e acidez (51,50 mEq/Kg). Os ácidos orgânicos presentes na composição do pólen apícola, tais como, ácido gálico, *p*-cumárico, vanílico e serínico são os responsáveis por agregar tais características ao produto (THAKUR; NANDA, 2020).

5.2 Composição Nutricional e Físico-química dos Produtos Formulados

Os valores da composição nutricional e físico-química obtidos nas amostras de produtos formulados encontram-se expressos na Tabela 6.

Tabela 6. Composição nutricional e físico-química das bebidas em pó de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) enriquecidas com pólen apícola.

Componentes	Formulações				
	C	F1	F2	F3	F4
Umidade (%)	5,81 ± 0,09 ^{ab}	5,45 ± 0,27 ^b	6,05 ± 0,05 ^a	6,07 ± 0,07 ^a	5,92 ± 0,06 ^a
Cinzas (%)	2,24 ± 0,03 ^a	2,37 ± 0,08 ^a	2,17 ± 0,06 ^a	2,13 ± 0,10 ^a	2,04 ± 0,05 ^a
Lipídeos (%)	29,03 ± 1,53 ^a	25,02 ± 3,96 ^a	29,53 ± 1,41 ^a	30,24 ± 4,19 ^a	33,28 ± 0,00 ^a
Proteína (%)	20,50 ± 1,58 ^b	23,26 ± 0,42 ^{ab}	31,49 ± 2,16 ^a	30,81 ± 3,45 ^a	30,73 ± 0,01 ^a
Fibra bruta (%)	1,26 ± 0,00 ^a	1,20 ± 0,15 ^a	2,26 ± 0,38 ^a	1,19 ± 0,21 ^a	1,22 ± 0,27 ^a
Carboidratos (%)	42,42 ± 0,18 ^a	43,88 ± 3,17 ^a	30,76 ± 0,02 ^b	30,74 ± 0,71 ^b	28,02 ± 0,06 ^b
VET (Kcal)	513,0 ± 8,15 ^a	493,6 ± 21,21 ^a	514,8 ± 7,16 ^a	518,4 ± 21,04 ^a	534,5 ± 0,28 ^a
pH	6,61 ± 0,01 ^a	6,52 ± 0,01 ^b	6,50 ± 0,01 ^{bc}	6,48 ± 0,00 ^{cd}	6,45 ± 0,01 ^d
Acidez (g ácido oleico / 100 g)	0,37 ± 0,01 ^b	0,36 ± 0,01 ^b	0,51 ± 0,06 ^a	0,55 ± 0,01 ^a	0,43 ± 0,00 ^{ab}

C: Bebida controle; F1: Bebida contendo 1,5% de pólen apícola; F2: Bebida contendo 2,5% de pólen apícola; F3: Bebida contendo 3,5% de pólen apícola; F4: Bebida contendo 4,5% de pólen apícola; VET: Valor energético total; Kcal: Quilocaloria. Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de *Tukey* ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$). Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2021).

Os valores médios de umidade obtidos nas amostras dos produtos formulados variaram de 5,81% a 6,07%. De acordo com os resultados (Tabela 6), não houve diferença estatística significativa entre a amostra controle e as amostras com adição de pólen apícola. O teor de umidade é um parâmetro fundamental em alimentos, pois está relacionado com a estabilidade, qualidade composicional (DUARTE *et al.*, 2017) e segurança dos produtos alimentícios.

De acordo com a legislação, o limite máximo estabelecido para umidade de alimentos de soja em pó é de 6,0% (BRASIL, 2000). Já a RDC n° 272 de 22 de setembro de 2005, estabelece que produtos de vegetais, dentre eles as oleaginosas, como é o caso da ACC, devem apresentar, quando secos ou desidratados, valor máximo de umidade de 12% (BRASIL, 2005). Como não há um regulamento técnico específico para os alimentos de

amêndoa da castanha-de-caju, pode-se levar em consideração que os resultados obtidos para umidade estão enquadrados nos padrões estabelecidos pelas legislações mencionadas.

Em alimentos, o teor de cinzas está relacionado ao seu conteúdo mineral (THAKUR; NANDA, 2020). Quanto ao teor de cinzas não foi observada diferença estatística significativa entre as formulações com diferentes concentrações de pólen apícola e nem entre a amostra controle com as demais amostras.

Para lipídios, as amostras analisadas não apresentaram diferença estatística significativa. Alimentos ricos em ácidos graxos insaturados, como é o caso da ACC e do pólen apícola, podem contribuir significativamente à dieta humana, fornecendo ao organismo energia e reduzindo a ocorrência de doenças coronárias. No entanto, esses produtos são mais susceptíveis à oxidação lipídica, fenômeno que causa a deterioração, desencadeando a formação de substâncias tóxicas indesejáveis e a alteração sensorial, de qualidade e vida útil dos alimentos (PORFÍRIO; HENRIQUE; REIS, 2014).

Para proteína, os dados das amostras analisadas variaram de 20,50% à 31,49%. Tais resultados podem estar relacionados com a adição do pólen apícola às formulações, pois, como observado (Tabela 6), à medida em que a concentração do mesmo foi aumentada, houve um acréscimo no teor proteico das amostras analisadas. Krystyjan *et al.* (2015) elaboraram um biscoito enriquecido com pólen apícola e os valores encontrados pelos autores mostraram que, quanto maior foi a concentração de pólen adicionado, maior também foi o teor de proteína presente no produto final em relação à amostra controle (6,96% - 7,56%).

No desenvolvimento de bebidas hidrossolúveis de ACC saborizadas, Rebouças (2016) e Holanda (2017) obtiveram teores proteicos variando de 1,70% - 3,41% e 1,69% - 2,51%, respectivamente. Costa *et al.* (2009), analisando o teor proteico de pós desidratados de farinha de ACC e de goiaba encontraram os valores de 7,63% e 11,47%, respectivamente. Comparando-se os dados proteicos obtidos pelos autores acima mencionados, é possível observar a superioridade quanto ao teor de proteína das misturas formuladas no presente estudo.

De acordo com a RDC n° 54 de 12 de novembro de 2012, para ser considerado um alimento proteico, o mesmo deverá apresentar um valor mínimo de 12 g / 100 g de proteína em sua composição (BRASIL, 2012). Por ser um produto de origem vegetal, os valores encontrados no presente estudo mostram o enorme potencial que a mistura em pó enriquecida com pólen poderá fornecer à dieta humana, em vista do expressivo teor proteico nas amostras, em especial na F2 (31,49%).

Para fibra bruta observou-se que os valores médios obtidos nas amostras não apresentaram diferença significativa e variaram entre 1,19% (F3) e 2,26% (F2).

Para carboidratos, pode-se afirmar que as maiores médias foram encontradas nas amostras F1 e Controle, com 43,88% e 42,42%, respectivamente. Foi possível observar também que as amostras F2 (30,76%), F3 (30,74%) e F4 (28,02%) apresentaram um decréscimo no teor de carboidrato que possivelmente pode estar associado à gradativa adição do pólen apícola.

Em relação aos resultados de valores energéticos totais (VET) encontrados nas formulações desenvolvidas, os mesmos não diferiram estatisticamente entre si, no entanto, observou-se que a partir do enriquecimento com 3,5% de pólen apícola, os valores foram aumentando, com destaque para o produto de formulação 4 (4,5% de pólen apícola), que apresentou o maior dado médio, com 534,5 Kcal (Tabela 6).

Na determinação de pH dos produtos formulados (Tabela 6), verificou-se que a amostra controle (C) apresentou valor médio significativamente superior às demais amostras (6,60). Já a amostra F4, apresentou valor significativamente inferior às demais amostras, mostrando que concentrações de pólen apícola acima de 4,5% mostram influência na redução do pH das formulações. Na área de alimentos, o pH é um parâmetro importante, pois está relacionado com a estabilidade e vida de prateleira, além de ser um indicativo do possível processo fermentativo ($\text{pH} < 4,0$) pela atividade microbiológica em um produto alimentício (NOGUEIRA *et al.*, 2012).

Os dados encontrados para o parâmetro de acidez das amostras de bebida em pó formuladas mostram que as amostras F2 e F3 apresentaram valores médios significativamente superiores, com 0,51 e 0,55 g de ácido oleico/100 g, respectivamente, não diferindo entre si estatisticamente, enquanto que, o menor resultado de acidez foi obtido pela amostra Controle (C), com 0,37 g de ácido oleico / 100 g. Como observado, o pólen apícola pode ter influenciado no aumento da acidez do produto e isso pode ser justificado pela presença de ácido orgânicos em sua composição.

5.3 Propriedades Tecnológicas dos Produtos Formulados

A Tabela 7 apresenta os valores médios obtidos nas análises tecnológicas dos produtos formulados.

Tabela 7. Propriedades tecnológicas de Molhabilidade (s), Índice de absorção de (IAA%) e Capacidade de absorção de óleo (CAO%) das bebidas em pó de amêndoa de castanha-de-caju enriquecidas com pólen apícola.

Formulações	Molhabilidade (s)	IAA (%)	CAO (%)
C	588 ± 3,30 ^a	0,81 ± 0,07 ^a	1,64 ± 0,05 ^a
F1	585 ± 0,24 ^a	0,85 ± 0,12 ^a	1,40 ± 0,21 ^b
F2	584 ± 2,12 ^a	0,85 ± 0,06 ^a	1,23 ± 0,03 ^{bc}
F3	540 ± 0,94 ^b	0,78 ± 0,11 ^a	1,19 ± 0,09 ^c
F4	417 ± 1,41 ^c	0,74 ± 0,02 ^a	1,17 ± 0,02 ^c

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

Fonte: Autor (2021).

De acordo com os resultados (Tabela 7), não houve diferença estatística significativa entre a amostra controle e as formulações F1 e F2 que apresentaram os maiores valores médios de molhabilidade. A formulação F4 com adição de 4,5% de pólen-apícola apresentou valores significativamente inferiores desta variável, diferindo de todas as amostras (417s).

A molhabilidade é um parâmetro de tempo (expresso em segundos) que visa avaliar a capacidade de reconstituição de partículas em meio aquoso, sendo um método comumente utilizado para observação de propriedades instantâneas de produtos em pó. Fatores como tamanho e forma da superfície de partículas, temperatura, líquido de reconstituição e conteúdo lipídico do alimento estão diretamente associados às características de molhamento de um pó (BARROS, 2013; DUARTE *et al.*, 2017).

A presença dos ingredientes que constituem os produtos tais como a goma guar, que possui propriedades hidrofílicas e alta capacidade de hidratação em meio aquoso (SILVA *et al.*, 2018) e o pólen apícola, em virtude da sua composição química e propriedades de área de superfície (THAKUR; NANDA, 2020), podem ter influenciado positivamente na atribuição desse parâmetro aos mesmos.

Outro fator provavelmente associado ao desempenho observado na propriedade de molhabilidade das bebidas em pó formuladas foi a aplicação do método de instantaneização

com o álcool de cereais, que de acordo com Barros (2013), é um procedimento que causa porosidade nas partículas pelo colapso de sua superfície, favorecendo assim a sua capacidade de molhabilidade em menor período de tempo.

O Índice de Absorção de Água (IAA) está associado à capacidade que uma proteína possui em reter água (LIU *et al.*, 2018). Tecnologicamente, o IAA contribui com as propriedades físicas e de processamento em produtos alimentícios, principalmente relacionadas à umidade dos mesmos.

Para a análise de IAA, não foi possível observar diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$), embora as amostras tenham variado entre 0,74% (F4) e 0,85% (F1 e F2) nas formulações elaboradas. Entretanto, tais resultados são considerados inferiores quando comparados aos valores obtidos por Olaleye *et al.* (2020) em produtos extrusados de farinha de castanha-de-caju desengordurada e aveia integral (2,11 – 2,34%).

Já em relação à capacidade de absorção de óleo (CAO), a amostra controle diferiu estatisticamente das demais amostras com adição de pólen apícola, apresentando valor significativamente superior (1,64%). Os resultados observados mostram-se superiores, quando comparados aos encontrados por Olaleye *et al.* (2020) em amostras de extrusados para o mesmo parâmetro (0,56 – 0,66%).

De maneira geral, a CAO consiste na capacidade que as proteínas de uma amostra possuem em ligar-se a moléculas de gorduras. Essa propriedade em alimentos, contribui para melhora das características sensoriais tais como palatabilidade, textura e viscosidade, além disso, possibilita a aplicação dos mesmos como ingredientes ou até mesmo substitutos em diversas formulações alimentares (SANTANA; FILHO; EGEEA, 2017).

As propriedades tecnológicas avaliadas no presente trabalho são parâmetros de grande relevância na área de elaboração e processamento de alimentos em pó, uma vez que as mesmas estão diretamente associadas às características comportamentais do produto.

5.4 Cor dos Produtos Formulados

A cor é um atributo sensorial que além de ser considerada uma característica física associada à aparência, possui a capacidade de influenciar negativa ou positivamente na aceitação de um produto por parte dos consumidores. Os valores de análise colorimétrica obtidos nas amostras das misturas em pó (CBP) e diluídas (CBD), encontram-se expressos na Tabela 8 e 9, respectivamente.

Tabela 8. Dados de cor das misturas em pó de amêndoa de castanha-de-caju (ACC) enriquecidas com pólen apícola.

Amostra	Cor da Mistura em pó (CBP)				
	L*	a*	b*	C*	h°
C	47,12 ± 5,56 ^a	0,626 ± 0,06 ^a	20,04 ± 1,20 ^a	20,05 ± 1,19 ^a	88,19 ± 0,23 ^c
F1	53,44 ± 9,27 ^a	-0,063 ± 0,12 ^{bc}	19,53 ± 2,24 ^a	19,53 ± 2,24 ^a	90,15 ± 0,33 ^{ab}
F2	53,50 ± 4,91 ^a	-0,287 ± 0,22 ^c	19,72 ± 1,14 ^a	19,73 ± 1,14 ^a	90,81 ± 0,60 ^a
F3	52,90 ± 3,07 ^a	-0,163 ± 0,13 ^{bc}	20,78 ± 0,63 ^a	20,78 ± 0,64 ^a	90,43 ± 0,34 ^{ab}
F4	51,30 ± 7,31 ^a	0,063 ± 0,07 ^b	21,72 ± 2,03 ^a	21,72 ± 2,03 ^a	89,80 ± 0,20 ^b

C: Bebida controle; F1: Bebida contendo 1,5% de pólen apícola; F2: Bebida contendo 2,5% de pólen apícola; F3: Bebida contendo 3,5% de pólen apícola; F4: Bebida contendo 4,5% de pólen apícola; L*: Luminosidade (0 – preto e 100 – branco); C*: Cromaticidade (saturação da cor); h°: Ângulo Hue. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$). Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2021).

Dentre os valores obtidos na análise colorimétrica das misturas em pó, não foi possível observar diferença estatística significativa entre as formulações para as coordenadas L*, b* e C* das formulações (Tabela 8).

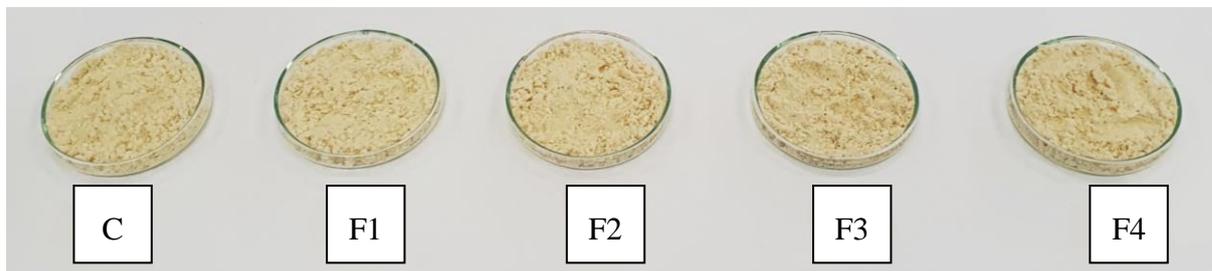
Para a coordenada a*, observou-se que a formulação controle diferiu significativamente das demais amostras com adição de pólen-apícola, conferindo maiores valores médios a esta amostra (0,626).

O ângulo *hue* (h°), representado por um ângulo de 0° a 360°, é formado entre as coordenadas a* e b*, que, através de um eixo angular definido, definem a cor observável. Ângulos entre 0° (+a*) e 90° (+b*) são representados pelas cores vermelhas, laranjas e amarelas; de 90° (+b*) a 180° (-a*) amarelos, amarelo-verdes e verdes; de 180° (-a*) a 270° (-b*) verdes, azul-verdes e azuis e; de 270° (-b*) a 360° (+a*) azuis, púrpuras, magentas e novamente os vermelhos (DUARTE *et al.*, 2017; HOLANDA, 2017).

Quanto aos dados obtidos para o ângulo *hue* (h), a formulação controle apresentou valor médio significativamente inferior às demais formulações que tiveram a adição de pólen-apícola, o que pode ser justificado pela intensificação da coloração amarelada conferida por esta matéria-prima.

Analisando os valores médios das amostras de misturas diluídas (Tabela 9), é possível observar que somente a coordenada luminosidade (L*) não apresentou diferença estatística significativa, embora os valores de coloração variassem (41,58 a 45,06).

Figura 1. Cor das formulações da mistura em pó de amêndoa da castanha-de-caju com diferentes concentrações de pólen apícola.



Fonte: Autor (2021).

Tabela 9. Dados de cor das misturas de amêndoa de castanha-de-caju (ACC) enriquecidas com pólen apícola diluídas em água.

Amostra	Cor da mistura diluída (CBD)				
	L*	a*	b*	C*	h
C	45,06 ± 3,23 ^a	-1,01 ± 0,16 ^a	7,74 ± 0,57 ^b	7,81 ± 0,58 ^b	97,50 ± 0,96 ^b
F1	47,19 ± 0,33 ^a	-1,58 ± 5,98 ^{ab}	9,26 ± 0,19 ^{ab}	9,40 ± 2,20 ^{ab}	99,90 ± 1,37 ^{ab}
F2	42,97 ± 0,60 ^a	-1,79 ± 5,49 ^b	10,48 ± 0,25 ^{ab}	10,63 ± 1,02 ^{ab}	99,70 ± 0,72 ^{ab}
F3	43,75 ± 0,34 ^a	-2,16 ± 5,07 ^b	11,60 ± 0,37 ^a	11,80 ± 0,69 ^a	100,49 ± 1,34 ^a
F4	41,58 ± 0,20 ^a	-2,03 ± 0,49 ^b	12,13 ± 0,10 ^a	12,30 ± 0,35 ^a	99,51 ± 0,61 ^{ab}

C: Bebida controle; F1: Bebida contendo 1,5% de pólen apícola; F2: Bebida contendo 2,5% de pólen apícola; F3: Bebida contendo 3,5% de pólen apícola; F4: Bebida contendo 4,5% de pólen apícola; L*: Luminosidade (0 – preto e 100 – branco); C*: Cromaticidade (saturação da cor); h°: Ângulo Hue. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$). Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2021).

Para a coordenada a* das misturas diluídas, não foi observada diferença significativa entre a formulação controle e a formulação F1, no entanto, concentrações acima de 2,5% de pólen apícola propiciaram modificações na coloração das amostras.

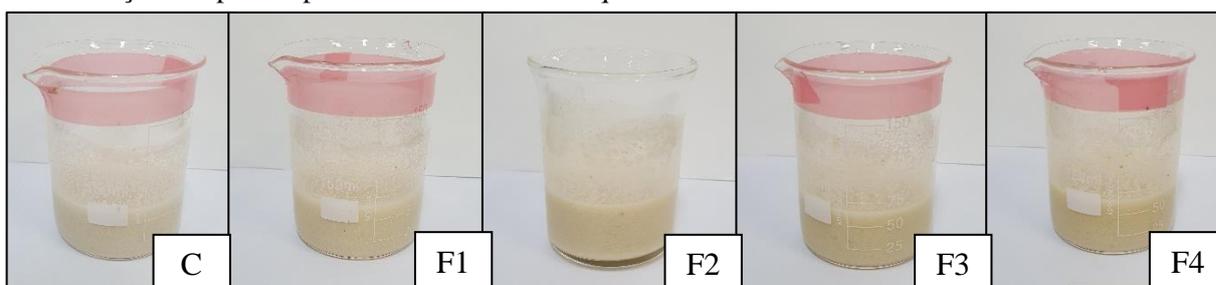
Já para a coordenada b* só foram observadas modificações significativas nos valores das amostras com adição de pólen apícola acima de 3,5%.

De acordo com a fabricante Konica Minolta (1998), a cromaticidade (C*) é utilizada para analisar a pureza da cor de uma amostra. Quanto aos resultados observados para a coordenada C*, não houve diferença estatística significativa entre as formulações com adição de pólen apícola, sendo a amostra F4 a que apresentou o maior valor médio para a variável analisada, com 12,30.

Os valores de ângulos relacionados à coordenada *hue* (h°) apontam que houve variação de tonalidade entre as formulações controle ($97,50^\circ$) e F3 ($100,49^\circ$), estando as mesmas enquadradas entre 90° ($+b^*$) e 180° ($-a^*$), apresentando coloração entre amarelo e verde.

A variação de cor da coordenada h° observada no presente trabalho pode estar associada à presença do pólen apícola como ingrediente nas formulações das misturas. De acordo com Sattler *et al.* (2015), a cor do pólen de abelha está relacionada com a presença de pigmentos vegetais, tais como os carotenoides e as antocianinas, em sua composição, logo, isso poderia explicar a coloração apresentada pelos produtos formulados após a adição do pólen apícola em diferentes concentrações.

Figura 2. Cor das formulações da mistura em pó de amêndoa da castanha-de-caju com diferentes concentrações de pólen apícola diluída em meio aquoso.



Fonte: Autor (2021).

5.5 Otimização das Condições de Hidrólise Enzimática da ACC

A Tabela 10, apresenta os valores obtidos para as variáveis dependentes: grau de hidrólise (GH%) e atividade antioxidante expressa como sequestro de radicais livres (SRL%), após a execução do delineamento de composição central rotacional (DCCR) de hidrolisados proteicos da torta de ACC com o uso da enzima bromelina.

Tabela 10. Valores em porcentagem do Grau de Hidrólise (GH%) e atividade antioxidante (SRL%) obtidos após atividade enzimática da enzima comercial bromelina sobre a amêndoa da castanha-de-caju (ACC).

Ensaio	Tempo (min)		Temperatura °C		E/S (%)		GH (%)	SRL (%)
	Cod	Real	Cod	Real	Cod	Real		
1	-1	40	-1	40	-1	0,5	28,58 ± 1,24 ^{gh}	13,65 ± 0,64 ^{bc}
2	-1	40	-1	40	1	1,0	40,43 ± 0,77 ^c	13,13 ± 0,03 ^{bcd}
3	-1	40	1	60	-1	0,5	36,43 ± 0,56 ^d	12,48 ± 0,50 ^{cde}
4	-1	40	1	60	1	1,0	42,12 ± 0,23 ^c	17,55 ± 0,32 ^a
5	1	120	-1	40	-1	0,5	20,91 ± 0,93 ⁱ	9,10 ± 0,20 ^h
6	1	120	-1	40	1	1,0	27,10 ± 0,60 ^h	10,01 ± 0,15 ^{gh}
7	1	120	1	60	-1	0,5	33,77 ± 0,77 ^e	8,97 ± 0,85 ^h
8	1	120	1	60	1	1,0	30,41 ± 0,65 ^{fg}	11,05 ± 0,16 ^{efg}
9	-1,68	13,0	0	50	0	0,75	31,15 ± 0,17 ^f	14,17 ± 0,30 ^b
10	1,68	147,0	0	50	0	0,75	33,62 ± 0,87 ^e	11,83 ± 0,83 ^{efg}
11	0	80	-1,68	33,3	0	0,75	28,28 ± 0,82 ^{gh}	10,92 ± 0,92 ^{fg}
12	0	80	1,68	66,7	0	0,75	49,92 ± 0,13 ^a	16,90 ± 0,56 ^a
13	0	80	0	50	-1,68	0,33	36,43 ± 1,20 ^d	7,28 ± 0,26 ⁱ
14	0	80	0	50	1,68	1,17	44,58 ± 0,43 ^b	13,00 ± 0,13 ^{bcd}
15	0	80	0	50	0	0,75	29,07 ± 1,04 ^{fgh}	11,44 ± 0,06 ^{efg}
16	0	80	0	50	0	0,75	41,18 ± 0,30 ^c	9,23 ± 0,77 ^h
17	0	80	0	50	0	0,75	51,76 ± 0,76 ^a	10,27 ± 0,26 ^{gh}

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

Fonte: Autor (2021).

O grau de hidrólise é um método que tem por finalidade avaliar o percentual de ligações peptídicas clivadas em relação a uma proteína (SANTOS *et al.*, 2016). Como observado na Tabela 10, os valores do grau de hidrólise obtidos com enzima bromelina nos ensaios de DCCR variaram entre 20,91% e 51,76%, indicando que o procedimento experimental pode ser considerado de potencial eficácia para a produção de hidrolisados.

Quanto à classificação do grau de hidrólise e definição de aplicabilidade na área de alimentos, os hidrolisados podem ser considerados: de baixo grau de hidrólise (1% - 10%), indicados para potencialização de propriedades funcionais; hidrolisados com vários graus de hidrólise, utilizados em aromatizantes e; hidrolisados extensivos, estes apresentando grau de hidrólise superior à 10%, aplicados na elaboração de alimentos especiais (BENÍTEZ; IBARZ;

PAGAN, 2008). Com base nisso, todos os hidrolisados produzidos no experimento podem ser classificados como extensivos, uma vez que apresentaram graus de hidrólise superiores à 10%.

Acerca do desempenho do grau de hidrólise da enzima comercial na torta da castanha-de-caju, os ensaios 17 (Tempo: 80 minutos; Temperatura: 50,0 °C; E/S: 0,75) e 12 (Tempo: 80 minutos; Temperatura: 66,7 °C; E/S: 0,75), foram os que apresentaram melhores desempenhos, com grau de hidrólise de 51,76% e 49,92%, respectivamente.

Em seu estudo, Arise *et al.* (2021) puderam avaliar o grau de hidrólise em proteína de castanha-de-caju utilizando diferentes enzimas comerciais (pancreatina, alcalase e tripsina) e, de acordo com os autores, a enzima pancreatina foi a que apresentou maior grau de hidrólise (37,39%), seguida da Alcalase (23,87%) e da tripsina (11,00%). Considerando a utilização do mesmo substrato, a enzima utilizada no presente estudo demonstrou melhor desempenho quanto à atividade enzimática e, conseqüentemente, maior grau de hidrólise.

Dentre os processos de hidrólise, a enzimática possibilita obter um grau de hidrólise satisfatório através de diferentes tipos de proteases. Em proteínas de origem vegetal, o método pode contribuir com o aumento da disponibilidade proteica conferindo-lhes propriedades funcionais, como emulsificantes e de solubilidade (HAU *et al.*, 2021).

O ensaio de sequestro de radicais livres (SRL%) é um dos métodos mais empregados para analisar o mecanismo de ação antioxidante de peptídeos derivados de proteínas alimentares (MALOMO *et al.*, 2021).

Um peptídeo bioativo pode ser definido como uma sequência de 2 a 20 aminoácidos que, em virtude de seu baixo peso molecular (inferior à 3 kDa), é capaz de apresentar alta atividade antioxidante (RIVAS-VELAS *et al.*, 2021; MAHDAVI-YEKTA; NOURI; AZIZI, 2019).

A tabela 10 expressa os valores médios da atividade antioxidante (SRL%) encontrados nos hidrolisados proteicos de ACC pelo teste de delineamento de composição central rotacional (DCCR).

Para a atividade antioxidante com base no sequestro de radicais livres (SRL%) dos hidrolisados da torta de ACC, observou-se que os ensaios de número 4 (Tempo: 40 minutos; Temperatura: 60 °C; E/S: 1,0) e número 12 (Tempo: 80 minutos; Temperatura: 66,7 °C; E/S: 0,75) foram os que apresentaram maior índice de SRL%, tendo em vista as condições avaliadas de temperatura, concentração de enzima/substrato e tempo de reação, com os valores médios de 17,55% e 16,90%, respectivamente.

De acordo com Arise *et al.* (2021), vários fatores podem ser responsáveis por influenciar no potencial de um hidrolisado quanto à sua capacidade de eliminação dos radicais livres, estes são: o tamanho do peptídeo, as composições de aminoácidos, a especificidade das enzimas e o tempo de hidrólise. Os mesmos autores também mencionam que a amêndoa da castanha-de-caju pode conter fortes peptídeos doadores de prótons capazes de reagir e anular as atividades dos radicais DPPH instáveis, convertendo-os em produtos estáveis (ARISE *et al.*, 2021).

De forma geral, subprodutos fontes de proteína vegetal ou animal fornecem, por meio de sua composição, peptídeos biologicamente ativos com potencial atividade antioxidante capazes de exercer propriedades funcionais como antimicrobiana, anticâncer, hipocolesterolêmica, anti-hipertensiva e imunomoduladora (GÖRGÜÇ; GENÇDAĞ; YILMAZ, 2020) ao organismo.

Diante do exposto, hidrolisados obtidos a partir de peptídeos vegetais como a ACC, além de fornecerem propriedades nutricionais e funcionais, podem contribuir tecnologicamente na área de alimentos.

5.6 Análise de Variância (ANOVA) para o Grau de Hidrólise e Atividade Antioxidante dos Hidrolisados Proteicos de ACC Obtidos com Enzima Bromelina

Os dados da Análise de variância (ANOVA) para as variáveis dependentes grau de hidrólise e atividade antioxidante em hidrolisados proteicos de ACC com enzima bromelina, encontram-se expressos na Tabela 11.

Tabela 11. Análise de variância (ANOVA) para grau de hidrólise (GH%) e atividade antioxidante (SRL%) em hidrolisado proteico de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) com enzima bromelina.

Variáveis Dependentes	Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado	R²
Grau de Hidrólise (%)	Regressão	1.028,00	9	114,22	8,15	3,68	0,91
	Resíduo	98,114	7	14,02			
	Falta de ajuste	84,17	5				
	Erro puro	13,91	2				
	Total	1132,74	16				
Atividade Antioxidante %SRL	Regressão	34,02	9	3,78	-	3,68	0,28
	Resíduo	86,51	7	12,35			
	Falta de ajuste	72,43	5				
	Erro puro	14,07	2				
	Total	121,12	16				

Fonte: Autor (2021).

De acordo com a análise de variância (ANOVA), para a variável dependente grau de hidrólise (GH%) do hidrolisado proteico de ACC com o uso da enzima bromelina, as condições avaliadas de temperatura, concentração enzima/substrato e tempo de reação, apresentaram efeito significativo ao nível de 95% de confiança.

Segundo Connelly (2021), quanto maior for o valor de F, mais provável será a possibilidade de uma variável dependente apresentar diferença significativa. Nesse contexto, a tabela de análise de variância para os ensaios com a bromelina indicou que houve diferença estatística significativa quanto ao grau de hidrólise (GH%) para o teste F, sendo justificado pelo valor encontrado de $F_{calculado}$ (8,15) ter sido superior ao de $F_{tabelado}$ (3,68).

Também em relação à variável grau de hidrólise (GH%), observou-se que o R^2 apresentou o valor de 0,91. De acordo com os autores Halim e Sarbon (2016), para que haja um bom ajuste de modelo quadrático, o R^2 deverá apresentar um valor maior que 0,80, o que foi observado no estudo.

Referente à análise da atividade antioxidante (SRL%), expressa na Tabela 11, os resultados apontaram que nenhuma das variáveis independentes (temperatura, concentração enzima/substrato e tempo) apresentaram influência significativa acerca dos ensaios enzimáticos testados com a enzima comercial bromelina.

Diante do exposto, o efeito dos parâmetros de temperatura, concentração enzima/substrato (E/S) e tempo de reação sobre a variável grau de hidrólise nos ensaios de hidrolisado proteico da torta de ACC com a enzima bromelina, seguem apresentados na Figura 3 a seguir.

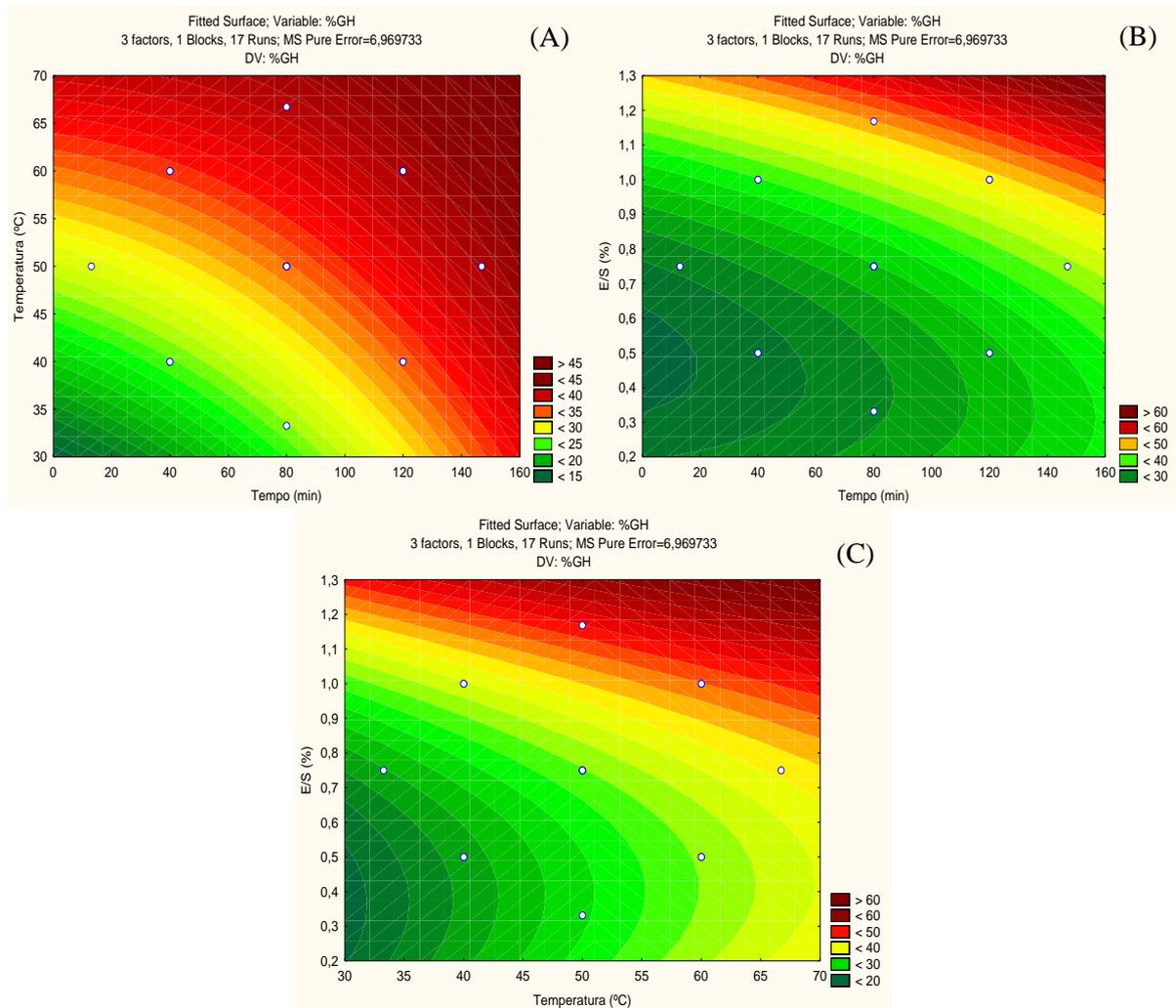


Figura 3. Superfície de resposta para o grau de hidrólise (GH%) em função da interação das variáveis: Tempo e temperatura (A); Concentração enzima bromelina / substrato (E/S) e tempo (B); Concentração enzima bromelina / substrato (E/S) e temperatura em grau Celsius (C) para obtenção de hidrolisado da amêndoa da castanha-de-caju.

Nas figuras 3A e 3C, é possível observar que temperaturas acima de 60 °C apresentaram maior grau de hidrólise, assim como, maiores concentrações enzimáticas também contribuíram para a obtenção de maiores valores para esta variável dependente (3B e 3C).

Segundo Santos *et al.* (2021), para a obtenção de um bom desempenho de hidrólise proteolítica, fatores como: temperatura, concentração de enzima, bem como concentração de substrato devem ser levados em consideração, uma vez que os mesmos influenciarão diretamente na velocidade de reação, clivagem peptídica e eficiência da hidrólise enzimática do substrato. Sendo assim, tais condições podem ser usadas para justificar os resultados obtidos no experimento de otimização aplicado para a produção de hidrolisados proteicos de castanha-de-caju.

A metodologia do DCCR utilizada para a otimização do processo de obtenção do hidrolisado enzimático da torta da castanha-de-caju permitiu inferir que o ensaio de número 12 (Tempo: 80 minutos; Temperatura: 66,7 °C; Concentração Enzima/Substrato: 0,75) foi o que apresentou as melhores condições quanto ao grau de hidrólise (GH%) e sequestro de radicais livres (SRL%), sendo o escolhido para ser utilizado na elaboração do produto em pó desenvolvido no presente estudo.

5.7 Rendimento do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

Como mencionado anteriormente, a produção do hidrolisado da torta da castanha-de-caju foi realizada de acordo com as condições do ensaio número 12 de otimização. Analisou-se as três frações obtidas após a hidrólise, sendo elas: solúvel (FS), parte do sobrenadante; insolúvel (FI), parte do precipitado sólido; e mista (FM), obtida integralmente das partes solúvel e insolúvel do produto após a hidrólise. Posteriormente, o rendimento obtido a partir de cada fração do hidrolisado foi calculado e os resultados encontrados estão expressos na sequência (Tabela 12).

Tabela 12. Dados de rendimento em porcentagem obtidos após a elaboração dos hidrolisados proteicos da fração mista (solúvel e insolúvel), fração solúvel (sobrenadante) e fração insolúvel (precipitado sólido) na proporção 1:15 (g torta da amêndoa da castanha-de-caju / mL água).

Amostra de hidrolisado proteico	Rendimento em grama (g)	Rendimento (%)
FM	1,26	90,0%
FS	0,49	35,0%
FI	0,60	42,86%

FM: Fração mista (solúvel e insolúvel); FS: Fração solúvel (sobrenadante); FI: Fração insolúvel (precipitado sólido).

Fonte: Autor (2022).

De acordo com a Tabela 12, após a etapa de hidrólise enzimática foi possível verificar que para 1,4 g de substrato utilizado na produção dos hidrolisados proteicos, obteve-se um rendimento de 1,26 g (90,0%) para a fração mista (FM), 0,49 g (35,0%) para a fração solúvel (FS) e 0,60 g (42,86%) para a fração insolúvel (FI).

Os rendimentos observados mostram o potencial que a amêndoa da castanha-de-caju apresenta como matéria-prima na elaboração de hidrolisados enzimáticos, isolados e concentrados proteicos para utilização na área de alimentos.

5.8 Composição Nutricional e Química do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

Resultados sobre a composição nutricional e química das frações mista, solúvel e insolúvel do hidrolisado proteico da torta de ACC seguem expressos na Tabela 13.

Tabela 13. Dados de composição nutricional e atividade de água (Aw) das frações mista, solúvel e insolúvel do hidrolisado proteico da torta da amêndoa de castanha-de-caju (ACC).

Componentes	FM	FS	FI
Umidade (%)	4,4 ± 0,20 ^b	5,29 ± 0,10 ^a	4,71 ± 0,10 ^b
Cinzas (%)	1,65 ± 0,20 ^b	2,42 ± 0,10 ^a	1,10 ± 0,00 ^c
Lipídeos (%)	32,27 ± 3,70 ^a	30,60 ± 0,30 ^a	34,76 ± 3,00 ^a
Proteínas (%)	35,37 ± 1,19 ^b	41,31 ± 0,43 ^a	35,26 ± 0,44 ^b
Atividade de água (Aw)	0,46 ± 0,50 ^b	0,50 ± 0,30 ^a	0,35 ± 0,40 ^c

FM: Fração mista (solúvel e insolúvel); FS: Fração solúvel (sobrenadante); FI: Fração insolúvel (precipitado sólido). Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$). Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

Para o parâmetro de umidade, houve diferença estatística entre as amostras, sendo a fração solúvel (FS) a que apresentou maior média significativa, com 5,29%. As amostras de FI e FM não se diferiram estatisticamente e apresentaram valores de 4,71% e 4,4% de umidade, respectivamente.

Em relação ao teor de cinzas, houve diferença estatística significativa entre as frações preparadas, sendo encontrado o maior resultado na amostra da FS (2,42%) (Tabela 13).

Para a determinação de lipídeos, não foi observada diferença significativa entre as amostras, com valores variando entre 30,60% (FS) e 34,76% (FI). Assim como a amêndoa da castanha-de-caju, as frações do hidrolisado produzido no presente estudo podem conter

presença de ácidos graxos mono e poli-insaturados em suas respectivas composições (USLU; ÖZCAN, 2019).

Quanto às proteínas, o valor médio encontrado na amostra FS foi significativamente superior com relação às demais (41,31%), que obtiveram teores proteicos de 35,37% (FM) e 35,26% (FI). Os valores de proteína encontrados nas frações proteicas da torta de ACC condizem com a legislação nº 268 de 22 de setembro (BRASIL, 2005), que estabelece para proteína vegetal hidrolisada um valor mínimo de 25% de proteína g em 100 g.

Com relação ao parâmetro de atividade de água, todas as amostras analisadas diferiram entre si estatisticamente, sendo observado na fração solúvel (FS) o maior valor, com 0,50 e na fração insolúvel o menor valor, com 0,35. Embora a amostra FS tenha apresentado o maior dado médio (0,50), os mesmos podem ser considerados de baixa A_w , uma vez que possuem valores inferior à 0,60 (DALA-PAULA E GOZZI, 2021).

5.9 Propriedades Tecnológicas dos Hidrolisados Proteicos da Torta de ACC

Os dados referentes às análises tecnológicas das frações do hidrolisado proteico da torta ACC observados no presente trabalho, encontram-se expressos na Tabela 14, a seguir.

Tabela 14. Propriedades tecnológicas de Solubilidade (%), Molhabilidade (s), Índice de absorção de (IAA%) e Capacidade de absorção de óleo (CAO%) das frações mista, solúvel e insolúvel do hidrolisado proteico da torta da amêndoa de castanha-de-caju (ACC).

Amostras	Solubilidade (%)	Molhabilidade (s)	IAA (%)	CAO (%)
FM	12,65 ± 0,69 ^b	341 ± 1,53 ^b	2,13 ± 0,02 ^a	1,25 ± 0,14 ^b
FS	17,40 ± 0,88 ^a	21 ± 1,15 ^c	0,52 ± 0,18 ^b	1,29 ± 0,18 ^{ab}
FI	5,99 ± 1,25 ^c	351 ± 2,52 ^a	2,60 ± 0,28 ^a	1,67 ± 0,04 ^a

FM: Fração mista (solúvel e insolúvel); FS: Fração solúvel (sobrenadante); FI: Fração insolúvel (precipitado sólido); s: Segundos. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$). Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

Para a propriedade tecnológica de solubilidade, todas as frações diferiram entre si estatisticamente, sendo a fração solúvel (FS), a amostra que apresentou o maior valor médio, com 17,40%. A propriedade tecnológica de solubilidade em um hidrolisado proteico irá depender do equilíbrio e da interação estrutural entre os resíduos de aminoácidos hidrofóbicos (proteína-proteína) e hidrofílicos (proteína + água), responsáveis pela diminuição e aumento

da capacidade de solubilização (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2007) do mesmo, respectivamente.

De acordo com Liu *et al.* (2018), a fração proteica solúvel presente na composição da ACC, como a glutelina, a albumina e a globulina, conferem ao produto vegetal um satisfatório potencial de solubilidade em aplicações alimentícias.

Para molhabilidade houve diferença estatística entre as amostras sendo a fração FS a que apresentou o melhor resultado para o parâmetro, levando 21 segundos para a obtenção de sua molhagem completa em meio aquoso, seguido da amostra de hidrolisado da fração mista (FM) que levou o tempo de 341 s, aproximadamente 5 minutos para sua total molhabilidade.

Quanto aos resultados encontrados para o índice de absorção de água (IAA), os valores médios encontrados nas amostras do FM (2,13%) e do FI (2,60%) foram significativamente superiores ao apresentado pela amostra do FS (0,52%).

A amostra da fração do precipitado sólido (FI) apresentou para a capacidade de absorção de óleo (CAO) o maior dado médio, com 1,67%, porém não diferiu estatisticamente da amostra FS que obteve o valor de 1,29%. No hidrolisado da fração mista (FM) foi encontrado o menor valor de CAO, com 1,25%.

De um modo geral, as propriedades tecnológicas de solubilidade, IAA e CAO das frações do hidrolisado proteico da torta de castanha-de-caju possibilitam a aplicabilidade dos mesmos como ingredientes alternativos na elaboração de produtos alimentícios, tais como sopas e bebidas (LIMA *et al.*, 2022), melhorando assim os atributos sensoriais desses alimentos.

5.10 Cor dos Hidrolisados Proteicos da Torta de ACC

A Tabela 15 mostra os valores médios de cor observados nas amostras de hidrolisados proteicos da torta da amêndoa da castanha-de-caju.

Tabela 15. Dados de cor das frações, mista, solúvel e insolúvel do hidrolisado proteico da torta da amêndoa de castanha-de-caju (ACC).

Amostras	L*	a*	b*	C*	h°
FM	48,27 ± 0,01 ^a	1,60 ± 0,01 ^a	12,99 ± 0,00 ^b	13,06 ± 0,02 ^b	83,09 ± 0,11 ^b
FS	47,14 ± 0,65 ^b	1,56 ± 0,02 ^b	15,76 ± 0,14 ^a	15,80 ± 0,16 ^a	84,28 ± 0,04 ^a
FI	47,63 ± 0,01 ^{ab}	1,42 ± 0,01 ^c	10,08 ± 0,03 ^c	10,19 ± 0,02 ^c	82,06 ± 0,18 ^c

FM: Fração mista (solúvel e insolúvel); FS: Fração solúvel (sobrenadante); FI: Fração insolúvel (precipitado sólido); L*: Luminosidade (0 – preto e 100 – branco); C*: Cromaticidade (saturação da cor); h°: Ângulo Hue. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$). Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

De acordo com os dados (Tabela 15), observou-se que a amostra da fração mista (FM) apresentou o maior resultado para o parâmetro de luminosidade, com 48,27, no entanto, a mesma não diferiu estatisticamente da fração insolúvel (FI), que obteve um valor médio de 47,63.

A luminosidade de uma amostra de produto alimentício pode ser caracterizada por meio de uma escala que varia de 0 (preto) à 100 (branco) (KONICA MINOLTA, 1998). Diante dos dados obtidos para esse parâmetro, as frações do hidrolisado proteico da torta de ACC apresentaram valores de luminosidade na faixa quase intermediária.

Para a coordenada a*, houve diferença estatística significativa entre as amostras e os valores médios variaram de 1,42 (FI) à 1,60 (FM).

Em relação à coordenada b*, a amostra da fração solúvel (FS) apresentou média significativamente superior às demais, com 15,76.

Houve diferença estatística significativa entre as amostras quanto ao parâmetro de cromaticidade (C), sendo os produzidos a partir da fração solúvel (FS) e insolúvel (FI) os que obtiveram o maior e o menor valor médio, com 15,80 e 10,19, respectivamente.

Para o ângulo *Hue* (h°), a fração solúvel apresentou estatisticamente o maior valor médio entre as demais amostras, com 84,28, seguido do hidrolisado da fração mista (83,09) e por fim o hidrolisado da fração insolúvel (82,06).

Com isso, pode-se analisar que as amostras das frações do hidrolisado proteico da torta de ACC apresentaram uma tonalidade amarelo avermelhada. Essa coloração observada pode ser justificada pelo processo de secagem em estufa, etapa onde pode ter ocorrido a degradação de aminoácidos termosensíveis em função do tempo ou da temperatura aplicada promovendo

assim, uma reação de Maillard (RIVAS-VELA *et al.*, 2021), dando uma leve escurecida na amostra.

Visando o aproveitamento integral da matriz hidrolisada, bem como os dados do conteúdo proteico (35,37%), rendimento (90,0%), a molhabilidade (341 segundos) e o IAA (2,13%), o hidrolisado misto da ACC foi o escolhido para ser incorporado à formulação da mistura em pó à base de ACC e pólen apícola (2,5%).

A Figura 4 ilustra as imagens das frações mista, solúvel e insolúvel do hidrolisado proteico da torta da ACC produzidos no presente trabalho.

Figura 4. Hidrolisado proteico da torta da amêndoa da castanha-de-caju produzidos a partir da fração mista (A); fração solúvel (B); e fração insolúvel (C).



Fonte: Autor (2022).

5.11 Composição Nutricional e Físico-química da Mistura em Pó com Hidrolisado proteico de ACC

Os resultados da composição nutricional e físico-química da mistura em pó a base de castanha-de-caju e pólen apícola com a adição de 2,5% de hidrolisado proteico da torta de ACC seguem a seguir demonstrados na Tabela 16.

Tabela 16. Dados da composição nutricional e físico-química da mistura em pó à base de amêndoa de castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com a adição de hidrolisado proteico da torta da ACC.

Componentes	Formulação
	MCH
Umidade (%)	6,00 ± 1,10
Cinzas (%)	2,26 ± 0,20
Lipídeos (%)	33,10 ± 0,20
Proteína (%)	32,19 ± 0,24
Fibra bruta (%)	4,88 ± 0,15
Carboidratos (%)	24,59 ± 0,50
VET (Kcal)	518,2 ± 1,20
Aw	0,44 ± 0,60
pH	6,28 ± 0,01
Acidez (g ácido oleico / 100 g)	0,52 ± 0,01
L*	62,92 ± 2,44
a*	-0,373 ± 0,06
b*	12,70 ± 0,98
C*	12,96 ± 0,80
h°	91,55 ± 0,22

MCH: Mistura em pó com adição de hidrolisado da torta de ACC; VET: valor energético total; Kcal: Quilocaloria; Aw: Atividade de água; pH: Potencial hidrogeniônico; L*: Luminosidade (0 – preto e 100 – branco); C*: Cromaticidade (saturação de cor); h°: Ângulo Hue. Resultados expressos em média e ± desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

De acordo com os resultados, a amostra da mistura em pó com adição de hidrolisado proteico (MCH) apresentou um teor de umidade de 5,55%. Mesmo com a adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC, o produto apresentou um teor de umidade relativamente baixo e dentro dos padrões estabelecidos pela legislação para produtos de vegetais secos ou desidratados, máximo 12% de umidade (BRASIL, 2005).

Na determinação de cinzas, observou-se que a amostra de MCH apresentou 2,26% de cinzas.

Quanto ao teor lipídico, analisou-se que o valor médio encontrado na amostra do produto MCH (com adição do hidrolisado) foi de 33,10%. Embora a incorporação do hidrolisado proteico da torta da castanha-de-caju tenha influenciado no aumento do teor lipídico (Tabelas 6 e 16), tem-se que as gorduras presentes na composição da castanha-de-caju e do pólen são de qualidade, uma vez que são constituídas pela presença de ácidos graxos

insaturados tais como os ácidos oleico, linoleico, linolênico (BISINNOTO *et al.*, 2021; KIELISZEK *et al.*, 2018).

A incorporação da fração mista do hidrolisado proteico da torta da ACC propiciou ao produto formulado um acréscimo no valor de proteína de 2,17% (32,19 g / 100 g) em relação à amostra do mesmo sem a adição da fração mista do hidrolisado (Tabelas 6 e 16). Além do conteúdo proteico, a hidrólise enzimática da amêndoa da torta da ACC pode contribuir com a liberação de peptídeos bioativos, estes ligados aos aminoácidos, facilitando dessa forma a sua absorção pelo organismo e desempenhando atividades biológicas, tais como propriedades antioxidantes, anticarcinogênicas, anti-inflamatórias, imunomodulatória, antidiabéticas, dentre outras (RIVAS-VELA *et al.*, 2021).

Para fibras, verificou-se que a amostra MCH apresentou um teor de 4,88%, indicando um aumento de 53,69% (2,62 g / 100 g) quando comparada à formulação sem a adição da referida fração do hidrolisado (Tabelas 6 e 16). Alimentos que contêm fibra em sua composição garantem ao consumidor uma boa digestibilidade além do mais, de acordo com Thakur e Nanda (2020), podem contribuir com até 60% e 70% da ingestão diária recomendada.

De acordo com a Tabela 16, é possível observar que o valor médio para carboidratos totais encontrado na MCH, foi de 24,59%.

Com relação aos resultados obtidos de valor energético total (VET) observou-se que a amostra do produto adicionado da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC apresentou 518,2 Kcal (Tabela 16). Logo, a adição do hidrolisado à formulação da bebida pode ter ocasionado no aumento do valor para esse parâmetro (Tabela 6), indicando que o produto poderá fornecer teor energético significativo na alimentação.

Para a atividade de água (A_w), a mistura em pó incorporada com a fração mista do hidrolisado proteico da torta ACC apresentou uma média de 0,44 (Tabela 16). A A_w de uma amostra com a adição de hidrolisado proteico poderá sofrer alteração, uma vez que o mesmo pode apresentar comportamento higroscópico em função de aminoácidos hidrofílicos presentes em sua composição, como por exemplo, arginina, histidina, lisina e a glutamina (BISINOTTO *et al.*, 2021).

Os dados médios de determinação de pH da amostra de MCH foi de 6,28, indicando que a adição de 2,5% da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC castanha-decaju mostrou pouca alteração do parâmetro à cerca do produto sem a adição fração mista do hidrolisado. O mesmo foi observado para acidez, onde nas amostras das misturas em pó sem (MSH) e com (MCH) a adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC foram

encontrados os valores médios de 0,51 e 0,52 (g de ácido oleico / 100 g), respectivamente (Tabelas 6 e 16).

Quantos aos dados de cor obtidos pelo produto em pó formulado com a adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta da ACC (MCH), observou-se que com relação à amostra sem a adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta da ACC (Tabela 8), o produto apresentou alterações nos valores dos parâmetros de Luminosidade (62,92) e ângulo h° (91,55).

Diante disso, é possível verificar que a incorporação do hidrolisado proteico da torta de ACC agregou à mistura em pó uma coloração entre o amarelo e o verde, não se diferenciando do produto sem a adição da fração mista do hidrolisado, que apresentou a mesma tonalidade.

5.12 Propriedades Tecnológicas da Mistura em Pó com Hidrolisado Proteico de Torta da ACC

Na sequência, a Tabela 17 mostra os dados encontrados para as análises tecnológicas do produto formulado com adição do hidrolisado proteico de ACC.

Tabela 17. Propriedades tecnológicas de Molhabilidade, Índice de absorção de (IAA%) e Capacidade de absorção de óleo (CAO%) da mistura em pó à base de amêndoa de castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com a adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta da ACC.

Propriedades	Formulações
	MCH
Molhabilidade (s)	568 ± 1,53
IAA	1,74 ± 0,06
CAO	2,68 ± 0,14

MCH: Mistura em pó com adição de hidrolisado de ACC; s: Segundos.

Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

De acordo com os dados da Tabela 17, a amostra da mistura em pó MCH apresentou média de molhabilidade de 568 s, tempo menor que o observado na mistura em pó sem a adição da fração mista do hidrolisado da torta de ACC (Tabela 7), indicando que o hidrolisado proteico de ACC da fração mista contribuiu na melhora do parâmetro avaliado.

Quanto às propriedades de índice de absorção de água (IAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO), foi possível analisar que a amostra com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta da ACC (MCH) apresentou as médias de 1,74% e 2,68%, respectivamente. Tais valores foram maiores que os encontrados na amostra MSH (Tabela 7), que apresentou os valores de 0,85% (IAA) e 1,28% (CAO).

A potencialização das propriedades tecnológicas de absorção de água e de óleo observadas na amostra de MCH pode ser justificada pela adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC, uma vez que, de acordo com Shevkani *et al.* (2019), este processo pode contribuir para o aumento da disponibilidade de proteínas capazes de absorver água e óleo na composição do produto.

5.13 Propriedade Antioxidante da Mistura em Pó Elaborada com a Fração Mista do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

Quanto aos resultados observados acerca das propriedades antioxidantes presentes na mistura em pó com a adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC, verificou-se que os valores de atividade de sequestro dos radicais livres (SRL%) e do conteúdo fenólico foram de 24,60% e 4,37 mg / 100 mL, respectivamente.

Os compostos fenólicos estão presentes na composição dos alimentos de origem vegetal e seu papel como antioxidantes tem apontado resultados benéficos à saúde. De uma forma geral, os fenólicos atuam na eliminação dos radicais responsáveis pelo processo oxidativo (ALI *et al.*, 2019).

Uslu e Özcan (2019) no seu estudo, observaram a presença de compostos fenólicos em amostras de castanha-de-caju crua e aquecida. Dentre os grupos fenólicos encontrados, estavam a catequina, o ácido gálico, ácido siríngico, rutina, quercetina e o kaempferol. O pólen apícola também contém em sua composição a presença de polifenólicos, flavonoides (rutina, catequina, kaempferol, quercetina) e ácidos fenólicos que conferem ao mesmo, propriedades antioxidantes (KIELISZEK *et al.*, 2018).

Os compostos antioxidante vêm sendo estudados como uma alternativa no combate ao estresse oxidativo, fenômeno associado ao desencadeamento de várias doenças como a diabetes mellitus, o câncer e doenças neurodegenerativas. A ação conjunta dos compostos fenólicos, oligossacarídeos e ácidos graxos poli-insaturados tem sido descrita uma atividade biológica benéfica à microbiota intestinal pelo desenvolvimento de efeito prebiótico (BISINOTTO *et al.*, 2021).

5.14 Composição de Aminoácidos da Mistura em Pó Elaborada com a Fração Mista do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

Alimentos proteicos de origem vegetal, constituem-se de uma ampla variedade de aminoácidos capazes de contribuir para o bom funcionamento do organismo. De acordo com Damoradan, Parkin e Fennema (2007), “as proteínas naturais podem conter até 21 aminoácidos”, nesse intuito, o perfil de aminoácidos presentes na composição da mistura em pó foi determinada e os dados obtidos seguem expressos na Tabela 18.

Tabela 18. Dados da composição de aminoácidos encontrados na mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC e do padrão recomendado pela FAO/WHO/UNU (2007).

Aminoácidos	MCH (g / 100 g)	FAO (g proteína / 100 g)		
		3 – 10 anos	11 – 14 anos	Adulto
Essenciais (AAE)				
Histidina	0,63	1,6	1,6	1,5
Isoleucina	1,27	3,1	3,0	3,0
Leucina	2,19	6,1	6,0	5,9
Lisina	1,42	4,8	4,8	4,5
Treonina	0,94	2,5	2,5	2,3
Triptofano	0,51	0,66	0,65	0,6
Valina	1,69	4,0	4,0	3,9
Metionina	0,39	-	-	-
Fenilalanina	1,37	-	-	-
Tirosina	0,89	-	-	-
Total AAE	11,3	25,1	19,7	9,1
Não essenciais (AANE)				
Ácido aspártico	2,70	-	-	-
Ácido glutâmico	6,52	-	-	-
Serina	1,38	-	-	-
Glicina	1,45	-	-	-
Arginina	3,34	-	-	-
Alanina	1,27	-	-	-
Prolina	1,11	-	-	-

Continua...

Continuação da Tabela 18.

Cistina	0,47	-	-	-
Hidroxiprolina	0,09	-	-	-
Total (AANE)	18,33	-	-	-
Aminoácidos Totais	29,63	25,1	19,7	9,1

De acordo com Pires *et al.* (2006), proteínas com escore de aminoácidos maiores que 1,0 são consideradas de alto valor nutricional e com escores de aminoácidos menores que 1,0, são consideradas limitantes.

Nesse contexto, de acordo com os resultados observados (Tabela 18), os aminoácidos que obtiveram melhores quantificações na amostra da mistura em pó formulada foram, a isoleucina, a leucina, a lisina, a fenilalanina e a valina, pois todos apresentaram valores superiores à 1,0 g / 100 g.

Os aminoácidos determinados na composição da amostra do produto mencionados no parágrafo anterior são considerados segundo a FAO/WHO/UNU (2007) como essenciais, uma vez que não são produzidos pelo próprio organismo e são obtidos através da alimentação a partir da ingestão de alimentos fontes de proteína de origem animal e/ou vegetal.

Quanto aos aminoácidos não essenciais, aqueles sintetizados pelo próprio organismo (FAO, 1985), o ácido glutâmico foi determinado em maior quantidade, com 6,52 g / 100 g, no entanto, foram encontrados também outros aminoácidos, tais como o ácido aspártico, a serina, a glicina, a arginina, a alanina, a prolina e a cistina.

Os aminoácidos podem desempenhar inúmeras funcionalidades biológicas e benéficas à saúde. A prolina (1,11 g / 100 g) e a valina (1,69 g / 100 g), por exemplo, são aminoácidos que possuem característica hidrofóbicas e podem exercer atividade anti-hipertensiva. Já os aminoácidos, glicina (1,45 g / 100 g), histidina (0,63 g / 100 g) e ácido glutâmico, possuem propriedades imunomodulatórias e alto potencial antioxidante, respectivamente (ARISE *et al.*, 2021; GÖRGÜÇ.; GENÇDAĞ; YILMAZ, 2020). A arginina, também observada na amostra do produto em pó (3,34 g / 100 g), possui capacidade vasodilatadora, prevenindo e reduzindo a pressão arterial e os riscos cardiovasculares (ARISE *et al.*, 2021).

Com base na Instrução normativa nº 75 de 2020, o valor de recomendação diária (VDR) para proteína é de 50 g e que, para ser considerado fonte proteica o alimento deverá apresentar no mínimo 10% desse VDR (BRASIL, 2020). Então, diante disso, no preparo de uma porção de 40 g de mistura em pó em 200 mL de água, a bebida fornecerá em torno de

25,6% de proteína, valor esse encontra-se acima do estabelecido pela legislação e que define o produto como uma fonte proteica na alimentação.

Além disso, levando-se em consideração a porção de preparo do produto (40 g da mistura em pó / 200 mL de água) bem como os valores de aminoácidos essenciais estabelecidos pela FAO/WHO/UNU (2007) e os encontrados na amostra (Tabela 18), tem-se que o mesmo poderá fornecer uma quantidade equivalente à 15,75% (3 - 14 anos) e 16,67% (adultos) de histidina; 16,38% (3 - 10 anos) e 16,66% (14 anos - adulto) de isoleucina; 14,36% (3 -10 anos), 14,5% (11 - 14 anos) e 14,74% (adulto) de leucina; 11,83% (3 -14 anos) e 12,44% (adulto) de lisina; e o equivalente à 16,75% para a faixa etária entre 3 -14 anos e 17,17% para adultos de valina à dieta humana.

Mediante os dados da composição de aminoácidos verificada na amostra da mistura em pó formulada, é possível deduzir que a mesma pode ser considerada uma fonte alimentar proteica uma vez que contém aminoácidos importantes para o atendimento da nutrição diária e funcionalidade do organismo.

5.15 Composição de Ácidos Graxos da Mistura em Pó Elaborada com a Fração Mista do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

Os ácidos graxos constituem predominantemente os lipídios, são na maioria formados estruturalmente por uma cadeia longa que varia de 14 à 24 carbonos e podem ser classificados de acordo com a presença de dupla ligação em sua cadeia como saturados ou insaturados (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2007). Diante do contexto, a composição dos ácidos graxos na amostra do produto em pó formulado a fração mista do hidrolisado proteico de da torta de ACC foi analisada e os dados encontrados seguem expressos na Tabela 19.

Tabela 19. Dados da composição de ácido graxos presentes na mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC.

Ácidos graxos	MCH (%)
Ácido Mirístico (C14:0)	0,01
Ácido Palmítico (C16:0)	2,64
Ácido Palmitoleico (C16:1n7)	0,08
Ácido Margárico (C17:0)	0,04
Ácido Esteárico (C18:0)	2,61
Ácido Elaidico (C18:1n9t)	0,02
Ácido Oleico (C18:1n9c)	17,64
Ácido Linoleico (C18:2n6c)	6,06
Ácido Alfa Linolenico (C18:3n3)	0,07
Ácido Araquídico (C20:0)	0,15
Ácido Cis-11-Eicosenóico (C20:1n9)	0,06
Ácido Behenico (C22:0)	0,03
Ácido Tricosanóico (C23:0)	0,01
Ácido Lignocérico (C24:0)	0,05
Gordura Monoinsaturada	17,80
Gordura Poli-insaturada	6,13
Gorduras Trans	0,02
Ômega 3	0,07
Ômega 6	6,06
Ômega 9	17,72
Gordura Poli-insaturada	6,13
Total insaturados	23,93
Total saturados	5,54

Os lipídios oriundos dos alimentos possuem uma ampla variedade de ácidos graxos, sendo os vegetais, tais como as oleaginosas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2007) e o pólen apícola, que é originado de espécies florais, ricos em gorduras insaturadas (THAKUR; NANDA, 2020).

Na Tabela 20, é possível observar que a amostra da mistura em pó formulada com a fração mista do hidrolisado proteico apresentou uma quantidade total de ácidos graxos saturados de 5,54% e de insaturados de 23,93%. Dentre os ácidos graxos determinados, as

gorduras monoinsaturadas foram as que obtiveram o maior resultado, com destaque para o ácido oleico (C18:1n9c), com 17,64%.

Quanto aos ácidos graxos-poli-insaturados, foi observado um valor de 6,13%, com maior predominância do ácido linoleico (C18:2n6c), que apresentou uma média de 6,06%.

Os ácidos graxos mono e poli-insaturados são os componentes lipídicos que contribuem para reduzir a concentração de colesterol lipoproteico de baixa densidade (LDL) (USLU; ÖZCAN, 2019) e que auxiliam no combate da resistência à insulina e de inflamações (PORFÍRIO; HENRIQUE; REIS, 2014) no organismo, prevenindo de acordo com Uslu e Özcan (2019), o surgimento de doenças como as cardiovasculares e a diabetes *mellitus*.

Outros ácidos graxos também encontrados na composição do produto formulado, foram o ácido palmitoleico (0,08%), que é produzido através da dessaturação do ácido palmítico via estearoil-CoA dessaturase-1 e que desempenha um papel fundamental na lipogênese humana, controlando a lipocina (lipídio hormônio) e regulando o metabolismo sistêmico, e o ácido araquídico (0,15%), que produz metabólitos capazes de auxiliarem na cicatrização de ferimentos (UACIQUETE *et al.*, 2022).

Diante dos valores de ácidos graxos observados na Tabela 19, o preparo de uma porção de 40 g da mistura em pó em 200 mL de água, fornecerá uma quantidade de 2,42 g de ômega 6 e de 7,09 g de ômega 9. De acordo com a IN nº 75 de 2020, para ser considerado uma fonte de ômega 6, o produto deverá apresentar, no mínimo, 1,5 g de ácido linoleico na porção e que, para ser considerado um alimento de alto teor de ômega 9, deverá apresentar em sua composição um mínimo de 4,0 g de ácido oleico por porção de produto (BRASIL, 2020).

Os dados obtidos para os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) na amostra da mistura em pó, foram de 0,11 e 0,43, respectivamente. Segundo Gouveia *et al.* (2018), não havendo valores recomendados para os índices de aterogenicidade e trombogenicidade, considera-se que, quanto menores forem os valores encontrados na amostra, mais favorável a mesma será para a saúde.

De uma forma geral, o índice de aterogenicidade (IA) é um parâmetro relacionado aos efeitos que os ácidos graxos podem exercer sobre o colesterol plasmático na formação de lipoproteínas de baixa (LDL) e de alta densidade (HDL). Enquanto que, o índice de trombogenicidade (IT) está associado ao teor dos ácidos graxos saturados 14:0, 16:0 e 18:0 presentes na composição lipídica, esses, considerados pró-trombóticos (SANTOS *et al.*, 2023).

Os referidos índices podem ser um indicativo do potencial desencadeamento de agregação plaquetária, desse modo, quanto menor for o valor de IA e IT encontrados em um alimento, melhor será a qualidade lipídica do mesmo (ULBRICHT E SOUTHGATE, 1991).

De acordo com Santos *et al.* (2023), os ácidos graxos que possuem impacto na alimentação com a finalidade de minimizar a formação de coágulos nos vasos sanguíneos são os monoinsaturados e os poli-insaturados (ômega 3 e 6), já que atuam com potencial antitrombótico.

5.16 Avaliação da Vida de Prateleira da Mistura em Pó Elaborada com a Fração Mista do Hidrolisado Proteico da Torta de ACC

A vida de prateleira ou *shelf life* é um parâmetro referente à estabilidade e qualidade dos produtos alimentícios, podendo ser influenciada pela ação de diversos fatores, tais como a exposição à luz e ao calor, trocas gasosas entre o alimento e o meio, umidade e até mesmo estresses mecânicos (GADANI *et al.*, 2017).

A *shelf life* da mistura em pó, acondicionada em embalagem de polietileno laminado, polipropileno e de vidro ao longo de 60 dias de armazenamento, foi verificada pelas análises de reação ao TBARS, índice de peróxido, pH, atividade de água e cor, tendo como finalidade avaliar a estabilidade oxidativa e deteriorantes do produto. Os resultados obtidos no decorrer do experimento seguem expressos nas Tabelas 20 a 23.

Tabela 20. Dados médios de produção de malonaldeído (MDA) nas amostras de mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.

Embalagem	TBARS (mg MDA / Kg)				
	Tempo de Armazenamento (Dias)				
	0	15	30	45	60
Laminada	0,056 ± 0,01 ^{aB}	0,579 ± 0,04 ^{aA}	0,659 ± 0,15 ^{aA}	0,675 ± 0,03 ^{aA}	0,694 ± 0,06 ^{aA}
Polipropileno	0,056 ± 0,01 ^{aB}	0,604 ± 0,01 ^{aA}	0,678 ± 0,02 ^{aA}	0,707 ± 0,04 ^{aA}	0,748 ± 0,09 ^{aA}
Vidro	0,056 ± 0,02 ^{aB}	0,557 ± 0,03 ^{aA}	0,622 ± 0,06 ^{aA}	0,698 ± 0,04 ^{aA}	0,768 ± 0,07 ^{aA}

Legenda: TBARS: Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; mg: Miligrama; Kg: Quilograma. Letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) quanto ao tipo de embalagem. Letras maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) quanto ao tempo de armazenamento. Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico podem estar diretamente relacionadas à formação de hidroperóxidos dos ácidos graxos de cadeia poli-insaturada (HEATH; PACKER, 2022). Segundo Carvalho *et al.* (2018), inúmeros fatores influenciam na velocidade de reação ao TBARS em um produto alimentício, dentre eles podem ser mencionados, temperatura, exposição à luz e o método de extração lipídica utilizado.

De acordo a Tabela 20, pode-se observar que com 15 dias de armazenamento as amostras não diferiram estatisticamente e apresentaram formação de compostos malonaldeído significativamente superior ao tempo 0 (0,056 mg MDA.Kg⁻¹).

Além disso, verificou-se que no decorrer do tempo de armazenamento houve um aumento gradual na produção de malonaldeído entre as amostras, independentemente do tipo de embalagem, sendo a de polietileno laminada no tempo final da avaliação (60 dias) a que apresentou a menor taxa oxidativa, com 0,694 MDA.Kg⁻¹, no entanto, sem diferença significativa das demais.

A embalagem laminada é revestida em alumínio, o que torna o seu interior opaco impedindo a passagem da luz externa para o alimento (BOBBIO; BOBBIO, 2001) acondicionado nela e reduzindo a ocorrência de uma reação oxidativa.

Outro ponto importante a se mencionar é que, embora as amostras tenham apresentado um aumento na formação desses compostos de oxidação, todas elas apresentaram uma média de TBARS < 1,0 mg MDA.Kg⁻¹. De acordo com Torres e Okani (1997), em uma amostra, valores de TBARS até 1,59 mg MDA são considerados baixos e indicam que as propriedades sensoriais não foram perceptivelmente alteradas.

Isso pode ser justificado pela redução do teor lipídico e pelos constituintes antioxidantes tais como as substâncias fenólicas e os aminoácidos presentes na composição tanto de amêndoa castanha-de-caju quanto do pólen apícola.

Referente à análise de estabilidade oxidativa do índice de peróxido, não foi possível evidenciar nos resultados obtidos a presença da formação de peróxidos nas amostras da mistura em pó acondicionadas nas diferentes embalagens (laminada, de polipropileno e de vidro) ao longo dos 60 dias de armazenamento.

A peroxidação lipídica é uma condição que acomete alterações na composição dos ácidos graxos insaturados (HEATH; PACKER, 2022). De acordo com Jorge (2009), os peróxidos são produtos primários de oxidação instáveis à fatores, tais como a alta temperatura, que no decorrer da sua decomposição são capazes de produzir compostos degradantes como aldeídos, cetonas, hidroxiácidos, hidrocarbonetos e polímeros, os quais são

denominados de produtos secundários que em grande parte possuem odor indesejável, enquanto que os peróxidos apresentam características incolores e inodoras.

Dentre os fenômenos deteriorativos ocasionados pela degradação dos ácidos graxos nos alimentos, está a rancificação oxidativa, uma reação que ocorre tanto de maneira enzimática, pela ação de enzimas lipoxigenases, quanto não enzimática, pela exposição à auto-oxidação ou foto-oxidação (GADANI *et al.*, 2017).

Embora a amostra da mistura em pó formulada seja constituída pela presença de ácidos graxos insaturados em sua composição, foi possível verificar que durante o tempo de armazenamento a mesma não apresentou indícios de deterioração lipídica em nenhuma das condições de acondicionamento avaliadas, indicando que o produto possui uma boa estabilidade oxidativa.

Os valores do potencial hidrogeniônico (pH) encontrados no período de avaliação da vida de prateleira do produto formulado seguem expressos na Tabela 21.

Tabela 21. Dados médios de pH encontrados nas amostras de mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.

Embalagem	pH				
	Tempo de Armazenamento (Dias)				
	0	15	30	45	60
Laminada	6,28 ± 0,01 ^{aA}	6,25 ± 0,01 ^{aA}	6,34 ± 0,01 ^{aA}	6,14 ± 0,03 ^{aA}	6,26 ± 0,02 ^{aA}
Polipropileno	6,28 ± 0,01 ^{aA}	6,24 ± 0,01 ^{aA}	6,28 ± 0,01 ^{aA}	6,13 ± 0,04 ^{aA}	6,18 ± 0,01 ^{aA}
Vidro	6,28 ± 0,01 ^{aA}	6,23 ± 0,03 ^{aA}	6,26 ± 0,06 ^{aA}	6,15 ± 0,03 ^{aA}	6,22 ± 0,02 ^{aA}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) quanto ao tipo de embalagem. Letras maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) quanto ao tempo de armazenamento. Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

Os valores encontrados para o parâmetro de pH nas amostras variaram entre 6,14 e 6,28 (laminada), 6,13 e 6,28 (polipropileno) e 6,15 e 6,28 (vidro) e não houve diferença estatística significativa entre as embalagens em função do tempo de armazenamento (Tabela 21).

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma escala logarítmica que possui como finalidade expressar a acidez de soluções ácidos/bases e a caracterização de produtos industriais (GAMA; AFONSO, 2007) inclusive na área de alimentos.

Segundo Nelson e Cox (2014), uma solução com pH abaixo ou próximo de 7 são consideradas ácidas ou dentro da neutralidade, respectivamente, enquanto que soluções com pH acima de 7, são considerados alcalinas ou básicas. Além disso, o pH é um parâmetro importante para indicar a presença de deterioração em produtos alimentícios, pois quanto menor for o seu valor, maior será a acidez, indicando a probabilidade de o mesmo não estar apto ao consumo.

Fatores como as más condições de armazenamento e o alto teor de umidade podem ser capazes de acelerar o processo de hidrólise dos triglicerídeos provocando assim, alterações de acidez em um produto (Carvalho *et al.*, 2018). Diante disso, os dados da análise de atividade de água (A_w) obtidos nas amostras do produto formulado acondicionados em embalagens de polietileno laminado, polipropileno e vidro durante 60 dias de armazenamento, seguem descritos na Tabela 22.

Tabela 22. Dados médios de Atividade de água (A_w) encontrados nas amostras de mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.

Embalagem	Atividade de água (A_w)				
	Tempo de Armazenamento (Dias)				
	0	15	30	45	60
Laminada	0,44 ± 0,00 ^{aA}	0,42 ± 0,01 ^{aA}	0,45 ± 0,01 ^{aA}	0,46 ± 0,00 ^{aA}	0,43 ± 0,00 ^{aA}
Polipropileno	0,44 ± 0,00 ^{aA}	0,43 ± 0,00 ^{aA}	0,45 ± 0,02 ^{aA}	0,46 ± 0,00 ^{aA}	0,41 ± 0,00 ^{aA}
Vidro	0,44 ± 0,00 ^{aA}	0,45 ± 0,01 ^{aA}	0,46 ± 0,02 ^{aA}	0,45 ± 0,00 ^{aA}	0,40 ± 0,02 ^{aA}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) quanto ao tipo de embalagem. Letras maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) quanto ao tempo de armazenamento. Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

Como observado, as amostras de produto acondicionadas nas embalagens laminada, de polipropileno e vidro não apresentaram diferença estatística entre si no decorrer dos 60 dias de armazenamento, embora obtivessem os valores de atividade de água variando na faixa entre 0,40 e 0,46 (Tabela 22).

Em um produto alimentício, a atividade de água (A_w) é um parâmetro termodinâmico ou de concentração efetiva de água, capaz de atuar como um agente nos mais diversificados processos químicos e biológicos, podendo estar relacionada aos quesitos de estabilidade e qualidade do mesmo (DALA-PAULA *et al.*, 2021; THAKUR; NANDA, 2020).

Uma A_w menor que 0,1 possui elevada taxa de oxidação pela ausência da proteção às moléculas de ácidos graxos que entram em contato direto com o oxigênio e reduz a hidratação dos metais, tornando-os mais reativos. Além disso, matrizes alimentares com atividade de água muito baixa tornam-se mais porosas, o que facilita a penetração do oxigênio. Quando a A_w está entre 0,55 – 0,80, o aumento da taxa oxidativa ocorre por meio da difusão do oxigênio dissolvido na camada de água que se acumula na superfície molecular, desencadeando o aumento da A_w e a velocidade da oxidação lipídica, sendo o último reduzido em função da diluição dos metais e outros catalisadores capazes de hidrolisar os lipídeos responsáveis pela produção de características organolépticas indesejáveis no alimento (DALA-PAULA *et al.*, 2021).

Como observado (Tabela 22), não houve diferença significativa entre as embalagens e foi verificado na amostra de vidro, o menor valor de A_w (0,40) em 60 dias de armazenamento. A embalagem de vidro possui dentre as principais vantagens, a característica de impermeabilidade a gases (BOBBIO; BOBBIO, 2001), o que impede a interação do alimento com o meio externo e absorção da água presente no ambiente.

Os dados de A_w apresentados pelas amostras das embalagens (laminada, polipropileno e vidro) encontram-se na faixa de atividade de água considerada intermediária à baixa, o que conseqüentemente retarda as reações oxidativas e de deterioração na mistura em pó desenvolvida.

Os dados de cor 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 23.

Tabela 23. Dados de cor CIELab* encontrados nas amostras de mistura em pó para o preparo de bebida à base de amêndoa da castanha-de-caju (ACC) e pólen apícola com adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC acondicionadas em diferentes embalagens durante 60 dias de armazenamento.

Cor	Tempo			
	Armazenamento (Dias)	Laminada	Polipropileno	Vidro
L*	0	61,00 ± 5,08 ^{ba}	61,00 ± 5,08 ^{ba}	61,00 ± 5,08 ^{ca}
	15	53,02 ± 1,38 ^{cb}	67,12 ± 1,82 ^{ba}	70,35 ± 2,85 ^{abA}
	30	72,25 ± 1,75 ^{ab}	78,60 ± 0,93 ^{aA}	75,75 ± 3,14 ^{aAB}
	45	67,31 ± 2,68 ^{abA}	65,68 ± 1,29 ^{ba}	67,90 ± 1,16 ^{ba}
	60	69,76 ± 1,25 ^{aA}	69,97 ± 0,53 ^{ba}	69,13 ± 2,45 ^{abA}
a*	0	-0,37 ± 0,06 ^{aA}	-0,37 ± 0,06 ^{aA}	-0,37 ± 0,06 ^{aA}
	15	-0,40 ± 0,13 ^{aA}	-0,44 ± 0,06 ^{aA}	-0,22 ± 0,05 ^{aA}
	30	-0,34 ± 0,02 ^{aA}	-0,21 ± 0,05 ^{aA}	-0,22 ± 0,07 ^{aA}
	45	-0,09 ± 0,10 ^{aA}	-0,24 ± 0,11 ^{aA}	-0,23 ± 0,06 ^{aA}
	60	-0,16 ± 0,08 ^{aA}	-0,18 ± 0,07 ^{aA}	-0,18 ± 0,05 ^{aA}
b*	0	12,67 ± 0,98 ^{aA}	12,67 ± 0,98 ^{ca}	12,67 ± 0,98 ^{ca}
	15	11,25 ± 0,23 ^{bb}	15,00 ± 0,18 ^{ba}	14,33 ± 0,39 ^{abA}
	30	13,66 ± 0,78 ^{aC}	16,67 ± 0,61 ^{aA}	15,07 ± 1,17 ^{ab}
	45	12,66 ± 0,56 ^{aA}	13,00 ± 0,01 ^{ca}	13,33 ± 0,52 ^{bcA}
	60	13,20 ± 0,47 ^{aA}	13,47 ± 0,12 ^{ca}	13,32 ± 0,31 ^{bcA}
C*	0	13,00 ± 0,80 ^{abA}	13,00 ± 0,80 ^{ba}	13,00 ± 0,80 ^{ba}
	15	11,66 ± 0,39 ^{bb}	14,67 ± 0,27 ^{ba}	13,40 ± 1,21 ^{abA}
	30	13,66 ± 0,79 ^{ab}	16,70 ± 0,56 ^{aA}	15,06 ± 1,17 ^{ab}
	45	12,66 ± 0,56 ^{abA}	13,07 ± 0,01 ^{ba}	12,90 ± 0,53 ^{abA}
	60	13,33 ± 0,47 ^{abA}	13,48 ± 0,11 ^{ba}	13,35 ± 0,27 ^{abA}
h°	0	91,55 ± 0,22 ^{aA}	91,55 ± 0,22 ^{abA}	91,55 ± 0,22 ^{aA}
	15	91,32 ± 0,31 ^{abA}	91,74 ± 0,12 ^{aA}	91,67 ± 0,58 ^{aA}
	30	90,87 ± 0,26 ^{abA}	90,70 ± 0,22 ^{ca}	91,27 ± 0,12 ^{abA}
	45	91,06 ± 0,30 ^{abA}	91,00 ± 0,43 ^{bcA}	90,30 ± 0,41 ^{cb}
	60	90,80 ± 0,17 ^{ca}	90,77 ± 0,32 ^{ca}	90,68 ± 0,33 ^{bcA}

L*: Luminosidade (0 – preto e 100 – branco); C*: Cromaticidade (saturação da cor); h°: Ângulo Hue. Letras minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) quanto ao tipo de embalagem. Letras maiúsculas iguais na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) quanto ao tempo de armazenamento. Resultados expressos em média e \pm desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

De acordo com dados de luminosidade obtidos pela amostra de embalagem laminada, a maior média significativa foi observada no tempo 30 (dias) de armazenamento, com 72,25, entretanto, esse valor não diferiu estatisticamente dos valores encontrados nas amostras nos tempos 45 e 60 dias, que apresentaram para L^* as médias de 67,31 e 69,76, respectivamente.

As amostras acondicionadas na embalagem de polipropileno apresentaram diferença estatística significativa entre si e a maior média foi obtida com 30 dias de armazenamento, com 78,40 de luminosidade.

A amostra acondicionada em embalagem de vidro no trigésimo dia de armazenamento apresentou um valor de luminosidade significativamente superior às demais, com 75,75.

Referente aos dados de luminosidade obtidos ao longo do período de armazenamento das amostras acondicionadas em embalagem laminada, de polipropileno e de vidro, não foi possível observar diferença estatística entre elas nos tempos 0, 45 e 60 dias.

As amostras acondicionadas em embalagem de polipropileno e de vidro não diferiram entre si estatisticamente e apresentaram no tempo 15 (dias) os maiores resultados com 67,12 e 70,35, respectivamente.

Para a coordenada a^* não foi observada diferença estatística significativa entre as amostras acondicionadas nas diferentes embalagens (laminada, polipropileno e vidro) durante o período de armazenamento de 60 dias (Tabela 23).

Para a coordenada b^* , não houve diferença significativa entre os tipos de embalagem nos tempos 0, 45 e 60 dias de armazenamento.

As amostras acondicionadas em embalagem de polipropileno e de vidro apresentaram, no décimo quinto dia de armazenamento, valores significativamente superiores de b^* , com 15,00 e 14,33, respectivamente e não diferiram estatisticamente.

No tempo 30 dias de armazenamento, as amostras acondicionadas em embalagem de polipropileno apresentaram o maior valor médio de b^* , com 16,67.

Durante período de armazenamento, para a coordenada b^* , a embalagem laminada apresentou diferença estatística significativa com valores médios variando entre 11,25 (tempo 15) e 13,66 (tempo 30).

Quanto aos resultados da coordenada b^* observados na embalagem de vidro durante os 60 dias de armazenamento, os mesmos diferiram estatisticamente e os tempos 0 e 30 dias, foram os que apresentaram o menor e o maior valor médio, com 12,67 e 15,07, respectivamente.

A cromaticidade (C^*) indica a saturação da cor representada por uma amostra. Diante disso, os valores de C^* foram determinados e seguem expressos na Tabela 23.

Para a Cromaticidade apenas os tempos 15 e 30 dias de armazenamento apresentaram diferença estatística, sendo a amostras da embalagem de polipropileno a que apresentou as maiores médias de saturação de cor, com 14,67 (tempo 15) e 16,70 (tempo 30).

Para a embalagem laminada, observou-se que ao longo do período de armazenamento a cromaticidade das amostras nos tempos 0 (13,00), 45 (12,66) e 60 dias (13,33) não se diferiram estatisticamente da amostra do tempo 30 dias, que apresentou valor médio significativamente superior (13,66).

Os dados de saturação das amostras da embalagem de polipropileno ao longo do armazenamento apresentaram diferença significativa entre si, sendo a amostra do tempo 30 dias a que obteve o maior valor do parâmetro C^* , com 16,70.

Quanto aos valores médios de C^* das amostras acondicionadas em vidro, avaliou-se que o maior (15,06) e o menor resultado (13,00) foram encontrados nos tempos 30 e 0 dias, respectivamente.

A Tabela 23, mostra os valores encontrados para o ângulo Hue (h°) nas amostras de mistura em pó acondicionada nas diferentes embalagens (laminada, polipropileno e vidro) durante os 60 dias de armazenamento.

Quanto aos dados de ângulo hue $^\circ$, nos tempos de armazenamento 0, 15,30 e 60 dias não foi observada diferença estatística significativa entre as amostras acondicionadas nas embalagens laminada, de polipropileno e de vidro

Foi registrada na amostra da embalagem laminada no tempo de armazenagem de 45 dias uma média significativamente superior, com 91,06, enquanto que a menor, foi apresentada pela amostra acondicionada em vidro, com 90,30.

Para os valores de h° apresentados pelas amostras acondicionadas em embalagem laminada durante os 60 dias de armazenamento, as amostras apresentaram diferença significativa entre si e os valores variaram de 90,80 (tempo 60) à 91,55 (tempo 0).

Quanto aos dados de h° obtidos pelas amostras acondicionadas em vidro analisou-se que nos dias 0 (91,55) e 15 (91,67) de armazenamento, os valores encontrados não se diferiram estatisticamente.

Diante dos dados de cor foi possível verificar que houve pouca alteração nos valores de luminosidade, sendo a embalagem de polipropileno a que sofreu menores alterações para o parâmetro. Observou-se também que as coordenadas a^* (a^+ , vermelho e a^- , verde) e b^* (b^+ indica amarelo e b^- , azul) bem como a cromaticidade, indicaram que todas as amostras independentemente do tempo de armazenamento, apresentaram tonalidade de cor entre o

amarelo e o verde e que o ângulo hue para todas as embalagens encontrou-se na faixa de tonalidade de coloração amarela.

A cor é um atributo sensorial considerado importante, uma vez que está relacionada com a aparência visual do alimento. De acordo com Alizadeh-Sani *et al.* (2020), tal parâmetro pode influenciar diretamente na aceitação, preferência e escolha dos produtos alimentícios no momento de sua aquisição por parte dos consumidores.

No geral, as embalagens têm como principal finalidade proteger o alimento preservando as características de segurança e qualidade do mesmo até o momento do seu consumo. Elas contribuem para a minimização das perdas do produto, uma vez que auxiliam no transporte e armazenamento mais seguro, reduzindo conseqüentemente as perdas econômicas decorrentes desses processos. Outra função desempenhada pela embalagem, é a comunicação visual com os consumidores, o que ajuda na comercialização dos produtos alimentícios (ALIZADEH-SANI *et al.*, 2020).

6. CONCLUSÕES

Os constituintes nutricionais presentes na composição do pólen apícola bem como da amêndoa da castanha-de-caju, com destaque para o teor proteico, propiciam às matérias-primas alto potencial tecnológico e de aplicabilidade atuando como ingredientes de importante valor biológico e funcional em formulações alimentícias.

Para os produtos formulados foi possível observar que, em decorrência da crescente concentração de pólen apícola, o teor proteico também sofreu aumento, sendo a amostra F2 (2,5% de pólen) a que apresentou melhores resultados para proteína (31,49%), tornando-se uma opção viável de produção em escala industrial.

Os fatores tempo, temperatura e concentração enzima/substrato, influenciaram na obtenção do hidrolisado proteico da torta da castanha-de-caju, sendo que o ensaio de número 12 (80 minutos, 66,7 °C e 0,75% de concentração E/S) foi o que apresentou melhor desempenho quanto ao grau de hidrólise (GH%) e sequestro de radicais livres (SQR%).

A fração mista oriunda do processo hidrolítico apresentou bons resultados quanto ao rendimento (90,0%) e propriedades tecnológicas de índice de absorção de água (2,13%) e molhabilidade (341 segundos). Embora apresentasse valor proteico significativamente inferior (35,37%) em relação à amostra de hidrolisado da fração solúvel (41,31%).

A adição da fração mista do hidrolisado proteico da torta de ACC proporcionou à composição do produto em pó o aumento do teor nutricional de cinzas (2,26%), lipídeos (33,10%), proteína (32,19), fibra bruta (4,88%) e valor energético (569 Kcal). Não alterou a cor do produto, apresentando uma tonalidade amarela um pouco esverdeada e potencializou as propriedades tecnológicas de molhabilidade (584 segundos), IAA (1,74%) e CAO (2,68%).

Quanto à propriedade antioxidante a amostra da mistura em pó apresentou 24,60% de sequestro de radicais livres e 4,37 mg / mL de conteúdo fenólico. Levando em consideração a composição dos ingredientes nele presentes (ACC e pólen apícola), o mesmo poderá contribuir no combate aos radicais livres no organismo.

Os aminoácidos essenciais (isoleucina, a leucina, a lisina, a fenilalanina e a valina) e não essenciais (ácido glutâmico, ácido aspártico, serina, glicina, arginina, alanina e prolina) presentes na composição do produto em pó, tornam o mesmo um possível complemento proteico na alimentação humana.

A presença dos ácidos graxos insaturados tais como, as gorduras mono- e poli-insaturadas, bem como o baixo índice de aterogenicidade e trombogenicidade apresentados pela composição da mistura em pó formulada, garantem ao mesmo ser fonte de lipídeos de

elevada qualidade, podendo auxiliar na melhora da saúde dos potenciais futuros consumidores.

Por meio da avaliação da *shelf life* observou-se que no decorrer do período de 60 dias de armazenamento, todas as embalagens apresentaram um bom desempenho de proteção da estabilidade físico-química das amostras. No entanto, a embalagem de polietileno laminada destacou-se das demais pela garantia da estabilidade oxidativa produzindo a menor taxa, mantendo o pH e a atividade de água e conservando a cor do produto principalmente quanto ao parâmetro de luminosidade no decorrer do armazenamento, sendo a mais indicada para a conservação da mistura em pó para o preparo de bebida à base de ACC e pólen apícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists**. 18. Ed., method 996.06, p. 20-25, 2005.

ALI, Z. *et al.* Preliminary study to evaluate the phytochemicals and physiochemical properties in red and black date's vinegar. **Food Science & Nutrition**, V. 7, N. 6, P. 1976-1985, 2019.

ALOBO, A. P.; AGBO, B. N.; ILESANMI, S. A. Physicochemical and functional properties of full fat and defatted cashew kernel flours. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 3, p. 581-585, 2009.

ANJOS, O.; CAMPOS, M.G.; ESTEVINHO, M.L. Poderá o pólen ser considerado um superalimento? **Revista do Instituto Politécnico de Castelo Branco**, v. 7, n.11, p. 20-26, 2017.

ALIZADEH-SANI, M. *et al.* pH – sensitive (halochromic) smart packaging films based on natural food colorants for the monitoring of food quality and safety. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, p. 93-144, 2020.

ARISE, R.O. *et al.* Blood pressure and sugar regulating potentials of Anarcadium occidentale nut globulin and albumin hydrolysates. **Heliyon**, v. 7, n. 3. e06384, 2021.

BARROS, D. J. M. **Desenho e avaliação de formulações de achocolatados processados por processo convencional e instantâneo**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade de São Paulo. São Paulo, 104 p., 2013.

BENÍTEZ, R.; IBARZ, A.; PAGAN, J. Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones Protein hydrolysates: processes and applications. **Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana** v. 42, ed. 2, p. 227-236, 2008.

BISINOTTO, M. S *et al.* Bioaccessibility of cashew nut kernel flour compounds released after simulated in vitro human gastrointestinal digestion. **Food Research International**, v. 139, e109906, 8 p., 2021.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química e processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. 143 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 75, de 08 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 18, de 27 de abril de 2010. Aprova o Regulamento Técnico sobre Alimentos para Atletas. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62 de 15 de dezembro de 2009. Regulamento técnico da amêndoa de castanha-de-caju. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2009.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 3, de 19 de janeiro de 2001. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de apitoxina, cera de abelha, geleia real, geleia real liofilizada, pólen apícola, própolis e extrato de própolis. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 18, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 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. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 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.

CALDAS, F. R. L. *et al.* Composição química, atividade antiradicalar e antimicrobiana do pólen apícola de Fabaceae. **Química Nova**, v. 42, n. 1, p.49-56, 2019.

CANO-CHAUCA, M. *et al.* Effect of the carriers on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CARPES, S. T *et al.* Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1818-1825, 2007.

CARVALHO, J. M. *et al.* Desenvolvimento nanopartículas de óleo de amêndoa de castanha de caju. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2016. **Anais** [...], Gramado, RS. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/700.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

CARVALHO, J. M. *et al.* Cashew nut oil: effect of kernel grade and a microwave preheating extraction step on chemical composition, oxidative stability and bioactivity. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53, p. 930-937, 2018.

CHIN, Y. L.; CHAI, K. F.; CHEN, W. N. Upcycling of brewers' spent grains via solid-state fermentation for the production of protein hydrolysates with antioxidant and techno-functional properties. **Food Chemistry: X**, v.13, e100184, 2022.

CHURCH, F. C. *et al.* Spectrophotometric assay using ophthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 66, n. 6, p. 1219-27, 1983.

CONTE, P. *et al.* Bee pollen as a functional ingredient in gluten-free bread: A physicalchemical, technological and sensory approach. **LWT - Food Science and Technology**, v. 90, p. 1-7, 2018.

ÇOPUR, Ö. U.; İNCEDAYI, B.; KARABACAK, A. Ö. Technology and nutritional value of powdered drinks. **The Science of Beverages**, v. 1, Elsevier, 2019.

CORNELLY, L. M. Introduction to Analysis of Variance (ANOVA). **MedSurg Nursing**, v. 30, n.3, 2021, pp. 218+. Disponível em: <<https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&u=capes&id=GALE|A665979725&v=2.1&it=r&sid=bookmark-AONE&asid=e1257b7c>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

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.

DALA-PAULA, B. M. *et al.*, **Química & Bioquímica de Alimentos**. Alfenas – MG: Editora Universidade Federal de Alfenas, 250 p., 2021.

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

DUARTE, E. L. *et al.* Influência da liofilização sobre os carotenoides de frutos do Cerrado e comportamento higróscopico dos produtos Liofilizados. **Perspectiva Online: biologia & saúde**, Campos dos Goytacazes, v. 23, n. 7, p. 22–33, 2017.

EMBRAPA AGROINDUSTRIAL TROPICAL. **Sistemas de produção do caju**. Embrapa Agroindustrial Tropical, 2º Ed. 2016. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7705&p_r_p_-996514994_topicoId=10308>. Acesso em: 20 nov. 2021.

EMBRAPA AGROINDUSTRIAL TROPICAL. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: castanha de caju**. Embrapa Agroindústria Tropical, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. – Brasília, 2003. 131p.

FAO/WHO/UNU. **Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition**. (WHO technical report series; n. 935). Geneva, Switzerland, 2007. pp. 180.

FEÁS, X. *et al.* Organic Bee Pollen: Botanical Origin, Nutritional Value, Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Microbiological Quality. **Journal Molecules**, v. 17, p. 8359-8377, 2012.

FERREIRA; D. N.; LOPES, R. M. M. Obtenção e caracterização físico-química do extrato vegetal da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale*) para elaboração de sobremesa não láctea. **Desafios da ciência e tecnologia de alimentos**, v. 4., Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Dossiê Proteínas. **Revista fi**, n. 28, 2014.

- FREITAS, J. B. NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 269-279, 2010.
- GADANI, B. C. *et al.* Physical and chemical characteristics of cashew nut flour stored and packaged with different packages. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 4, p. 657-662, 2017.
- GAMA, M. S.; AFONSO, J. C. De Svante Arrhenius ao peagâmetro digital: 100 anos de medida de acidez. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 232-239, 2007.
- GOUVEIA, D. S. *et al.* Potencial nutricional e perfil lipídico do óleo da amêndoa do coco catolé (*Syagrus oleracea Mart.*). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 01-06, 2018.
- GOMES, T. R. *et al.* Cashew nut meal (*Anacardium occidentale L.*) in the feeding of growing rabbits. **Ciência Animal Brasileira**, v.21, e61927, 2020.
- GÖRGÜÇ, A.; GENÇDAĞ, E.; YILMAZ, F. M. Bioactive peptides derived from plant origin by-products: Biological activities and techno-functional utilizations in food developments – A review. **Food Research International**, v. 136, e109504, 2020.
- HAGEN, S. R; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Precolumn Phenylisothiocyanate Derivatization And Liquid -Chromatography of Amino-Acids in Food. **Journal of The Association of Official Analytical Chemists**, v. 72, n. 6, p. 912-916, 1989.
- HALIM, N. R. A.; SARBON, N. M. A response surface approach on hydrolysis condition of eel (*Monopterus Sp.*) protein hydrolysate with antioxidant activity. **International Food Research Journal**. v. 24, n.3, p. 1081-1093, 2017.
- HAU, E. H. *et al.* Physicochemical and functional properties of Alcalase-extracted protein hydrolysate from oil palm leaves. **Journal Science Food and Agriculture**, v. 102, ed. 1, p. 233-240, 2021.
- HEATH, R. L.; PACKER, L. Reprint of: Photoperoxidation in Isolated Chloroplasts I. Kinetics and Stoichiometry of Fatty Acid Peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 726, e109248, 2022.
- HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 125, n. 1, p. 189-198, 1968.
- HEMMAMI, H. Phenolic profile and antioxidant activity of bee pollen extracts from different regions of Algeria. **Ovidius University Annals of Chemistry**, v. 31, n. 2, p. 93-98, 2020.
- HOLANDA, S. M. **Desenvolvimento e caracterização de bebida vegetal à base de amêndoa de castanha de caju, adicionada de achocolatado, leite de coco ou banana.** Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. 102 f.
- IAL (Instituto Adolfo Lutz). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4ª Ed. (1ª Edição Digital), São Paulo, 2008. 1020p.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. SIDRA IBGE (2021). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>>. Acesso em: 27 dez. 2021.

JORGE, N. **Química e Tecnologia de Óleos vegetais**. Universidade Estadual Paulista, 2009. 165 p.

JÚNIOR, I. R. J. *et al.* **Análise da composição centesimal da amêndoa do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) crua e torrada como matéria-prima para a produção da farinha da castanha de caju**. Prática e pesquisa em ciência e tecnologia de alimentos. Ponta Grossa, PR: Atena, p. 01–13, 2020.

KIELISZEK, M. *et al.* Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v.71, p.170–180, 2018.

KONICA MINOLTA. **Precise color communication: Color control from perception to instrumentation**. 1998. Disponível em: <https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.

KRYSTYJAN, M. *et al.* The fortification of biscuits with bee pollen and its effect on physicochemical and antioxidant properties in biscuits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 640-646, 2015.

KUROZAWA, L. E; PARK, K. J.; HUBINGER, M. D. Influência das condições de processo na cinética de hidrólise enzimática de carne de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 557-566, 2009.

LIMA, J. R. *et al.* **Isolado proteico obtido de subproduto do processamento da castanha de caju**. Embrapa Agroindústria de Alimentos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39. 2022, 15 p.

LIMA, J. R. *et al.* **Obtenção de concentrado e isolado proteicos de amêndoa de castanha-de-caju**. Embrapa Agroindustrial. Comunicado Técnico, 249. 2019, 6 p.

LIMA, J. R. *et al.* **Obtenção de Extrato Hidrossolúvel de Amêndoa de Castanha-de-caju**. Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 232. 2017, 5 p.

LIU, C. *et al.* Molecular and functional properties of protein fractions and isolate from cashew nut (*Anacardium occidentale L.*). **Molecules**, v. 23, n. 393, p. 2-15. 2018.

LOTTENBERG, A. M. P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 53, n. 5, p. 595-607, 2009.

LUCAS, B.; SOTELO, A. Effect of different alkalies, temperature, and hydrolysis times on tryptophan determination of pure proteins and of foods. **Analytical biochemistry**, n. 109, p. 192-197, 1980.

MAHDAVI-YEKTA M.; NOURI, L.; AZIZI, M. H. The effects of hydrolysis condition on antioxidant activity of protein hydrolyzate from quinoa. **Food Science Nutrition**, v. 7, p. 930–936, 2019.

MALOMO, S. A. *et al.* Antioxidant and Renin-Angiotensin System Inhibitory Properties of Cashew Nut and Fluted-Pumpkin Protein Hydrolysates. **Polish Journal of Food Nutrition Sciences**, v.70, n.3, p. 275–289, 2020.

NASCIMENTO, J. E. M. *et al.* O pólen apícola e seus benefícios à saúde humana. **Rev. Mensagem doce**, nº 147, 2018. Disponível em: <<http://apacame.org.br/site/revista/mensagem-doce-n-147-julho-de-2018/artigo-2/>>. Acesso em: 01 nov. 2020.

NEGRI, G. *et al.* Phytochemical analysis and botanical origin of *Apis mellifera* bee pollen from the municipality of Canavieiras, Bahia State, Brazil. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, e2016176, 2018.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

NOGUEIRA, C. *et al.* Commercial bee pollen with different geographical origins: A comprehensive approach. **International Journal of Molecular Sciences**, v.13, n. 9, p. 11173–11187, 2012.

OKEREKE, G. *et al.* Physicochemical characteristics, acute and subacute toxicity of cashew nut shell oil in Wistar rats. **Scientific African**, v. 8, e00391, 2020.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.

OLALEYE, H. T. *et al.* Quality Evaluation of Extrudates from Defatted Cashew Nut Flour and Whole Oat Flour. **European Journal of Agriculture and Food Sciences**, v. 2, n. 3, 9 pp., 2020.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; CALVÃO, L. B. **A interface do conhecimento sobre abelhas 2**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. 209p.

PAIVA, F. D. C. **Produção de hidrolisado proteico de resíduo de pirarucu (*Arapaima gigas*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014. 63 f.

PEREIRA, B. B. *et al.* **Aditivos alimentares: conceitos, aplicações e toxicidade**. Monte Carmelo, MG: Editora FUCAMP, 2013.

PIRES, C. V. *et al.* Nutritional quality and chemical score of amino acids from different protein sources. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 179- 187, 2006.

PORFÍRIO, E.; HENRIQUE, V. S. M.; REIS, M. J. A. Elaboração de farofa de grãos, sementes oleaginosas e castanha de caju: composição de fibras, ácidos graxos e aceitação. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n.3, p. 185-191, 2014.

REBOUÇAS, M.C. **Bebida prebiótica à base de amêndoa da castanha de caju: estudos com consumidores em diferentes abordagens para avaliação de fatores sensoriais e externos ao produto**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2016. 117 f.:

- RIVAS-VELAS, C. I. *et al.* Protein Hydrolysis by Subcritical Water: A New Perspective on Obtaining Bioactive Peptides. **Molecules**, v. 26, n. 6655, 2021.
- RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH**. Comunicado Técnico, Embrapa Agroindustrial Tropical. Julho, 2007. Fortaleza – CE.
- SANTANA, G. S.; FILHO, J. G. O.; EGEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**. Cassilândia-MS, v. 4, n. 2, p. 88-95, 2017.
- SANTOS, A. F. *et al.* Peptídeos em biotecnologia: produção, aplicações e mercado. **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria**, v. 4, p. 382-436, São Paulo: Blucher, 2016.
- SANTOS, T. S. *et al.*, Essential fatty acids in farmed tambaqui (*Colossoma macropomum*) from the Brazilian Amazon Area. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 45, e57090, 8 p., 2023.
- SATTLER, J. A. G. **Caracterização do potencial bioativo do pólen apícola de *Eucalyptus sp.* *in vitro* e sua influência sobre parâmetros de estresse oxidativo e de inflamação *in vitro***. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas), Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018. 143p.
- SATTLER, J. A. G. *et al.* Impact of origin on bioactive compounds and nutritional composition of bee pollen from southern Brazil: A screening study. **Food Research International**, v. 77, p. 82–91, 2015.
- SEIJAS, J.L.V. **Apiterapia: Verdade incontestável**. Rio de Janeiro: Editora Lombada, 2012. 205 p. Disponível em: <<https://frepep.org.br/wp-content/uploads/2017/01/Livro-Apiterapia-Verdade-Incontest%C3%A0vel.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2021.
- SHEVKANI, K. *et al.* Pulse proteins: secondary structure, functionality and applications. **Journal Food Science and Technology**, v. 56, n. 6, p. 2787-2798, 2019.
- SILVA, R. R. S. *et al.* Effect of the use of gums on the viscosity and sensory characteristics of a shake based on green banana flour. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 21, e2016052, 2018.
- SOARES, L. M. D. *et al.* Avaliação do Grau de Hidrólise e da Rotulagem de Suplementos Proteicos à Base de Whey Protein. **Ensaio e Ciência**, v.25, n.1, p. 55-61, 2021.
- SPELLMAN, D. *et al.* Protease and exopeptidase hydrolysis of whey protein: comparison of the TNBS, OPA e pH-stat method for quantification of degree of hydrolysis. **Journal of Dairy Science**, v.13, n.6, p. 447-453, 2003.
- THAKUR, M.; NANDA, V. Composition and functionality of bee pollen: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 98, p. 82-106, 2020.
- TORRES, E. A. F. S.; OKANI, E. T. Teste de TBA: ranço em alimentos. **Revista Nacional da Carne**, v. 243, p. 68-76, 1997.

UACIQUETE, A. *et al.* Effect of two postharvest technologies on the micronutrient profile of cashew kernels from Mozambique. **Food Science & Nutrition**, v. 10, p. 179–190, 2022.

ULBRICHT, T. L.V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **The Lancet**, v. 338, n. 8773, p. 985-99, 1991.

USLU, N.; ÖZCAN, M. M. Effect of microwave heating on phenolic compounds and fatty acid composition of cashew (*Anacardium occidentale*) nut and oil. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, p. 344–347, 2019.

VELÁSQUEZ, P. *et al.* k-carrageenan edible films for beef: Honey and bee pollen phenolic compounds improve their antioxidant capacity. **Food Hydrocolloids**, v. 124, e-107250, 2022.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. An Evaluation of The Waters Pico-Tag System For The Amino-Acid-Analysis of Food Materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v. 8, n. 4, p. 170-177, 1986.