



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

STEPHANIE DIAS SOARES

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DA PUPUNHA
*ALBINA (Bactris gasipaes)***

BELÉM - PA

2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

STEPHANIE DIAS SOARES

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DA PUPUNHA
*ALBINA (Bactris gasipaes)***

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Pará, como um requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena

Coorientadora: Profa. Dra. Orquídea Vasconcelos dos Santos

BELÉM - PA

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

S676a Soares, Stephanie Dias.
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NUTRICIONAL E
TECNOLÓGICO DA PUPUNHA ALBINA (*Bactris gasipaes*) /
Stephanie Dias Soares. — 2022.
84 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena
Coorientação: Prof^a. Dra. Orquídea Vasconcelos dos Santos
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, Belém, 2022.

1. Pupunha branca. 2. Frutos da Amazônia. 3. Farinha de
pupunha. 4. Composição nutricional. 5. Propriedades
tecnológicas. I. Título.

CDD 664.8009811

STEPHANIE DIAS SOARES

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DA PUPUNHA
ALBINA (*Bactris gasipaes*)**

Data da avaliação: 01/04/2022

Nota/conceito: Excelente

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena
(PPGCTA/ITEC/UFPA – Orientador)

Prof. Dra. Orquídea Vasconcelos dos Santos
(FANUT/ICS/UFPA – Coorientadora)

Prof. Dr. Renan Campos Chisté
(PPGCTA/ITEC/UFPA – Membro interno)

Prof. Dra. Mária Herminia Ferrari Felisberto
(DTA/UFV – Membro externo)

Dedico este trabalho aos meus pais, Valdirene e Silvio (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

À Deus pela minha vida e por ter sido meu alicerce em todos obstáculos e dificuldades durante o mestrado. Em vários momentos, a vontade de desistir foi vencida após conversar com Ele. Só Deus sabe as noites de aflição e ansiedade, que muitos não sabiam.

Aos meus pais, Valdirene e Silvio (*in memorian*), por terem me dado a vida, amor e suporte. Vocês me criaram com simplicidade, mas sempre me incentivaram ir atrás dos meus objetivos pelos estudos. Me ensinaram sobre ter coração bom, ser sábia e, independente da minha hierarquia, sempre ter humildade.

Aos meus irmãos e a toda minha família por terem sido minha base durante esse percurso. Dedico em especial esse trabalho aos meus familiares que partiram durante a realização do mestrado: vó Waldira, vô Altamir e prima Karen.

Aos meus melhores amigos por todo momento de descontração, alegria e por compartilharem e me ajudarem também nos momentos que nem eu mesma acreditava mais em mim. Nayara, Evelyn, Laís, Carol Mandaji, Carol Santos e Douglas vocês foram essenciais para essa realização. Obrigada por me escutarem e pelo carinho.

Ao pessoal do lab LCA (Rosely, Natália, Yasmin, Luana e Danilo) pela ajuda nas análises e por aguentarem meus surtos de desespero em achar que não daria tempo. Agradeço em especial a Rosely; você foi essencial em cada dia no lab, me escutou, me aconselhou e se tornou uma amiga que quero levar para minha vida toda.

Aos meus orientadores, Rosinelson e Orquídea, pelas correções e suporte técnico-estrutural, mesmo com todas as dificuldades que a UFPA passa; além da dificuldade que vivenciamos pela pandemia.

Aos professores da banca, Renan e Mária, por aceitarem o convite e toda contribuição ao trabalho.

À todas as pessoas que, de certa forma, me ajudaram para a construção desse trabalho. Seja com análise, dicas, explicações e apoio moral. Também, por cada laboratório que me ajudou com a realização de algumas análises.

À UFPA por me permitir fazer o meu mestrado e ter provido de estrutura docente e laboratorial.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Martin Luther King)

RESUMO

Dentre as espécies frutíferas da Amazônia, destaca-se a pupunheira (*Bactris gasipaes*), com suas diferentes variedades quanto às características da polpa e casca, tamanho e formato, além de um importante valor nutricional. A hibridização natural promoveu diversas plantas e a origem de uma palmeira com variedade de fruto albina (casca e polpa brancas). Embora existam frutos com exocarpo amarelo e mesocarpo branco, ainda não há relato na literatura científica sobre pupunha albina. Assim, esta pesquisa caracterizou a polpa e a farinha de polpa de pupunha albina crua e cozida. Foram avaliados os macros e micronutrientes, compostos bioativos, cor instrumental, estabilidade termogravimétrica e diferencial, parâmetros espectrais, estruturas morfológicas e propriedades funcionais e tecnológicas. Na avaliação biométrica foram observados frutos partenocárpicos (sem sementes) e frutos com sementes; ambos constituídos majoritariamente por polpa (77%). Os frutos da pupunha albina foram classificados como variedade microcarpa. A composição mostrou que carboidratos e água foram os principais constituintes de todas as amostras. O processo de cozimento aumentou o teor de umidade da polpa, mas diminuiu seus teores de proteínas, lipídios e carboidratos. Os parâmetros colorimétricos indicaram um escurecimento significativo e a intensificação da coloração amarela da polpa após o cozimento. O teor de compostos bioativos variou entre as amostras, sendo observada redução nos teores de compostos fenólicos totais e ácido ascórbico na polpa após o cozimento. As quatro amostras apresentaram perda máxima de massa a 300°C, com diferentes comportamentos termogravimétricos, de acordo com os processos de cozimento e secagem. Os padrões espectrais na região do infravermelho, para as polpas e farinhas, mostraram bandas características de compostos orgânicos, especialmente hidroxila OH, que estão presentes na estrutura dos amidos. A microscopia eletrônica de varredura mostrou amiloplastos e feixes de fibras com amido na polpa crua e grânulos de amido gelatinizado na polpa cozida e na farinha desta polpa. A farinha de polpa crua apresentou grânulos de amido pequenos e heterogêneos, com amiloplasto isolado, atribuído às operações de secagem e moagem. As duas farinhas apresentaram distribuições granulométricas diferentes, mas a maior proporção de ambas as farinhas foi retida em uma peneira de 250 mesh. Os valores do índice de solubilidade foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) para ambas as farinhas de polpa crua e cozida indicando que os processos de cozimento e secagem aumentam o número de constituintes solúveis nos produtos. Os índices de absorção de água e óleo para ambas as farinhas foram significativamente diferentes ($p \leq 0,05$). Os resultados indicam que a polpa e a farinha da polpa da pupunheira albina são matérias-primas importantes para o consumo após o cozimento e a serem exploradas pelas indústrias alimentícia, farmacêutica e biotecnológica.

Palavras-chave: Pupunha branca; frutos da Amazônia; farinha de pupunha; composição nutricional; propriedades tecnológicas.

ABSTRACT

Among the species of fruit growing in the Amazon, the peach palm (*Bactris gasipaes*) is worth mentioning, with its different varieties in terms of pulp and peel characteristics, size, and shapes, and an important nutritional value. The natural hybridization promoted various plants and the origin of a palm tree with an albino fruit variety (white peel and pulp). Although there are fruits with yellow exocarp and white mesocarp, there is still no report in the scientific literature about albino peach palm. Thus, this research characterized pulp and pulp flour of raw and cooked albino peach palm. Macro and micronutrients, bioactive compounds, instrumental color, thermogravimetric and differential stability, spectral parameters, morphological structures, and functional and technological properties were evaluated. In the biometric evaluation, parthenocarpic fruits (without seeds) and fruits with seeds were observed; both constituted mostly by pulp (77%). The fruits of the albino peach palm were classified as a microcarp variety. The composition showed that carbohydrates and water were the main constituents of all samples. The cooking process increased the moisture content of the pulp but decreased its proteins, lipids, and carbohydrates contents. The colorimetric parameters indicated a significant browning and the intensification of the yellow color of the pulp after cooking. The content of bioactive compounds varied among the samples, been observed a reduction in the levels of total phenolic compounds and ascorbic acid in the pulp after cooking. The four samples presented a maximum loss of mass at 300°C, with different thermogravimetric behaviors, according to the cooking and drying processes. The spectral patterns in the infrared region, for the pulps and flours, showed characteristic bands of organic compounds, especially hydroxyl OH, which are present in the structure of starches. Scanning electron microscopy showed amyloplast and fiber bundles with starches in the raw pulp and gelatinized starch granules in the cooked pulp and the flour from this pulp. The flour from raw pulp presented small and heterogeneous starch granules, with isolated amyloplast, attributed to drying and grinding operations. The two flours showed different granulometric distributions, but the highest proportion of both flours was retained in a 250 *mesh* sieve. Values of water solubility index were statistically different ($p < 0.05$) for both flours from raw and cooked pulp indicating that the cooking and drying processes increase the number of soluble constituents in the products. The water and oil absorption indices for both flour were significantly different ($p \leq 0.05$). The results indicate that pulp and flour from the pulp of albino peach palm are raw materials important for consumption after cooking and to be exploited by the food, pharmaceutical, and biotechnological industries.

Keywords: White peach palm; Amazon fruits; peach palm flour; nutritional composition; technological properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Frutos de pupunha albina: (A) Frutos de pupunha albina na palmeira e (B) sendo coletados manualmente.....	17
Figura 2 – Frutos de pupunha albina retirados do cacho: (A) frutos inteiros e com casca; (B) frutos sem casca; (C) fruto cortados em bandas; (D) diferentes partes que compõem o fruto.	18
Figura 3 – Variedade de pupunha com diferentes colorações da casca.	19
Figura 4 – Curva analítica de ácido gálico (1-100 mg/mL).	38
Figura 5 – Curva analítica de quercetina (3,12-25 µg/mL).	40
Figura 6 – Frutos de pupunha albina com semente e partenocárpicos, no cacho.....	44
Figura 7 – Coloração da pupunha albina: (A) polpa crua; (B) polpa cozida; (C) farinha crua; (D) farinha cozida.	53
Figura 8 – Comportamento termogravimétrico diferencial da pupunha albina. (A) polpa crua; (B) polpa cozida; (C) farinha da polpa crua e (D) farinha da polpa cozida.	57
Figura 9 – FTIR da pupunha albina. (A) polpa crua; (B) polpa cozida; (C) farinha da polpa crua; (D) farinha da polpa cozida.	60
Figura 10 – Eletromicrografias da polpa da pupunha albina crua. (A) resolução 1.23kx e (B) resolução 3.25kx.	62
Figura 11 – Eletromicrografias da polpa da pupunha albina cozida. (A) resolução 11.1kx; (B) resolução 23.1kx; (C) Resolução 3.69kx.....	63
Figura 12 – Eletromicrografias da farinha da polpa da pupunha albina crua. (A) resolução 5.99kx e (B) resolução 13.8kx.....	64
Figura 13 – Eletromicrografias da farinha da polpa da pupunha albina cozida. (A) resolução 3.69kx e (B) resolução 5.54kx.....	65
Figura 14 – Distribuição granulométrica para as farinhas de pupunha albina crua e cozida. .	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição nutricional e valor energético da polpa da pupunha.	20
Tabela 2 – Aplicações experimentais de atividade funcional da pupunha.	22
Tabela 3 - Resultados da triagem de carotenoides em polpa e casca de pupunha de diferentes colorações.....	25
Tabela 4 – Resultados da análise biométrica dos frutos da pupunha albina.....	44
Tabela 5 – Caracterização físico-química da polpa e farinha da pupunha albina crua e cozida.	46
Tabela 6 – Parâmetros de cor instrumental para a polpa e a farinha da pupunha albina crua e cozida.....	52
Tabela 7 – Composição de compostos bioativos na polpa e farinha da pupunha albina crua e cozida.....	54
Tabela 8 – Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida.....	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	PUPUNHA (<i>Bactris gasipaes</i>)	16
3.1.1	Características botânicas da palmeira	16
3.1.2	Características físicas e composição nutricional do fruto	17
3.1.3	Aplicações e atividades funcionais da pupunha	22
3.2	COMPOSTOS BIOATIVOS	23
3.2.1	Carotenoides	24
3.2.2	Compostos fenólicos	27
3.3	FARINHA DE PUPUNHA	28
3.4	PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS EM ALIMENTOS	30
3.4.1	Solubilidade em água	31
3.4.2	Absorção de água	32
3.4.3	Absorção de óleo	32
4	MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1	MATÉRIA-PRIMA	34
4.2	CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DOS FRUTOS	34
4.3	PREPARAÇÃO DA AMOSTRA	34
4.4	OBTENÇÃO DAS FARINHAS	35
4.5	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA	35
4.6	COR INSTRUMENTAL	36
4.7	COMPOSTOS BIOATIVOS	36
4.7.1	Ácido ascórbico (vitamina C)	37
4.7.2	Compostos fenólicos totais	37
4.7.3	Carotenoides totais	38
4.7.4	Teor de flavonoides totais	39
4.8	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	40
4.9	ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TG/DTA)	40
4.10	ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO	41

4.11	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA	41
4.12	PROPRIEDADES FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS	41
4.12.1	Índice de solubilidade em água (ISA).....	41
4.12.2	Índice de absorção de água (IAA)	42
4.12.3	Capacidade de absorção de óleo (CAO).....	42
4.12.4	Capacidade de formação de espuma (CFE)	42
4.12.5	Estabilidade da espuma (EE)	43
4.13	ANÁLISE ESTATÍSTICA	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1	CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DOS FRUTOS.....	44
5.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	45
5.3	PARÂMETROS DE COR	51
5.4	COMPOSTOS BIOATIVOS	54
5.5	ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA E DIFERENCIAL	56
5.6	ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO ...	59
5.7	MORFOLOGIA DAS POLPAS E FARINHAS	62
5.8	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DAS FARINHAS.....	65
5.9	PROPRIEDADES FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS.....	67
6	CONCLUSÕES	69
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

A região amazônica é rica em frutíferas, na qual se destaca a pupunheira (*Bactris gasipaes*), uma palmeira da família *Arecaceae*. Esta palmeira possui alta produtividade e muitas variedades, com produção de grande importância para a cultura, alimentação, economia e saúde da população local (AGUIAR; YUYAMA; SOUZA, 2019; DE SOUZA; LIMA, 2019). A origem da pupunheira é um tanto controversa, mas pode ter sido obtida artificialmente após sucessivas hibridações entre espécies (MORA-URPI, 1999). A pupunheira, como é conhecida no Brasil, recebe também as denominações de pejibaye, chontaduro, chonta e *peach palm*, em outros países (CHISTÉ *et al.*, 2021; ESPINOSA-PARDO; MARTINEZ; MARTINEZ-CORREA, 2014; ROJAS-GARBANZO *et al.*, 2016).

A pupunheira floresce entre os meses de agosto e outubro, com frutificação entre dezembro e março, o que depende de condições edafoclimáticas favoráveis (MORA-URPI, 1999). Os frutos da pupunheira (a pupunha) são organizados em cachos, sendo produzidos normalmente 10 cachos por pupunheira, por ano, e aproximadamente 100 frutos em cada cacho (CYMERYYS; CLEMENT, 2005). Estes frutos necessitam ser submetidos a cozimento em água antes do consumo devido a presença do oxalato, de fatores antinutricionais e da enzima peroxidase (MELO *et al.*, 2017).

Os frutos da pupunheira possuem formatos variados e, por se tratar de frutos do tipo drupa, eles são compostos por uma casca fibrosa, polpa carnosa, de característica amilácea ou oleosa, e um endocarpo que possui uma amêndoa branca fibrosa e oleosa no interior (AGUIAR; YUYAMA; SOUZA, 2019). Porém, podem ocorrer frutos partenocárpicos, que não possuem semente (SILVA; VIEIRA, 2012). A pupunha é um fruto de importante valor nutricional, por apresentar um teor relevante de óleos e proteínas, alto teor de carboidratos e fibra alimentar insolúvel (DOS SANTOS *et al.*, 2017; LETERME *et al.*, 2005; MELO *et al.*, 2017; PIRES *et al.*, 2019).

A pupunha geralmente possui coloração da casca e da polpa que variam entre o verde, o amarelo, o laranja e o vermelho; entretanto, a alta variabilidade genética pode levar a formação de frutos albinos (ARROYO; MORA-URPI; MÉXON, 1996); tendo sido notificado por Arkcoll e Aguiar (1984) frutos com exocarpo branco. Cornelius *et al.* (2009) realizaram uma pesquisa, entre os anos 1997 e 1999, com pupunheiras e reportaram a presença de alguns frutos de exocarpo amarelo com o mesocarpo branco.

Mesmo com as evidências destacadas acima, não foram encontrados na literatura científica, até o presente momento, estudos com pupunhas albinas; frutos que apresentem tanto

o exocarpo quanto o mesocarpo branco. Este fato motivou a presente pesquisa, que visa determinar propriedades físicas, nutricionais e funcionais tecnológicas da polpa e da farinha, dos frutos crus e cozidos, de uma variedade de pupunha albina produzida na região Amazônica.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar as características físicas, o teor total de nutrientes e compostos bioativos e as propriedades funcionais tecnológicas da polpa e da farinha da polpa da pupunha albina (*Bactris gasipaes*).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a caracterização física dos frutos da pupunha albina;
- Obter as farinhas da polpa, crua e cozida, da pupunha albina;
- Determinar e comparar os aspectos físico-químicos da polpa e das farinhas da pupunha albina, crua e cozida;
- Obter e comparar os parâmetros colorimétricos da polpa crua e cozida da pupunha albina;
- Determinar e comparar o perfil de minerais na polpa e na farinha da pupunha albina;
- Determinar e comparar o teor total de compostos bioativos na polpa e na farinha da pupunha albina, crua e cozida;
- Realizar a análise granulométrica das farinhas da polpa da pupunha albina, crua e cozida;
- Determinar e comparar a estabilidade termogravimétrica e diferencial da polpa e da farinha da pupunha albina, crua e cozida;
- Comparar os parâmetros espectroscópicos da polpa e da farinha da pupunha albina crua e cozida na região do infravermelho;
- Caracterizar e comparar as estruturas morfológicas da polpa e da farinha da pupunha albina, crua e cozida;
- Caracterizar e comparar as farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida, quanto às propriedades funcionais tecnológicas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PUPUNHA (*Bactris gasipaes*)

3.1.1 Características botânicas da palmeira

Dentre as palmeiras da família *Arecaceae* insere-se a pupunheira (*Bactris gasipaes*), a qual é cultivada em escala doméstica e/ou comercial e possui elevado potencial econômico (AGUIAR; YUYAMA; SOUZA, 2019). Segundo o mapeamento de registros do herbário do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2019), a pupunheira é amplamente distribuída de Honduras à Bolívia e, no Brasil, se concentra principalmente no estado do Pará. Há controvérsias quanto a sua origem, mas a teoria mais aceita é de que ela tenha ocorrido possivelmente após várias hibridações, devido à domesticação independente de espécies silvestres (AGUIAR; YUYAMA; SOUZA, 2019). Segundo Galluzzi *et al.* (2015) há uma maior diversidade genética da espécie *Bactris* na América do Sul; particularmente na Amazônia oriental.

A pupunheira é caracterizada por ser uma árvore multicaule que, quando adulta, pode alcançar 20 metros de altura e de 15 a 25 cm de diâmetro (AGUIAR; YUYAMA; SOUZA, 2019). O tronco é geralmente lenhoso e as folhas são pecioladas, simples ou alternadas, e ambos podem ter espinhos. As condições satisfatórias para o desenvolvimento da palmeira são: climas quentes e úmidos, até 900 m de altitude, temperaturas de 24 a 28°C e precipitação anual de 2.500 mm. Cada planta geralmente produz de 3 a 4 inflorescências por ano, podendo chegar a 10, na qual as flores masculinas são caracterizadas por serem maiores e mais numerosas do que as femininas, além de poderem ser identificadas flores hermafroditas (GAZEL FILHO; LIMA, 2001).

Na Amazônia central a pupunheira floresce de agosto a outubro e frutifica principalmente entre os meses de dezembro e março (AGUIAR; YUYAMA; SOUZA, 2019), em função das condições edafoclimáticas do estado do Pará (pluviosidade média de 2085 mm/ano; temperatura média de 25,8°C) (<<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/para/belem-4299/>>). Uma palmeira produz, geralmente, dez cachos por ano, mas em tempos chuvosos e com solo de boa qualidade, algumas palmeiras chegam a produzir 25 cachos, os quais possuem aproximadamente 100 frutos e pesam de 2 a 12 kg.

A colheita dos cachos é realizada em três a quatro anos após o plantio, quando o tronco atinge 10 cm de diâmetro. A colheita é feita de forma manual, utilizando varas com podão ou foice. Recomenda-se que os cachos sejam coletados quando, pelo menos metade dos frutos já estiver maduro (os frutos mudam de coloração verde para a coloração característica, conforme

a variedade), para que resistam melhor durante o transporte (CYMERYYS; CLEMENT, 2005). Na Figura 1 podem ser observados cachos de pupunha albina na palmeira (Figura 1A) e a coleta dos cachos sendo realizada de forma manual (Figura 1B).



Figura 1 – Frutos de pupunha albina: (A) Frutos de pupunha albina na palmeira e (B) sendo coletados manualmente.

Fatores como a polinização, a nutrição deficiente do solo, a estiagem, a competição, o ataque de insetos e a ocorrência de algumas doenças pode levar ao aborto da planta e/ou a baixa quantidade de cachos e, conseqüentemente, de frutos (AGUIAR; YUYAMA; SOUZA, 2019). Segundo Silva e Vieira (2012), fatores climáticos como o vento e a chuva, além da polinização ineficaz, podem contribuir para o desenvolvimento de frutos partenocárpicos (ausência de semente), que é uma característica comum da espécie.

De acordo com o último censo agropecuário, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), a produção brasileira total de cachos de pupunha, em 2017, foi de 8.873 toneladas, com maior representatividade para os Estados da Bahia, Amazonas e Pará. Esses dados destacam a importante comercialização de pupunheiras no Brasil e conseqüente o valor econômico e cultural para a população (AGUIAR; YUYAMA; SOUZA, 2019).

3.1.2 Características físicas e composição nutricional do fruto

Os frutos da pupunheira, organizados em racimo (cacho), são frutos caracterizados por serem carnosos do tipo drupa (uma única semente), mas também podem ser frutos sem semente

(partenocárpicos), o que se deve a alta variabilidade genética da espécie. Esta característica leva também a diversificação quanto ao tamanho, a cor da casca e da polpa e a composição nutricional. A cor do fruto pode variar entre o verde, o amarelo, uma transição entre as cores laranja e vermelha, assim como, podem ocorrer frutos sem coloração (albinos) (Figura 2).

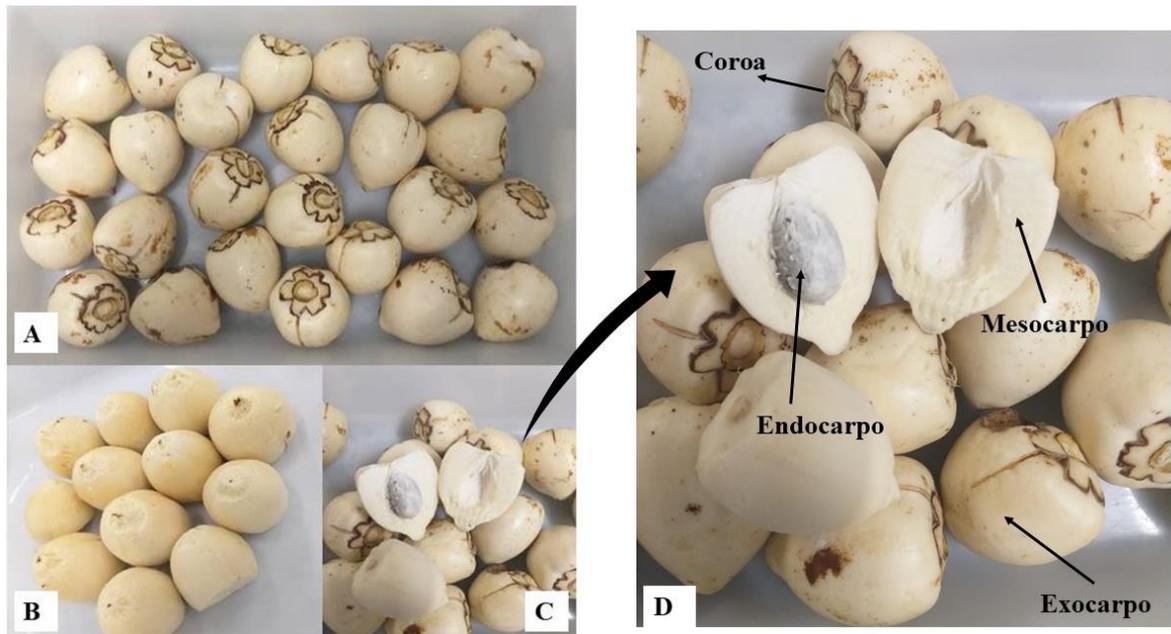


Figura 2 – Frutos de pupunha albina retirados do cacho: (A) frutos inteiros e com casca; (B) frutos sem casca; (C) fruto cortados em bandas; (D) diferentes partes que compõem o fruto.

Os frutos possuem formatos distintos, que podem ser ovoide, globoso ou cônico-globoso. Por se tratar de frutos do tipo drupa, eles são compostos por casca (exocarpo) fibrosa, polpa (mesocarpo) carnosa, com variação entre amiláceo a oleoso, e um endocarpo central que envolve uma amêndoa branca fibrosa e oleosa, com diâmetro entre 1,0 e 1,5 cm; que podem atingir 7,0 cm, em frutos maiores (AGUIAR; YUYAMA; SOUZA, 2019).

Apesar de existir uma classificação geral para as variedades e tipos de pupunhas, conforme a coloração da casca dos frutos e a existência ou não de sementes, os frutos podem também ser classificados em variedades primárias, quanto ao peso do fruto, em: microcarpa (<20 g), mesocarpa (21-70 g) e macrocarpa (>70 g) (CYMERYYS; CLEMENT, 2005).

A segregação dos híbridos da pupunheira proporcionou uma alta diversidade genética, culminando na existência de duas variedades: a *Bactris gasipaes* var. *chichagui* (frutos muito pequenos, com 0,5 a 10 g) e *Bactris gasipaes* var. *gasipaes* (frutos grandes, com 10 a 250 g) (HENDERSON, 2000). De acordo com Arroyo, Mora-Urpi e Méxon (1996), este fato pode levar a uma considerável formação de semi-anãos, frutos variegados (marcações de cores diferentes) e albinos, dentre outros. Clement (1987) faz referência à distinção das pupunhas em

“raças primitivas”, definidas como um “conjunto de populações de origens distintas, selecionadas e cultivadas por um grupo étnico distinto”. Não obstante, Cornelius *et al.* (2009) relataram a ocorrência de pupunhas de casca amarela, que apresentam a polpa de cor branca; porém, não há relatos na literatura científica de estudos com pupunhas, que apresentem a casca e a polpa com a cor branca (frutos albinos). Na Figura 3 pode ser observada a diversificação de cor da casca da pupunha.



Figura 3 – Variedade de pupunha com diferentes colorações da casca.

A principal forma de consumo da pupunha é, após a retirada dos frutos do cacho, submetê-los a cocção em água com sal, retirar a casca e a semente (quando houver) e consumir diretamente a polpa; principalmente acompanhada de café. Porém, outras formas de consumo também se mostram presentes em preparações culinárias, como purês, geleias, risotos e farinhas (SANTOS *et al.*, 2021).

O processo de cozimento dos frutos se faz necessário para inibir os fatores antinutricionais (inibidores da tripsina), eliminar os cristais de oxalato presentes na casca (MELO *et al.*, 2017) e inativar a enzima peroxidase da polpa, sob condições ideais de cocção (105°C por 20 min); para evitar a irritação na mucosa da garganta (SANTOS *et al.*, 2021). Martinez, Moreno-Caicedo e Loaiza-Loaiza (2021) realizaram um estudo com 482 voluntários, para avaliar sensorialmente frutos de pupunha submetidos ao cozimento, em água fervente, e observaram que um tempo médio de 78 min é necessário para a cocção do fruto.

A cor parece não influenciar significativamente na escolha do fruto da pupunheira, pois não é um fator que possa ser diretamente relacionado com a qualidade do produto (SANTOS *et*

al., 2021). O aspecto de maior relevância na escolha do fruto é a percepção sensorial de oleosidade. Frutos menos oleosos apresentam maiores teores de água, amido e de fibras, e têm menor preferência pelo consumidor, por apresentarem a polpa mais seca (MARTINEZ; MORENO-CAICEDO; LOAIZA-LOAIZA, 2021; SANTOS *et al.*, 2021).

A variedade da pupunha (cor da casca e polpa, presença ou não de sementes, dentre outras características) e o estágio de maturação, fazem com que a polpa do fruto apresente uma composição diferenciada, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição nutricional e valor energético da polpa da pupunha.

Propriedade	Yuyama <i>et al.</i> (2003) ^{ab}	Ferreira e Pena (2003) ^{ab}	Rojas- Garbanzo <i>et al.</i> (2012) ^c	Carvalho <i>et al.</i> (2013a) ^b	Basto <i>et al.</i> (2016) ^d	Dos Santos <i>et al.</i> (2017) ^b	Melo <i>et al.</i> (2017) ^b	Costa <i>et al.</i> (2019) ^e	Pires <i>et al.</i> (2019) ^b
Umidade (g/100 g)	53,0	64,8	56,0	53,86	51,7	54,7	55,23	52,76	63,96
Cinzas (g/100 g)	0,6	0,6	0,8	1,64	0,9	0,7	0,86	2,44	2,22
Amido (g/100 g)	ND	ND	30,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lipídios (g/100 g)	7,7	1,9	6,2	10,88	6,6	13,7	3,68	9,14	2,62
Proteínas (g/100 g)	2,3	1,3	2,2	2,13	1,9	2,8	1,77	2,54	2,00
Carboidratos (g/100 g)	29,7	30,0	ND	31,49	38,8	26,4	33,66	31,57	29,20
Fibras (g/100 g)	6,6	1,4	4,8	ND	ND	ND	2,98	ND	6,00
Valor energético total (kcal/100 g)	197,3	142,3	187,4	232,4	222,2	239,6	173,8	224,9	148,4

^afruto cozido; ^bcoloração do fruto não informada; ^cfruto laranja-vermelho; ^dfruto amarelo e vermelho; ^efruto vermelho; ND – não determinado.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que a polpa da pupunha apresenta uma composição bem diversificada, com um teor relevante e bem variável de lipídeos (1,9-13,7%), proteínas (1,3-2,8%) e carboidratos totais (26,4-38,8%); cuja variação é atribuída à variedade (cor, oleosa ou seca) e a forma de apresentação (cru ou cozido). Apesar de não apresentar um elevado teor de proteínas, a polpa da pupunha apresenta todos os aminoácidos essenciais, com destaque para a leucina (3,9 g/100 g), a lisina (3,7 g/100 g), a tirosina (3,4 g/100 g) e a arginina (3,1 g/100 g) (LETERME *et al.*, 2005). Adicionalmente, a polpa apresenta importantes teores de ácido glutâmico (4,98 g/100 g) e de ácido aspártico (4,33 g/100g) (YUYAMA *et al.*, 2003).

Os carboidratos são os principais constituintes da polpa da pupunha, sendo o amido o constituinte majoritário. O amido da pupunha apresenta uma coloração branca e sem odor, com composição baixa em cinzas, proteína, lipídios, fibras; que contém aproximadamente 19% de amilose (VALENCIA *et al.*, 2015; FELISBERTO *et al.*, 2020). Felisberto *et al.* (2020) observaram que os grânulos do amido da pupunha apresentaram formato e tamanho heterogêneos, o que foi atribuído ao nível de amadurecimento dos frutos. Por outro lado, no

estudo de Torres-Vargas *et al.* (2021) não foi evidenciado que o amadurecimento tenha influenciado a morfologia dos grânulos de amidos da pupunha. Essas diferenças podem ser explicadas pela diferença de região, solo e clima em que a palmeira se encontrava (CARVALHO *et al.*, 2013a; DOS SANTOS *et al.*, 2017; YUYAMA *et al.*, 2003).

O fruto de pupunha pode servir como uma importante fonte de amido para aplicação em diferentes fins. Melo Neto *et al.* (2017b) produziram e caracterizaram um termoplástico biodegradável com o amido da pupunha, o qual apresentou resistência à tração e à degradação térmica, e se mostrou uma opção de material para embalagem capaz de reduzir o impacto ambiental.

Pires *et al.* (2019) caracterizaram os frutos microcarpa, mesocarpa e macrocarpa de pupunha e observaram o maior teor de carboidratos nos frutos macrocarpa e de lipídios nos frutos microcarpa, o que corrobora com o fato de que os frutos macrocarpa são conhecidos por serem mais secos. Os resultados observados para os frutos microcarpa são similares aos encontrados por Dos Santos *et al.* (2017), os quais indicam que o teor médio de óleo encontrado nos frutos mesocarpa é uma característica importante para consumo. Além disso, os frutos mesocarpa, quando cozidos, apresentam um baixo índice glicêmico (35,0), o que denota uma absorção mais lenta da glicose pela corrente sanguínea (JIMÉNEZ *et al.*, 2012).

Os frutos da pupunha possuem um importante teor de fibra alimentar total, com maior teor da fração insolúvel (5,5%), em comparação com a fração solúvel (1,1%), o que foi observado por Yuyama *et al.* (2003), em três populações de pupunha produzidos na Amazônia. Teores médios semelhantes de fibra alimentar total foram observados por Melo Neto *et al.* (2017a) (6,7%) e Pires *et al.* (2019) (6,0%) no fruto. Estes valores de fibra alimentar permitem considerar a polpa da pupunha como um alimento rico em fibras, conforme a resolução nº 54 do Ministério da Saúde – MS (BRASIL, 2012). As fibras insolúveis permanecem intactas ao longo da digestão, além de estarem envolvidas com a redução do risco de doenças coronarianas e crônicas, como a diabetes tipo 2 (JEFFERSON; ADOLPHUS, 2019; TOSH; BORDENAVE, 2021).

Ainda em relação às fibras, o consumo de prebióticos pode levar a microbiota a produzir ácidos graxos de cadeia curta, os quais possuem como produtos finais da fermentação da fibra alimentar, o acetato, o butirato e o propionato. Cantu-Jungles *et al.* (2016) investigaram a estrutura química de pectinas em frutos de pupunha, avaliaram os perfis de fermentação fecal *in vitro* e observaram que houve uma maior produção de acetato (16,2%) e propionato (6,2%), os quais servem de subsídios pelos quais os prebióticos agem benéficamente no organismo. Esses benefícios incluem a melhora da função da barreira intestinal, a redução da inflamação

intestinal, a obesidade e as comorbidades associadas, por auxiliarem no controle do peso corporal (BLAAK *et al.*, 2020).

3.1.3 Aplicações e atividades funcionais da pupunha

Apesar de ainda serem escassos, estudos com produtos da pupunha reportaram atividades funcionais importantes para o produto. Pesquisas experimentais *in vivo* e *in vitro*, com produtos e subprodutos obtidos da pupunha são apresentadas na Tabela 2. Dentre estas, a pesquisa realizada por Yuyama *et al.* (1999) demonstrou que a mistura da farinha da polpa da pupunha a uma ração à base de cafeína promoveu o aumento da concentração da vitamina A no plasma e no fígado de ratos, quando comparado com um grupo controle, que foi alimentado com a ração sem a farinha da pupunha. Estes resultados sugerem que a pupunha é uma fonte de compostos com atividade provitamina A.

Tabela 2 – Aplicações experimentais que indicaram a atividade funcional da pupunha.

Parte do fruto	Solvente extrator/Método	Modelo teste/Aplicação	Atividade	Referência
Polpa	Extrato aquoso	Ratos	Diminuiu a concentração sérica de triglicerídeos	Gómez, Quesada e Nanne (1998)
Polpa	Farinha de pupunha + ração	Ratos Wistar	Aumentou a concentração de vitamina A no plasma e no fígado	Yuyama <i>et al.</i> (1999)
Óleo da casca	Farinha de pupunha + ração	Frangos de corte	Diminuiu a concentração sérica de LDL-c	Baldizán <i>et al.</i> (2010)
Polpa	Extrato de carotenoides	Tecido de fígado de ratos	Proteção contra a peroxidação lipídica	Quesada <i>et al.</i> (2011)
Óleo da casca	Hexano	<i>Staphylococcus aureus</i>	Antimicrobiana	Araújo <i>et al.</i> (2013)
Polpa	Farinha de pupunha + ração	Ratos Wistar	Diminuiu a concentração sérica de colesterol total e aumentou o HDL-c	Carvalho <i>et al.</i> (2013b)
Polpa	Farinha de pupunha + ração	Ratos Wistar	Preveniu o ganho de peso	Carvalho <i>et al.</i> (2013b)
Polpa	Farinha de pupunha + ração	Cordeiros		Dos Santos <i>et al.</i> (2016)
Polpa	Farinha de pupunha + ração	Cordeiros	Aumentou o tempo de mastigação	Pereira <i>et al.</i> (2020)
Polpa	Extrato aquoso-etanólico	Célula de fibroblastos humano	Anti citotóxica	Faria <i>et al.</i> (2021)

Ainda considerando ensaios clínicos experimentais, o extrato aquoso da polpa de pupunha promoveu a diminuição sérica de triglicérides em ratos (GÓMEZ; QUESADA; NANNÉ, 1998). Este resultado corrobora com uma pesquisa posterior, com frangos de corte, na qual o óleo da casca da pupunha promoveu uma diminuição significativa da concentração sérica do LDL (BALDIZÁN *et al.*, 2010). Igualmente, Carvalho *et al.* (2013b) observaram a diminuição do colesterol total e o aumento do HDL em ratos Wistar (lactantes e lactentes), alimentados com uma ração suplementada com a farinha da polpa de pupunha vermelha.

O extrato hidroalcoólico da polpa da pupunha, por sua vez, demonstrou efeito não citotóxico *in vitro* em fibroblastos de pulmão (MRC-5) (FARIA *et al.*, 2021). Uma outra pesquisa revelou atividade antimicrobiana do óleo extraído da casca da pupunha, contra cepas de *Staphylococcus aureus*, após 24 horas de contato com 10 µL do óleo (ARAÚJO *et al.*, 2013).

Importante utilização no manejo clínico-nutricional foi também observado ao administrar a farinha da polpa de pupunha a ratos Wistar (CARVALHO *et al.*; 2013b) e cordeiros (DOS SANTOS *et al.*, 2016). As porções administradas preveniram o ganho de peso nos modelos animais utilizados nas pesquisas.

Uma pesquisa recente, que teve por objetivo avaliar o comportamento alimentar de cabritos alimentados com dietas contendo diferentes proporções da farinha da polpa de pupunha, em substituição ao milho, observou uma mudança no comportamento alimentar dos animais. A utilização de até 10% da farinha de pupunha levou à diminuição do consumo de ração e, conseqüentemente, ao aumento no tempo de mastigação, ocasionado pela composição em gordura e fibra da farinha (PEREIRA *et al.*, 2020).

3.2 COMPOSTOS BIOATIVOS

Segundo a RDC nº 243 do Ministério da Saúde – MS (BRASIL, 2018), substância bioativa compreende o “nutriente ou não nutriente consumido normalmente como componente de um alimento, que possui ação metabólica ou fisiológica específica no organismo humano”. Essas substâncias; presentes em frutas e vegetais; possuem alta capacidade antioxidante e estão envolvidas na prevenção de doenças. Neste contexto, os carotenoides e os compostos fenólicos compreendem às classes de compostos bioativos mais frequentemente abordados na análise qualitativa e quantitativa de frutas.

3.2.1 Carotenoides

Os carotenoides representam um grupo de pigmentos naturais que estão relacionados com a coloração amarela, laranja e vermelha de frutas e vegetais, podendo ser compostos dietéticos (β -caroteno, luteína e licopeno) ou envolvidos em processos fotossintéticos (β -caroteno, esferoideno, luteína, violaxantina e zeaxantina) (RODRIGUEZ-AMAYA, 2018; YOUNG; LOWE, 2018). Carotenoides incolores também são encontrados em alimentos comuns da dieta ocidental. O fitoeno e o fitoflueno são carotenoides dietéticos importantes, encontrados principalmente na configuração *cis* e detectados principalmente na parte distal do intestino (MAPELLI-BRAHM; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, 2021).

A estrutura química dos carotenoides é formada majoritariamente por uma série de ligações duplas conjugadas na região central, com quarenta átomos de carbono (estrutura tetrapernóide) e oito unidades isoprenóides, com cinco átomos de carbono, que serve como cromóforo e permite a pigmentação (MELENDEZ-MARTINEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007). Porém, podem ser observados carotenoides com menos de quarenta átomos de carbono na estrutura (apocarotenoides) (BRITTON; LIAAEN-JENSEN; PFANDER, 2004).

De acordo com os elementos químicos presentes na molécula, os carotenoides podem ser divididos em dois grandes grupos: os carotenos, que são hidrocarbonetos como o α -caroteno, o β -caroteno, o γ -caroteno e o licopeno, e as xantofilas, que possuem átomos de oxigênio na estrutura e são representados pela β -criptoxantina, a luteína, a zeaxantina, a astaxantina, a fucoxantina e a peridinina (BOON *et al.*, 2010).

Os carotenoides são armazenados nos cromoplastos das células, e podem ser: globulares (contêm glóbulos lipídicos de diversos tamanhos onde pode ser dissolvido um alto teor de carotenoides), tubulares (possuem túbulos finos internamente), cristaloides (envolvem os carotenoides dissolvidos em estado líquido e líquido-cristalino) e cloroplastos membranosos (concentrados em camadas de membrana). Nesse sentido, para serem absorvidos pelo organismo humano, os carotenoides precisam ser liberados da matriz alimentar e dissolvidos em lipídios dietéticos (HEMPEL *et al.*, 2014).

Diversas pesquisas constataram que as pupunhas de cor amarela, laranja e vermelha são ricas em carotenoides. Foi observado também que o estágio de maturação do fruto exerce uma forte influência sobre o teor de carotenoides totais dos frutos (BASTO *et al.*, 2016; MATOS *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2020a). Na Tabela 3 são apresentados os perfis de carotenoides detectados na polpa e casca de pupunha.

Tabela 3 - Perfil de carotenoides na polpa e casca de pupunha de diferentes variedades.

Parte do fruto	Carotenoides								CT	Referência
	Z- β -caroteno	E- β -caroteno	α -caroteno	E- γ -caroteno	Z- γ -caroteno	E-licopeno	Z-licopeno	Xantofilas		
Polpa ^{ad}	+	+	+	+	+	+	+	+	6,4	Jatunov <i>et al.</i> (2010)
Polpa ^{ae}	+	+	+	+	+	+	+	+	6,8	Quesada <i>et al.</i> (2011)
Polpa ^{ad}	+	+	+	NM	+	+	+	+	7,4	Basto <i>et al.</i> (2016)
Polpa ^{ad}	+	+	+	NM	NM	NM	NM	+	13,48	Matos <i>et al.</i> (2019)
Polpa ^{bd}	+	+	+	NM	NM	NM	NM	+	2,51	Chisté <i>et al.</i> (2021)
Casca ^{cd}	NM	+	NM	+	+	NM	NM	NM	33,69	
Polpa ^{ce}	+	+	NM	+	+	NM	+	+	NC	
Polpa ^{be}	+	+	NM	+	+	NM	+	+	NC	

^acor vermelha; ^bcor amarela; ^ccor laranja; ^dcru; ^ecozida; (+) presença do carotenoide; NM: não mencionado; NC: não calculado; CT: carotenoides totais (mg carotenoides/100g amostra).

Os frutos vermelhos se destacam quanto ao teor de carotenoides totais, em comparação com os frutos de cor amarela, o que possibilita inferir que, quanto maior a intensidade da cor, maior é o teor de carotenoides no fruto (JATUNOV *et al.*, 2010; BASTO *et al.*, 2016). Uma pesquisa realizada por Mesquita *et al.* (2020) simulou os passos de uma digestão completa *in vitro*, e constatou que os carotenoides incorporados em emulsão do tipo maionese foram mais bioacessíveis.

Os carotenoides são pigmentos sujeitos à instabilidade, a qual pode ser influenciada pela natureza do composto (caroteno ou xantofila), configuração da estrutura molecular (*cis* ou *trans*), esterificação e o tipo de matriz celular (frutas, raiz, folha); bem como pelas condições de processamento e armazenamento, devido à permeabilidade do material da embalagem ao oxigênio e a exposição à luz (RODRIGUEZ-AMAYA, 2018). Neste sentido, Rojas-Garbanzo *et al.* (2012) encontraram no fruto da pupunha cozida cinco carotenoides a mais do que no fruto *in natura*, resultantes de produtos de isomerização e hidroxilação, durante o cozimento. O Z- β -caroteno, o Z- γ -caroteno e o Z-licopeno foram identificados em frutos de pupunha (BASTO *et al.*, 2016; CHISTÉ *et al.*, 2021; MATOS *et al.*, 2019; QUESADA *et al.*, 2011).

Basto *et al.* (2016) compararam o teor de carotenoides na polpa e na farinha de pupunhas de cor amarela e vermelha, e observaram uma redução no teor de carotenoides totais na farinha; principalmente na farinha da pupunha de cor vermelha. Por outro lado, Jatunov *et al.* (2010) analisaram seis variedades de pupunha provenientes de diferentes países, cruas e cozidas por 30 min em água fervente, e observaram teores de carotenoides totais da mesma ordem de grandeza nos frutos crus (1,1-22,3 mg/100 g) e cozidos (1,3-21,1 mg/100 g).

Os benefícios dos carotenoides à saúde são atribuídos a bioacessibilidade e a biodisponibilidade desses compostos (XAVIER; MERCADANTE, 2019). Dentre os antioxidantes, os carotenoides são os mais eficientes inativadores naturais do oxigênio singleto, cuja ação envolve a transferência de energia das moléculas de oxigênio singleto ao carotenoide, ou ao sequestro de radicais peroxila, por interação química. Os carotenoides possuem caráter lipofílico e estão envolvidos na inibição do processo de oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) (AMENGUAL, 2019).

O β -caroteno é o carotenoide mais abundante na natureza, o qual é convertido em vitamina A após a ingestão por animais, sendo considerado o carotenoide com maior atividade provitamina A. Segundo a RDC nº 269 do MS (BRASIL, 2005a), a qual considera que 1 μg de β -caroteno é igual a 0,167 μg de Equivalente de Retinol (ER). Santos et al. (2020b) encontraram 139,01 μg de ER no óleo extraído da polpa da pupunha vermelha, o que corresponde a aproximadamente 37% da ingestão diária recomendada de vitamina A, para adultos (BRASIL, 2005a). Estudos elucidaram o principal papel dos carotenoides como provitamina A, o qual está diretamente relacionado com a saúde visual, uma vez que a retina é o cromóforo visual nos mamíferos. Os principais carotenoides envolvidos nessa funcionalidade são a luteína e a zeaxantina (AMENGUAL, 2019; LAWLER *et al.*, 2020).

Em detrimento da atual situação pandêmica mundial atribuída à COVID-19, os carotenoides têm também demonstrado funcionalidade importante na prevenção e redução de riscos da doença. Uma pesquisa *in silico*, utilizando alguns carotenoides presentes no óleo do buriti (*Mauritia flexuosa*), mostrou que essas moléculas são potenciais para a formulação de novos fármacos no combate ao COVID-19 (COSTA *et al.*, 2020). Estes resultados permitem levantar a hipótese de que os carotenoides presentes na pupunha tenham também esse potencial.

Segundo Vishnevetsky, Ovadis e Vainstein (1999), os frutos, de um modo geral, podem apresentar diferenças na modulação da biossíntese de carotenoides devido a certas condições ambientais. Desse modo, alguns estudos encontraram teores significativos de carotenoides em frutos que não apresentam coloração. Segantini *et al.* (2012) encontraram concentrações significativas de carotenoides em pêssego de polpa branca, corroborando com os achados de Aquino *et al.* (2018), para a banana de polpa branca. Uma pesquisa revelou que frutos de nespêra (*Eriobotrya japonica* Lindl.), com polpa de cor branca, também apresentou carotenoides, embora os resultados tenham indicado um menor acúmulo de carotenoides em comparação com os frutos de polpa vermelha (FARINA *et al.*, 2020).

3.2.2 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos (CF) abrangem um grupo diverso de metabólitos secundários (componentes vitais para sobrevivência da planta), que são sintetizados conforme o desenvolvimento normal do vegetal e possuem estruturas e funções variadas. O teor de CF nas frutas depende do estágio de maturação, do clima, da localização geográfica, da composição do solo e das condições de armazenamento. A estrutura química dos CF é formada por um anel aromático, com um ou mais grupos hidroxila, representado por uma molécula fenólica simples ou um polímero complexo (ésteres, ésteres metílicos, glicosídeos, entre outros) (HAMINIUK *et al.*, 2012).

Os CF podem ser solúveis em água, como os ácidos fenólicos, os flavonoides, os fenilpropanóides e as quinonas, ou insolúveis em água, como os taninos condensados, as ligninas e os ácidos hidroxicinâmicos (HAMINIUK *et al.*, 2012; SWALLAH *et al.*, 2020). Essa classificação é essencial para a compreensão da relação entre os CF e a utilização eficaz no trato gastrointestinal, pois o processo fisiológico depende da solubilidade e da digestibilidade dos CF, onde os insolúveis não são digeridos, enquanto os solúveis são absorvidos pelo organismo (SWALLAH *et al.*, 2020).

Os flavonoides estão inseridos em um grupo de CF e são divididos em seis subclasses: os flavonóis, as flavanonas, as isoflavonas, os flavan-3-ols, as flavonas e as antocianinas. Estes compostos estão presentes, em geral, nas frutas com coloração amarela, vermelha ou azul, e estão relacionados com benefícios à saúde (CURIMBABA *et al.*, 2020; DA SILVEIRA *et al.*, 2017; LIMA *et al.*, 2020; MONTAGNER *et al.*, 2020; SWALLAH *et al.*, 2020; YAMAGUCHI *et al.*, 2017). A atividade antioxidante dos CF está relacionada com a capacidade de eliminar radicais livres, pela doação de átomos de hidrogênio e/ou elétrons, ou a quelação de cátions metálicos (MINATEL *et al.*, 2017).

Algumas pesquisas quantificaram CF na polpa da pupunha, como Contreras-Calderón *et al.* (2011) que observaram 65,7 mg GAE/100 g de amostra fresca, enquanto Rojas-Garbanzo *et al.* (2016) reportaram um teor de 38,5 mg GAE/100 g de amostra fresca, semelhante ao valor observado por Dos Santos *et al.* (2015) (30,3 mg GAE/100 g de amostra fresca). Recentemente, Chisté *et al.* (2021) determinaram pela primeira vez o perfil de compostos fenólicos em frutos de pupunha cozidos, sendo identificados 11 CF representados principalmente por flavonoides di-C-glicosil apigenina e flavonas. Esses compostos possuem potencial efeito funcional através da prevenção e tratamento de agravos da saúde, como a diabetes, doenças cognitivas, câncer e distúrbios inflamatórios, além de efeitos antivirais (SALEHI *et al.*, 2019).

3.3 FARINHA DE PUPUNHA

Produtos e subprodutos (resíduos) gerados a partir da colheita, processamento e/ou consumo da pupunha podem ser utilizados em larga escala e em todo o mundo, por apresentarem em sua constituição compostos com atividades biológicas, que podem incrementar as propriedades e o valor nutricional de produtos alimentícios (DANESI *et al.*, 2018; FRITSCH *et al.*, 2017).

Por sua vez, a secagem é um processo de grande importância para a conservação de alimentos. Segundo Fellows (2006), a secagem consiste na “aplicação de calor sob condições controladas para remover, por evaporação, a maior parte da água presente em um alimento”. O processo promove uma maior vida de prateleira, por reduzir a atividade de água (a_w) do produto, o que garante a estabilidade microbiológica e química do produto. A secagem de alimentos pode ser realizada de forma natural, pela exposição do produto ao sol, ou de forma artificial, que consiste na desidratação do produto em secadores, em temperaturas controladas (MORAES, 2006).

Para obtenção de farinhas, deve-se remover a fração líquida do produto, o que pode ser realizado por vaporização térmica, em temperatura inferior à temperatura de ebulição da água (CELESTINO, 2010). Krokida *et al.* (2003) define a secagem como o processo pelo qual ocorre a remoção de uma substância volátil (geralmente, mas não apenas a água) de um material sólido. A secagem ocorre pelo fornecimento de calor para evaporar a umidade do material sólido, na qual ocorre a remoção do vapor de água formado na superfície do material a ser seco. É importante frisar que a secagem realizada sob altas temperaturas pode favorecer alterações nas características física e química dos alimentos, como o escurecimento e a desnaturação proteica (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

No Brasil, segundo a Resolução nº 263 de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005b), farinha é definida como “o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos adequados”. O nome do produto deve ser “farinha”, seguido do nome do vegetal de origem, e as farinhas devem seguir normas e padrões de qualidade.

Pesquisas envolvendo a obtenção e a caracterização de farinha da polpa de pupunhas têm sido realizadas. A caracterização físico-química de farinhas da polpa de pupunhas dos tipos microcarpa, mesocarpa e macrocarpa foi realizada por Pires *et al.* (2019), os quais observaram diferenças entre elas. A farinha da pupunha microcarpa apresentou o maior conteúdo lipídico e mostrou ser uma fonte de fibras alimentares. As farinhas das pupunhas macrocarpa e mesocarpa foram consideradas ricas em fibras. A farinha da pupunha macrocarpa apresentou o maior teor

de carboidratos. O estudo mostrou também que a secagem a 55°C não afetou a estrutura dos grânulos de amido das farinhas.

Recentemente, pesquisadores analisaram e compararam as farinhas da polpa de pupunhas verdes e maduras provenientes da Colômbia, *in natura* e cozidas. O cozimento promoveu o aumento do teor de proteínas nas farinhas e diminuiu consideravelmente o teor de carboidratos e de alguns minerais (enxofre, cálcio, fósforo, magnésio e sódio). Porém, com base nas propriedades observadas, a farinha de pupunha mostrou ser um alimento importante para suplementação de crianças, idosos e lactantes, contribuindo para o aporte de nutrientes diários baseados em uma alimentação saudável (TORRES-VARGAS *et al.*, 2021). A adição da farinha de pupunha em um bolo congelado pré-cozido (farinha de mandioca, de batata doce e pupunha) possibilitou ao produto contribuir com aproximadamente 30% das necessidades diárias recomendadas de β -caroteno para idosos (FERNÁNDEZ-CORDERO *et al.*, 2018).

Em relação à instabilidade e aos efeitos do processo e do tratamento térmico, Rojas-Garbanjo *et al.* (2012) avaliaram as mudanças no perfil de carotenoides durante o processamento da farinha da polpa de pupunha e observaram que o teor de carotenoides diminuiu 28% no fruto cozido, o que pode ser atribuído as reações enzimáticas e as reações de oxidação, devido ao aquecimento prolongado a 72°C. Esses resultados corroboram com os achados de Basto *et al.* (2016), que compararam os teores de carotenoides na polpa e nas farinhas da polpa de pupunhas de cor amarela e vermelha, e observaram uma redução no teor de carotenoides totais na farinha; principalmente na farinha da pupunha vermelha.

O processo de extrusão termoplástica também foi utilizado para avaliar a funcionalidade da farinha da polpa de pupunha. Apesar da redução significativa no teor de carotenoides na farinha, em comparação com a polpa, a extrusão realizada com milho adicionado da farinha de pupunha promoveu o aumento no teor de carotenoides do produto. O comportamento observado pode ser atribuído à proteção dos carotenoides pela matriz proteína-carboidrato e/ou pela formação de isômeros (BASTO *et al.*, 2016).

Ainda considerando a aplicação industrial, a incorporação da farinha de pupunha extrusada em cereal matinal de milho promoveu o aumento do teor de fibras, carotenoides e ferro, e resultou em um produto com baixo teor de sódio; característica importante para produtos obtidos industrialmente (SANTOS *et al.*, 2020b). Ainda dentro das possibilidades de aplicações industriais, uma salsicha produzida com tilápia roxa teve maior rendimento, melhor consistência e propriedades de textura, quando adicionada de farinha da polpa de pupunha (ZAPATA; LA PAVA, 2015).

Outro importante produto que pode ser obtido a partir da pupunha é a farinha da casca, que assim como a farinha da polpa, possui uma baixa a_w , o que permite prolongar a vida de prateleira do produto, por oferecer menores possibilidades para a contaminação por microrganismos. Além disso, os teores de macronutrientes na farinha da casca da pupunha são próximos aos encontrados na farinha da polpa, com considerável composição lipídica (13,47%), de proteínas (6,18%) e de carboidratos (62,81%), além do produto poder ser considerado uma fonte de carotenoides (MARTÍNEZ-GIRON; FIGUEROA-MOLANO; ORDÓÑEZ-SANTOS, 2017).

A farinha da casca da pupunha tem sido utilizada na formulação de produtos, visando agregar valor nutricional. A análise sensorial com provadores voluntários mostrou que a adição da farinha da casca da pupunha em bolos melhorou a textura, a cor, o odor, o sabor e a aceitação global do produto; cujos melhores resultados foram obtidos para uma formulação com 7,5% da farinha, quando comparado com a adição de 2,5, 5,0 e 10% (MARTÍNEZ-GIRON; FIGUEROA-MOLANO; ORDÓÑEZ-SANTOS, 2017).

Não obstante, em outra pesquisa, o aumento da quantidade do óleo extraído da farinha da casca da pupunha, em formulações de salsicha, melhorou os parâmetros colorimétricos (devido à presença de carotenoides), demandando assim uma menor quantidade de nitrito na formulação do produto (PINZÓN-ZARATE; HLEAP-ZAPATA; ORDÓÑEZ-SANTOS, 2015).

3.4 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS EM ALIMENTOS

Ordóñez (2005) definiu propriedade tecnológica como “toda propriedade não nutricional que implica no comportamento durante o processamento, estocagem e preparação, controlando sua conveniência como ingrediente alimentar e influenciando na aceitação e no consumo do produto final”. Dessa forma, conhecer as propriedades funcionais tecnológicas de alimentos é essencial para a indústria, uma vez que elas estão diretamente relacionadas com as interações entre as moléculas que compõem o alimento, além de serem afetadas pela composição (qualidade e quantidade), estrutura e propriedades físico-químicas dessas biomoléculas (BATISTA; PRUDÊNCIO; FERNANDES, 2010; BOYE; ZARE; PLETCH, 2010). Essas propriedades contribuem para que sejam obtidas as características desejadas pelos consumidores (NAVES *et al.*, 2010).

Dentre as propriedades tecnológicas de interesse, quando se deseja propor a introdução de determinado composto em formulações alimentares, pode-se citar: a capacidade de absorção de água, a solubilidade em água, a capacidade de absorção de óleo, as propriedades

emulsificantes, estabilizantes e de formação de espuma; propriedades estas que podem interferir bastante nas características tecnológicas do produto (BOYE; ZARE; PLETCH, 2010). Portanto, a fim de definir o potencial comercial pretendido para a utilização de subprodutos é importante avaliar tais propriedades.

Segundo Naves *et al.* (2010) é imprescindível que a indústria de alimentos determine as propriedades funcionais tecnológicas dos subprodutos, que apresentam potencial para serem comercializados na forma de farinhas, bem como para avaliar os efeitos diretos do processamento tecnológico sobre tais propriedades.

3.4.1 Solubilidade em água

A solubilidade de um produto depende da sua constituição química, principalmente de proteínas e amido e da afinidade dessas moléculas pelo solvente, que no caso dos alimentos é a água; sendo este o motivo da solubilidade de alimentos ser classificada como propriedade hidrofílica (SGARBIERI, 1996).

A solubilidade das proteínas é a manifestação do equilíbrio entre as interações proteína-solvente e proteína-proteína, perante as condições de pH, força iônica e temperatura (ZAYAS, 1997), bem como das condições do microambiente, como o tipo de sal e a gordura utilizados na formulação do produto (KONAK *et al.*, 2014). Nesse sentido, três são os fatores principais que determinam a solubilidade das proteínas: grau de hidratação, densidade e destruição de cargas ao longo da cadeia, além da presença de substâncias não proteicas, como fosfatos, carboidratos e lipídeos, que podem apresentar efeito estabilizante (ARAÚJO, 2011).

É importante destacar, que ocorre a redução da solubilidade das proteínas, quando há o favorecimento das interações proteína-proteína, e ocorre o aumento da solubilidade, quando há o favorecimento das interações proteína-solvente (KINSELLA, 1976). Dentre as forças envolvidas nestas interações estão a força eletrostática, as ligações de hidrogênio e a força hidrofóbica, sendo que, em soluções aquosas, a de maior impacto é a força hidrofóbica (ALTSCHUL; WILCKE, 1985).

Para o amido, a solubilidade varia de acordo com a razão amilose/amilopectina, obedecendo uma relação de proporcionalidade direta, uma vez que quanto maior o teor de amilose, maior é a solubilidade (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005). A solubilidade do amido pode ser determinada na suspensão, após o aquecimento da amostra de amido disperso em água (LEACH; MCCOWEN; SCHOCH, 1959). Conforme Okezie e Bello (1988), a solubilidade em várias faixas de pH pode servir como um indicador do comportamento da

farinha, quando ela for aplicada em sistemas alimentícios, e também para dimensionar a desnaturação das proteínas, em função do tratamento térmico ou químico aplicado.

A solubilidade é uma propriedade relacionada principalmente com a presença de proteínas no alimento; por exemplo, produtos proteicos com boas propriedades de solubilidade quando adicionados a bebidas, garantem uma distribuição uniforme do líquido. Além disso, a solubilidade tem um papel crucial na textura, cor e características sensoriais e, dessa forma, interfere no valor nutricional e na aceitabilidade do produto (KONAK *et al.*, 2014; YULIANA *et al.*, 2014).

3.4.2 Absorção de água

A absorção de água compreende a capacidade dos ingredientes alimentícios de se ligar à água e pode estar relacionada com o conteúdo de proteínas e/ou de fibras no produto. A capacidade de retenção de água de uma proteína está relacionada à capacidade de hidratação da proteína e à capacidade de reter a água absorvida, contra a força da gravidade dentro de uma matriz proteica, o que depende, em parte, da sua composição em aminoácidos, pois quanto maior o número de resíduos polares (hidrofílicos), maior será a capacidade de hidratação da proteína (KAYODE *et al.*, 2021). As fibras, por sua vez, possuem uma grande capacidade de adesão com a água, e podem ser responsáveis pela absorção de uma quantidade de água, que represente até um terço do peso da amostra (ALONSO; AGUIRRE; MARZO, 2000).

Na elaboração de alimentos industrializados a alta capacidade de absorção de água pode ser desejável, para ajudar a manter a umidade do produto. A adição de uma maior quantidade de água à massa melhora as suas características de manuseio, como ocorre na elaboração de sopas, mingaus e pudins instantâneos, produtos cárneos, pães e bolos (WANG, 2006).

3.4.3 Absorção de óleo

A capacidade de absorção de óleo pode ser definida como a quantidade de óleo que pode ser absorvida por grama do material, sendo uma propriedade intrinsecamente relacionada com a qualidade e quantidade de proteínas e amido após a aplicação de uma força de centrifugação, pressão ou filtração (BOYE; ZARE; PLETCH, 2010; KINSELLA, 1976). As proteínas mais lipofílicas absorvem mais óleo, bem como a presença de um grande número de cadeias não polares favorece a ligação com as cadeias hidrocarbonadas do óleo (IDOURAINE; YENSEN; WEBER, 1991). Além disso, a absorção de óleo depende de algumas propriedades das proteínas

e carboidratos, como: a massa molecular, a composição e as características de hidrofobicidade (MUNE; MINKA; MBOME, 2014; YULIANA *et al.*, 2014).

A capacidade de retenção de óleo é uma propriedade importante para as aplicações em produtos alimentícios à base de carne, como substitutos ou extensores (NAKAI, 1983) e produtos de padaria, nos quais a absorção de gordura é desejável (IDOURAINE; YENSEN; WEBER, 1991). Além disso, em subprodutos farináceos, esta propriedade é importante para o desenvolvimento de novos produtos fritos e para definir a estabilidade durante o armazenamento (SATHE, 2002).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA-PRIMA

Esta pesquisa está cadastrada com atividade de acesso no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen, AA5BEE7). A variedade albina da planta *Bactris gasipaes*, por sua vez, está registrada no Herbário HF Professora Normélia Vasconcelos, localizado na Universidade Federal do Pará (UFPA, Belém-PA), sob registro nº 4070.

Foram adquiridos cinco cachos de pupunha albina (*Bactris gasipaes*) (≈ 20 kg), em uma feira livre localizada na região metropolitana de Belém, Estado do Pará (Latitude: -1.45502, Longitude: -48.5024, 1° 27' 18" Sul, 48° 30' 9" Oeste), referente a safra de setembro a dezembro de 2020. Os cachos foram transportados em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade ao Laboratório de Ciências dos Alimentos, da Faculdade de Nutrição (FANUT), da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde foi realizada a seleção dos frutos íntegros e intactos. Em seguida, os frutos foram sanitizados por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 100 $\mu\text{g/mL}$ de cloro ativo, por 15 min, sendo então lavados com água corrente, para eliminar o cloro residual da superfície.

4.2 CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DOS FRUTOS

A caracterização biométrica foi realizada em 50 frutos *in natura*, sendo determinadas as propriedades: diâmetros longitudinal e transversal (cm), medidos com um paquímetro digital (Vonder, 150 mm); e as massas (g) da casca, da polpa e da semente, por pesagem em balança semianalítica (Bel, M214AIH, São Paulo, Brasil). Foram determinados os valores da média e do desvio padrão, bem como registrados os valores mínimos e máximos de todas as propriedades avaliadas.

4.3 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

Nesta etapa, a metade dos frutos com casca foi submetida à cocção com água, em panela de pressão, por 15 min, conforme o procedimento tradicional realizado no Norte do Brasil. A outra metade dos frutos foi caracterizada *in natura* (pupunha crua). Ambos os frutos (cru e cozido) foram descascados e a polpa foi separada da semente, com auxílio de uma faca de aço inoxidável. As polpas das pupunhas (crua e cozida) foram trituradas separadamente, em multiprocessador (Philco, 800W, Brasil) e, em seguida, foram acondicionadas em sacos

plásticos, os quais foram fechados em seladora a vácuo (Cetro, modelo DZ-280). As amostras, identificadas como polpa de pupunha albina crua (PACR) e polpa de pupunha albina cozida (PACZ), foram armazenadas a -20°C, envoltas em papel alumínio, para a proteção contra a luz, até o momento das análises.

4.4 OBTENÇÃO DAS FARINHAS

Para obtenção das farinhas de pupunha crua (FPCR) e cozida (FPCZ), uma parte das amostras PACR e PACZ foi submetida à secagem a 55°C, em estufa com circulação de ar forçado (Thoth, modelo 510.150), até peso constante (~30 h). As amostras secas foram trituradas em moinho de facas do tipo Willey (Fortinox, modelo Start FT 50), acoplado a uma peneira Mesh 10, de acordo com Ribeiro *et al.* (2021) e Ferreira e Pena (2003); com algumas adaptações.

4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

As seguintes análises físico-químicas foram realizadas, em triplicata, nas polpas (PACR e PACZ) e nas farinhas (FPCR e FPCZ) da pupunha albina:

- Umidade: determinada por secagem em estufa com circulação forçada de ar (Thoth, modelo 510.150) a 105°C, até peso constante (AOAC, 2016);
- Resíduo mineral fixo: pelo método gravimétrico de incineração em forno mufla (Lucadema, modelo LUCA-2000F/DI, São Paulo, Brasil) a 550°C (AOAC, 2016);
- Proteína total: pelo método de Kjeldahl nº 950.48 da AOAC (2016), utilizando o fator de conversão nitrogênio-proteína de 5,75, para proteínas vegetais (BRASIL, 2020);
- Lipídios totais: realizado por extração sólido-líquido, em extrator do tipo Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente, de acordo com o método nº 948.22 da AOAC (2016);
- Carboidratos totais (CHO_t): calculado por diferença, utilizando a Equação 2;

$$CHO_t = 100 - (\text{proteínas} + \text{lipídios} + \text{umidade} + \text{cinzas}) \quad (2)$$

- Valor Energético Total (VET) (kcal/100g): calculado pela Equação 3, utilizando os coeficientes de Atwater (FAO/WHO, 2002);

$$VET = (\%proteína \times 4) + (\%carboidrato \times 4) + (\%lipídios \times 9) \quad (3)$$

- Açúcares redutores e totais: pelo método de Lane-Eynon (AOAC, 2016). O teor de açúcares não redutores foi calculado pela diferença entre açúcares totais e redutores;
- Atividade de água (a_w): determinada por medida direta em analisador de atividade de água (Novasina, modelo Labmaster-aw neo, São Paulo, Brasil);
- Acidez total titulável: determinada pelo método titulométrico, sendo o valor expresso em % de ácido cítrico (AOAC, 2016).

Para as análises de potencial hidrogeniônico e sólido solúveis totais foi obtido um extrato aquoso, com 10 g de amostra e 100 mL de água destilada (1:10, m:v).

- Potencial hidrogeniônico (pH): realizado de acordo com a metodologia 981.12 (AOAC, 2016), por leitura direta do extrato aquoso em medidor de pH de bancada (MS technopon, modelo Mpa 210), previamente calibrado com soluções tampão pH 4 e 7;
- Sólidos solúveis totais: determinados por leitura direta do extrato aquoso em refratômetro de bancada ABBE (Biobrix, modelo 2WAJ, Japão).

4.6 COR INSTRUMENTAL

A cor instrumental foi realizada como parâmetro comparativo entre PACR, PACZ, FPCR e FPCZ, por colorimetria *tristimulus* e medida direta em colorímetro (Konica Minolta, modelo CR-400, Japão), no sistema CIELAB; sendo utilizadas as seguintes condições operacionais: iluminação difusa/ângulo de visualização de 0° e fonte de iluminação D65. Foram obtidos os parâmetros L^* , a^* , b^* , em que L^* está relacionado com a luminosidade (preto = 0 e branco = 100) e os índices a^* e b^* são os parâmetros de cromaticidade ($+a$ = vermelho e $-a$ = verde, $+b$ = amarelo e $-b$ = azul). Foram obtidos ainda a cromaticidade (C^*) é o ângulo de tonalidade ou ângulo Hue (h°) (0°, vermelho; 90°, amarelo; 180°, verde; 270°, azul). O índice de brancura (IB), que indica o quão próximo uma amostra está de um branco ideal (IB = 100), foi calculado pela Equação 4 (PALAVENCINO *et al.*, 2016).

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

4.7 COMPOSTOS BIOATIVOS

A quantificação dos compostos bioativos foi realizada nas polpas e farinhas crua e cozida da pupunha albina, em triplicata.

4.7.1 Ácido ascórbico (vitamina C)

Na quantificação do ácido ascórbico foi utilizado o método titulométrico, com o reagente 2,6-diclorofenolindofenol (DCFI) (AOAC, 1995), com algumas modificações. Foi utilizada uma solução de DCFI 0,01% e a titulação foi interrompida quando o titulado ficou com a coloração rosa por 15 s. A padronização da solução de DCFI foi realizada com uma solução de ácido ascórbico a 0,05%. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido ascórbico por 100 g da amostra (mg AA/100 g), pela Equação 5.

$$AA = \frac{100 \times n'}{\left(\frac{n}{5}\right) \times M} \quad (5)$$

Onde, AA = teor de ácido ascórbico (mg/100 g); n' = volume de DCFI gasto na titulação (mL); n = volume de DCFI gasto na padronização (mL); M = massa da amostra (g).

4.7.2 Compostos fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos totais (CFT) foi determinado por espectrofotometria, pelo método colorimétrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, de acordo com metodologia descrita por Singleton & Rossi (1965), com adaptações. O extrato foi obtido em tubo Falcon, com 3 g de amostra adicionados de 10 mL de metanol 80% e submetido a extração assistida por ultrassom (SolidSteel, modelo N1030), por 10 min. Feito isso, o sobrenadante foi recuperado por meio de filtração (papel filtro qualitativo, Ø 15,0 cm) para a obtenção do extrato metanólico.

O meio reacional foi preparado pela mistura de 125 µL do extrato e 625 µL do reagente Folin-Ciocalteu a 10% (v/v), seguido de uma etapa de homogeneização por 2 min à temperatura ambiente (≈ 25 °C). Então, 500 µL da solução de Na₂CO₃ a 7,5% (m/v) foi adicionada, tendo sido registrado o aumento da absorvância, a 760 nm, após 90 min de reação, que ocorreu sob redução da luminosidade à temperatura ambiente (≈ 25 °C). O branco foi determinado como a mistura acima, sem a adição de extrato ou padrão; contudo, adicionando-se 125 µL do solvente a fim de obter um volume final de 1000 µL.

Uma curva analítica de ácido gálico na faixa de 1 a 100 mg/L foi construída (Figura 4). Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os teores de compostos fenólicos totais foram determinados por meio da curva analítica de ácido gálico e os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico, em gramas, por 100 g da amostra seca (EAG/100 g).

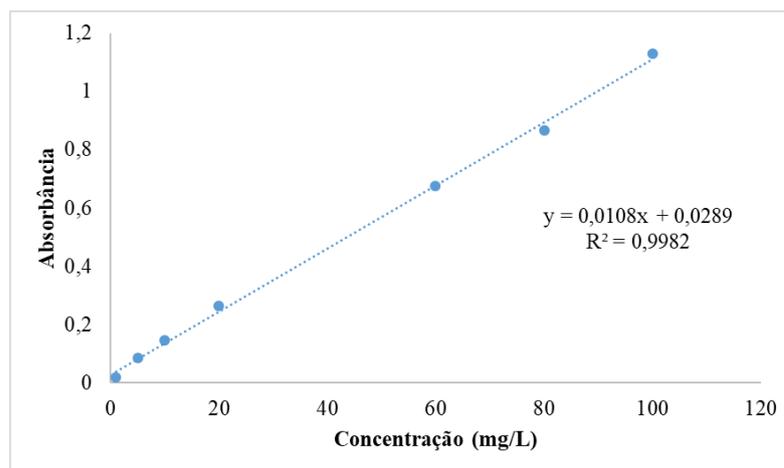


Figura 4 – Curva analítica de ácido gálico (1-100 mg/mL).

Com os dados de concentração obtidos para os extratos, a partir da curva analítica, foi utilizada a Equação 6 para calcular o teor de compostos fenólicos totais na amostra (mg EAG/100 g de amostra).

$$CFT = \frac{(C \times V \times F)}{M \times 10^3} \quad (6)$$

Onde, CFT = teor de compostos fenólicos totais (mg EAG/100 g); C = concentração de ácido gálico (curva); V = volume do extrato após extração (mL); F = fator de diluição do extrato para leitura (adimensional); M = massa da amostra (g).

4.7.3 Carotenoides totais

O teor de carotenoides totais foi quantificado por espectrofotometria, pelo método proposto por Godoy e Rodriguez-Amaya (1994), com adaptações. Foi utilizado 1 g de cada amostra para extração exaustiva com acetona e celite, por maceração em almofariz e pistilo e sucessivas filtrações a vácuo (Primatec, modelo 131). O extrato filtrado foi submetido à partição líquido-líquido, em funil de separação, com éter de petróleo:éter dietílico (1:1, v/v) e lavagens sucessivas com água destilada, para a eliminação da solução extratora. Em seguida, o extrato foi evaporado em evaporador rotativo (Marconi, modelo N480D), ressolubilizado com éter de petróleo até volume de 10 mL e submetido à leitura, em espectrofotômetro UV-Vis (KASUAKI, modelo IL-592) a 450 nm.

O cálculo do teor de carotenoides totais foi realizado utilizando o coeficiente específico de absorção do β -caroteno em éter de petróleo ($A_{1\text{ cm}}^{1\%} = 2592$) (DAVIES, 1976) e os resultados foram expressos em $\mu\text{g}/100\text{ g}$ da amostra (Equação 7).

$$CT = \frac{\text{Abs} \times 10^4 \times F \times V}{M \times 2592} \quad (7)$$

Onde, CT = teor de carotenoides totais ($\mu\text{g}/100\text{ g}$); Abs = absorvância lida a 450 nm; F = fator de diluição (adimensional); V = volume do extrato antes da diluição (mL); M = massa amostra (g) e 2592 = coeficiente de absorvância molar do β -caroteno em éter de petróleo.

4.7.4 Teor de flavonoides totais

O conteúdo de flavonoides totais foi determinado mediante o método da reação de complexação do alumínio por flavonoides descrito por Peřal e Pyrzynska (2014), com algumas modificações. Para extração dos compostos fenólicos, 3 g da amostra foram misturados com metanol 80% e submetidos à extração assistida por ultrassom (SolidSteel, modelo N1030), por 10 min. Feito isso, o sobrenadante foi recuperado por meio de filtração (papel filtro qualitativo, \varnothing 15,0 cm).

O meio reacional foi preparado pela mistura de 250 μL de solução de AlCl_3 2% (m/v), 500 μL do extrato e 250 μL de água destilada. Essa mistura foi agitada para melhor homogeneização. Então, foi registrado o aumento da absorvância, a 435 nm, após 10 min de reação, que ocorreu sob redução da luminosidade à temperatura ambiente ($\approx 25\text{ }^\circ\text{C}$). O branco foi determinado como a mistura acima, sem adição de extrato ou padrão, contudo, adicionando-se 500 μL do solvente, a fim de obter um volume final de 1000 μL .

Uma curva analítica de quercetina na faixa de 3,12 a 25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ foi construída. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os teores de flavonoides totais foram determinados por meio da curva analítica de quercetina e os resultados foram expressos em equivalentes de quercetina, em miligramas por 100 g de extrato (mg EQE/100 g) (Figura 5).

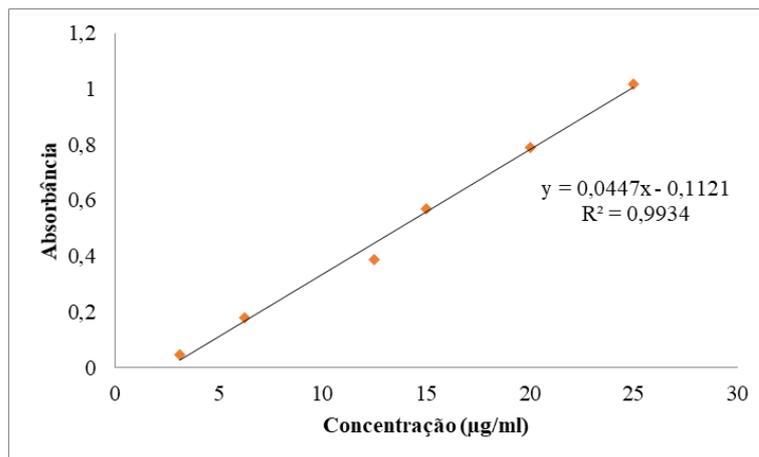


Figura 5 – Curva analítica de quercetina (3,12-25 µg/mL).

4.8 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Para a realização da análise granulométrica, 100 g de cada farinha (FPCR e FPCZ) foram submetidos a peneiramento, em um conjunto de peneiras de 9, 20, 28, 60, 80 e 100 Mesh (com uma abertura de malha de 2000, 850, 600, 250, 180 e 150 µm, respectivamente) e fundo coletor, por 10 min (ZANOTTO; BELLAYER, 1996). Foi utilizado um agitador eletromagnético digital (Bertel, modelo VP-01, São Paulo, Brasil), com velocidade de agitação constante e frequência de 50/60 HZ. A fração retida em cada peneira foi calculada pela Equação 8.

$$\%R = (Mr/M) \times 100 \quad (8)$$

onde, Mr = massa da amostra retida na peneira (g); M = massa inicial da amostra (g).

4.9 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TG/DTA)

As análises termogravimétricas (TG/DTG) e diferenciais (DTA) das polpas e das farinhas da polpa crua e cozida foram realizadas em termobalança (Shimadzu, modelo DTG-60 H), nas seguintes condições: fluxo de nitrogênio de 60 mL/min, rampa de aquecimento de 10 °C/min, na faixa de temperatura de 20 a 800 °C (ISLAM; ASIF; HAMEED, 2015), em cadinho de alumina e com massa de 5 mg ($\pm 0,5$).

4.10 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO

As análises de Espectroscopia por Infravermelho, com Transformada de Fourier (FTIR), das polpas e farinhas da polpa crua e cozida foram realizadas em espectrômetro (Shimadzu Corporation IR Prestige 21 Cat. Nº 206-73600-36, Kyoto, Japão), na região do infravermelho, com registros na faixa de frequência espectral de absorção de 4000 a 500 cm^{-1} . A incorporação da amostra foi realizada em pastilhas de brometo de potássio (KBr), com Scan 100 e resolução 4 cm^{-1} . Todas as bandas foram analisadas pelo Software Origin 8.0.

4.11 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

As imagens foram obtidas no Laboratório Institucional de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi, utilizando um microscópio eletrônico TESCAN, modelo Mira3, com canhão de elétrons tipo FEG (*field emission gun*). As amostras (polpas e farinhas da polpa crua e cozida) foram metalizadas com Au por 2,5 min, para a deposição de uma película sobre a amostra, com espessura 10 a 15 nm. As imagens foram geradas por detecção de elétrons secundários, utilizando uma aceleração de voltagem entre 5 e 10 kV e distâncias de trabalho entre 10 e 15 mm.

4.12 PROPRIEDADES FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS

As principais propriedades funcionais tecnológicas das farinhas (FPCR e FPCZ) da polpa da pupunha albina foram avaliadas segundo as análises descritas a seguir:

4.12.1 Índice de solubilidade em água (ISA)

O ISA foi determinado de acordo com metodologia proposta por Anderson *et al.* (1969), com adaptações. Foi misturado 1 g da farinha com 10 mL de água destilada, em tubo tipo falcon, o qual foi centrifugado (Celm, modelo LS-3 plus) a 175 x g por 15 min. O sobrenadante foi colocado em placa de petri, previamente tarada, e submetido à secagem em estufa com circulação de ar, por 4 h a 105°C. Para a determinação do ISA, foi utilizada a Equação 9.

$$ISA (\%) = \frac{\text{massa do resíduo da evaporação (g)}}{\text{massa seca da amostra (g)}} \times 100 \quad (9)$$

4.12.2 Índice de absorção de água (IAA)

Para a determinação do IAA, o tubo falcon contendo o resíduo da centrifugação, oriundo da análise do ISA, foi pesado e o IAA foi calculado pela Equação 10 (ANDERSON *et al.*, 1969). Para a obtenção da massa do resíduo da centrifugação foi subtraída a massa do tubo falcon que continha o resíduo.

$$IAA (g/g) = \frac{M_{rc}}{(M_s - M_{re})} \quad (10)$$

Onde, M_{rc} = massa do resíduo da centrifugação (g); M_s = massa seca da amostra (g); M_{re} = massa do resíduo da evaporação.

4.12.3 Capacidade de absorção de óleo (CAO)

A CAO foi determinada pelo método descrito por Anderson *et al.* (1969), com adaptações. Em tubo tipo falcon foram adicionados 1 g da amostra e 10 mL de óleo de milho. O conjunto foi centrifugado (Celm, modelo LS-3 plus) a 175 x g por 15 min, o sobrenadante foi descartado e o tubo contendo o centrifugado foi pesado. A CAO foi calculada pela Equação 11. Para a obtenção da massa do centrifugado foi subtraída a massa do tubo falcon que continha o centrifugado.

$$CAO (g/g) = \frac{\text{massa do centrifugado (g)}}{\text{massa seca da amostra (g)}} \quad (11)$$

4.12.4 Capacidade de formação de espuma (CFE)

A CFE foi determinada pelo método descrito por Coffmann e Garcia (1977), com adaptações. Foram misturados 2 g da amostra com 100 mL de água destilada, em um béquer de 250 mL. O volume inicial da mistura (V_a) foi medido em proveta de 250 mL. No béquer, a mistura foi homogeneizada por 5 min, na velocidade máxima de rotação (2000 RPM) do agitador mecânico (Fisatom, modelo 715). O volume final da mistura, após a homogeneização (V_b), foi medido na proveta de 250 mL. Porcentagem do aumento de volume foi calculada pela Equação 12.

$$CFE (\%) = \frac{(V_b - V_a)}{V_a} \times 100 \quad (12)$$

4.12.5 Estabilidade da espuma (EE)

Para esta análise, a espuma gerada na análise da CFE foi mantida em repouso à temperatura ambiente ($\approx 25^{\circ}\text{C}$), na proveta de 250 mL. O volume inicial da espuma foi aferido na proveta (V_i) e a avaliação da EE foi realizada pela medida do volume residual da espuma (V_r), durante o repouso da amostra, nos tempos 1, 5, 10, 30 e 60 min. A Equação 13 foi utilizada para o cálculo do EE.

$$EE (\%) = \frac{V_i}{V_r} \times 100 \quad (13)$$

4.13 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos como média \pm desvio padrão, compilados no Microsoft Excel®. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a teste complementar de comparação de médias de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o Software Statistica® versão 10.0. As análises de propriedades funcionais tecnológicas foram submetidas ao teste t de Student, não pareado, no software Prism®, com um nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DOS FRUTOS

As pupunhas utilizadas nessa pesquisa apresentam frutos, tanto com a presença de sementes como frutos partenocárpicos (sem o desenvolvimento da semente), no mesmo cacho (Figura 6); característica esta comum em frutos *Bactris gasipaes* (ARKCOLL; AGUIAR, 1984). Contudo, para fins biométricos, apenas frutos que continham semente foram utilizados.

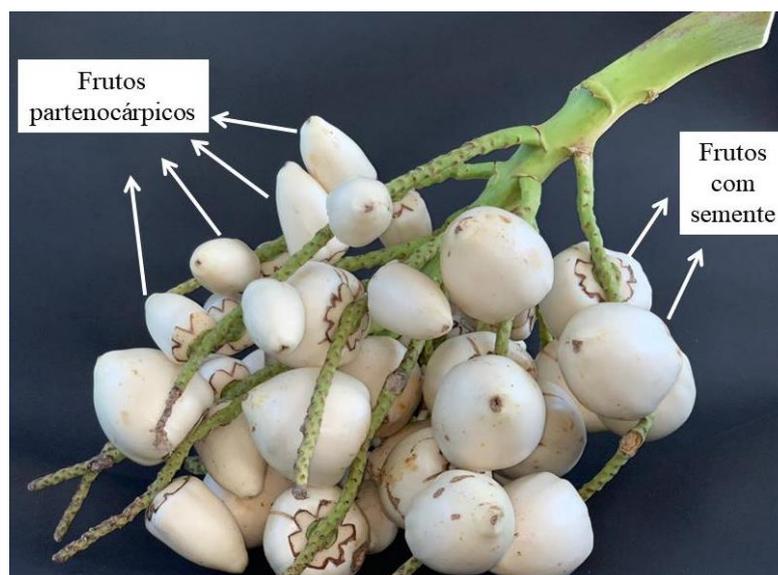


Figura 6 – Frutos de pupunha albina com semente e partenocárpicos, no cacho.

Foi realizada a análise biométrica dos frutos da pupunha albina para obter as massas das partes do fruto, e o comprimento e o diâmetro do fruto, como consta na Tabela 4. Os frutos da pupunha albina apresentaram uma composição média de 8% de casca, 77% de polpa e 14% semente. Estes resultados mostram que os frutos são constituídos majoritariamente pela polpa, o que contribui positivamente para possíveis aplicações industriais do fruto.

Tabela 4 – Resultados da análise biométrica dos frutos da pupunha albina.

Propriedade	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	CV (%)
Massa do fruto (g)	9,13	18,38	13,89	2,12	15,4
Massa da casca (g)	1,01	1,7	1,35	0,14	10,5
Massa da polpa (g)	7,93	16,7	12,45	2,00	16,3
Comprimento do fruto (mm)	38,4	43,85	40,68	1,30	3,2
Diâmetro do fruto (mm)	19,7	27,28	23,73	1,64	7,0

Valores obtidos em 50 frutos. CV: coeficiente de variação.

Com base no peso médio (13,89 g), os frutos da pupunha albina são classificados como pertencentes a variedade microcarpa (frutos < 20 g) (YUYAMA, 2011). A quantidade de polpa (77%), por sua vez, caracteriza o fruto como carnosos do tipo drupa (AGUIAR; YUYAMA; SOUZA, 2019). Adicionalmente, os baixos valores do desvio padrão para o comprimento e o diâmetro, indicam que os frutos da pupunha albina com semente apresentam pouca variabilidade no tamanho.

Na pesquisa de Cornelius *et al.* (2009), com pupunhas da Amazônia Peruana, foram detectados, em alguns frutos com exocarpo amarelo, a presença de mesocarpo branco. O peso médio destes frutos (32,4 g) foi mais que o dobro do peso médio da pupunha albina estudada (13,89 g). O comprimento médio (46 mm) e o diâmetro médio (39 mm) dos frutos peruanos foram também maiores do que os observados para a pupunha albina com semente. Cornelius *et al.* (2009) observaram que os frutos de mesocarpo branco foram mais pesados do que os frutos de mesocarpo laranja e amarelo, o que foi atribuído às características fenotípicas, devido as condições ambientais.

Pires *et al.* (2019) avaliaram os parâmetros biométricos de frutos de pupunhas das variedades microcarpa, mesocarpa e macrocarpa. Os frutos da variedade microcarpa foram os que apresentaram os valores médios de comprimento (32,4 mm) e diâmetro (21,3 mm), e o peso médio (8,24 g), com maior semelhança aos valores observados para os frutos da pupunha albina estudada. Estes resultados ratificam que os frutos da pupunha albina são pertencentes a variedade microcarpa. Dos Santos *et al.* (2017) observaram comprimento médio de 38,4 mm e diâmetro médio de 32,9 mm para os frutos de pupunha de mesocarpo laranja.

5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

A composição nutricional da polpa e da farinha da polpa da pupunha albina crua e cozida é apresentada na Tabela 5. De maneira geral, as polpas e as farinhas apresentaram composições similares entre si, exceto para os teores de açúcares, com 95% de significância estatística ($p < 0,05$) entre as amostras, para todas as propriedades. Os teores de açúcares totais e solúveis foram bem menores na polpa cozida e na farinha da polpa cozida, o que pode ser atribuído à lixiviação de açúcares durante o cozimento em água.

Conforme a Tabela 5, a polpa cozida apresentou uma umidade superior à polpa crua, o que é atribuído a incorporação de água durante o cozimento do fruto. Por outro lado, a farinha da polpa cozida apresentou menores umidade, quando comparada com a farinha da polpa crua ($p < 0,05$), o que indica que o aquecimento provocou alterações estruturais, que favoreceram a

eliminação da água da polpa, durante a secagem. Não há uma legislação específica para a farinha de pupunha, entretanto, considerando os padrões estabelecidos para farinhas de origem vegetal, pela RDC nº 263 (BRASIL, 2005b), as farinhas da polpa da pupunha albina, crua e cozida, atenderam ao limite máximo recomendado para a umidade de farinhas (<15%).

Tabela 5 – Caracterização físico-química da polpa e farinha da pupunha albina crua e cozida.

Componentes	Polpa		Farinha	
	Crua	Cozida	Crua	Cozida
Umidade (g/100 g)	61,00±<0,01 ^b	70,50±0,41 ^a	9,67±0,24 ^c	5,83±0,24 ^d
Cinzas (g/100 g)	3,78±0,16 ^a	4,11±0,15 ^a	2,00±<0,01 ^b	2,00±<0,01 ^b
Proteínas (g/100 g)	3,08±<0,01 ^c	2,24±0,05 ^d	15,32±0,00 ^b	18,82±0,35 ^a
Lipídios (g/100 g)	3,98±0,31 ^c	2,55±0,17 ^c	9,77±0,19 ^a	7,40±0,35 ^b
Carboidratos (g/100 g)	28,11±0,81 ^b	20,82±0,03 ^c	63,16±0,44 ^a	65,53±0,35 ^a
Açúcares redutores (g/100 g)	4,91±0,07 ^c	1,14±<0,01 ^d	11,67±<0,01 ^a	6,57±0,23 ^b
Açúcares não redutores (g/100 g)	18,18±0,33 ^a	13,35±0,14 ^b	10,68±0,33 ^c	5,16±0,20 ^d
Açúcares totais (g/100 g)	23,08±0,35 ^a	14,48±0,14 ^b	22,35±0,33 ^a	11,73±0,09 ^c
VET (kcal/100 g)	160,6±0,50 ^b	115,1±1,2 ^c	401,8±0,1 ^a	405,0±1,7 ^a
a _w	0,980±0,007 ^a	0,981±0,001 ^a	0,206±0,005 ^c	0,246±0,006 ^b
pH	6,44±0,08 ^a	6,18±0,03 ^a	6,15±0,05 ^b	6,25±0,13 ^a
ATT (g ácido cítrico/100 g)	8,96±<0,00 ^c	4,48±<0,00 ^d	21,32±0,3 ^b	23,45±0,6 ^a
SST (°Brix)	1,60±<0,01 ^d	2,20±<0,01 ^c	3,90±<0,01 ^b	4,70±<0,01 ^a

Valores médios de três replicatas ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença, com 95% de significância. VET: valor energético total; pH: potencial hidrogeniônico; a_w: atividade de água; ATT: acidez total titulável; SST: sólidos solúveis totais.

As umidades das polpas foram da mesma ordem de grandeza dos valores observados por Pires *et al.* (2019), para frutos das variedades microcarpa e mesocarpa (62,43 e 63,96 g/100 g, respectivamente). Por outro lado, as umidades das farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida foram inferiores aos valores encontrado por Pires *et al.* (2019), para as farinhas das polpas das variedades microcarpa, mesocarpa e macrocarpa (9,60-12,58 g/100 g), obtidas por secagem convectiva a 55°C. As umidades da polpa da pupunha albina crua e cozida, por sua vez, foram maiores do que os valores obtidos por Melo *et al.* (2017), para dez amostras de pupunha (50,74-71,97 g/100 g). As umidades das polpas da pupunha amarela (51,7 g/100 g) e vermelha (51,5 g/100 g), bem como das farinhas obtidas destas pupunhas (7,8 e 7,9 g/100 g, respectivamente), por secagem convectiva a 50°C, foram inferiores aos valores observados nas polpas e nas farinhas das polpas da pupunha albina crua e cozida (BASTO *et al.*, 2016). Essa

diferença de resultados entre estudos pode ser atribuída as diferentes variedades de pupunha avaliadas, a técnica de secagem utilizada e a localização dos frutos.

As amostras (polpa crua/cozida e farinha crua/cozida) não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$), o que mostra que o cozimento e a secagem não promoveram alterações significativas das propriedades avaliadas, fato este que ainda não está bem elucidado na literatura científica. Em paralelo, os teores encontrados para cinzas nas polpas e farinhas (2,0 - 4,11 g/100g) permitem classificar as amostras como de baixo teor de cinzas (>2 e <6 g/100g), conforme classificação proposta por Silva *et al.* (2015), que considera muito alto teor de cinzas (>7 g/100g), alto teor de cinzas (>6 e <7 g/100g) e muito baixo teor de cinzas (<2 g/100g). Os resultados encontrados para cinzas corroboram com os dados da literatura para polpa e farinha de pupunha de outras variedades. Na pesquisa de Rojas-Garbanjo *et al.* (2012) não foi encontrado diferença no teor de cinzas entre a pupunha crua e cozida (1,8 g/100 g) e na farinha (1,78 g/100 g). O mesmo foi detectado por Pires *et al.* (2019), em que a quantidade de cinzas diminuiu, após a secagem, em pupunha microcarpa (de 2,74 para 2,61 g/100 g) e mesocarpa (de 2,22 para 1,85 g/100 g), enquanto que para macrocarpa houve aumento de 0,80 para 1,22 g/100 g.

Observou-se uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em relação ao teor de proteínas das amostras de pupunha albina. A eliminação da água, pela secagem, promoveu um aumento altamente significativo no teor de proteínas, de cinco vezes para a farinha da polpa crua e de oito vezes para a farinha da polpa cozida, quando comparadas com as respectivas polpas, o que já era esperado, devido à redução do teor de água, que promove a concentração dos demais compostos.

Do ponto de vista nutricional, 100 g da polpa da pupunha albina cozida fornece de 4 e 8% da recomendação diária de ingestão de proteínas para um adulto (peso corpóreo= 70 kg) e um idoso saudáveis, respectivamente, enquanto que a farinha da polpa cozida contribui em aproximadamente 32 e 64% aos mesmos públicos (FAO/WHO, 2013). Assim, as farinhas demonstraram excelentes teores de proteínas e, caso inseridas em preparações culinárias podem fortificar preparações (BASTO *et al.*, 2016; MARTÍNEZ-GIRON; FIGUEROA-MOLANO; ORDÓÑEZ-SANTOS, 2017; TORRES-VARGAS *et al.*, 2021). Elas podem ainda auxiliar no requerimento de proteínas, e outros nutrientes diários para a população, pois contribuem para o aporte de aminoácidos (LETERME *et al.*, 2005).

Os teores de proteínas na polpa da pupunha albina (2,24 e 3,08 g/100 g) foram similares aos observados para pupunha amarela (1,9 g/100 g) e vermelha (2,1 g/100 g), na pesquisa de Basto *et al.* (2016) e nos estudos de Carvalho *et al.* (2013a) (4,20-6,79 g/100 g) e Melo *et al.*

(2017) (2,97-5,26 g/100 g), e para a polpa de pupunha crua da variedade microcarpa (3,90 g/100 g) (PIRES *et al.*, 2019). É importante ressaltar que a farinha da pupunha albina, assim como de outras pupunhas, pode ser utilizada na elaboração de produtos alimentícios para pessoas com doença celíaca, por não conterem glúten na composição (SAKURAI *et al.*, 2020).

Após a secagem, o teor de lipídios aumentou nas farinhas, em relação às polpas, mas com menor impacto em relação ao teor de proteínas. É importante ressaltar que o teor de lipídios na polpa e na farinha da pupunha cozida foram menores do que os valores observados na polpa e na farinha da pupunha crua. Esses resultados podem ser atribuídos a lixiviação da gordura durante o cozimento, mas não levou a um resultado significativo estatisticamente ($p > 0,05$) entre as polpas; diferente do encontrado para as farinhas ($p < 0,05$).

De modo geral, o teor lipídico da polpa crua e cozida se mantiveram dentro da faixa observada por Melo *et al.* (2017) (4,21 - 21,74 g/100 g) e Basto *et al.* (2016) (6,6 - 7,5 g/100 g). Pupunhas com maiores teores de lipídios são sensorialmente preferidas pelos consumidores, pois apresentam um menor teor de amido, o que melhora a textura do produto (MARTINEZ; MORENO-CAICEDO; LOAIZA-LOAIZA, 2021; SANTOS *et al.*, 2021). Os teores de lipídios nas farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida foram aproximadamente a metade dos valores observados em farinhas de pupunhas amarela (13,5 g/100 g) e vermelha (15,4 g/100 g).

Os lipídios, além de estarem envolvidos no metabolismo energético (fornecem ~9 kcal/g), também são estudados em relação ao perfil de ácidos graxos, os quais possuem benefícios funcionais à saúde humana. Os ácidos graxos, em especial os monoinsaturados, estão envolvidos na regulação da oxidação da gordura, diminuição da sensação de fome e manutenção do peso (HAMMAD; PU; JONES, 2016).

No óleo extraído da pupunha observa-se que os principais ácidos graxos são o ácido palmítico e o ácido oleico, e que frutos de cor vermelha tem predominância de ácidos graxos insaturados (MUJICA *et al.*, 2017; RESTREPO; ESTUPINÁN; COLMENARES, 2016), enquanto os frutos de cor laranja têm predominância de ácidos graxos saturados (SANTOS *et al.*, 2017b). Em paralelo, pesquisas com óleo extraído da pupunha reportaram a prevenção de agravos cardiovasculares por atividade no metabolismo do colesterol (SANTOS *et al.*, 2020a), como a diminuição do colesterol LDL detectado por Baldizán *et al.* (2010) e a atividade antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus* (ARAÚJO *et al.*, 2013). Esses dados demonstram que o óleo de pupunha tem potencial ação em atividades funcionais, com características hipolipemiantes e antimicrobiana. Contudo, esses estudos ainda são escassos. Faz-se necessário, portanto, a avaliação do perfil de ácidos graxos do óleo da pupunha albina, visando comparar com o de outras variedades de pupunha e abranger seu potencial funcional.

Tanto nas polpas quanto nas farinhas da pupunha albina, os carboidratos foram o macronutriente majoritário, portanto o que mais contribui para o valor energético das amostras. Inseridos no grupo dos carboidratos estão os açúcares, que podem ser classificados como redutores (glicose e frutose) e não redutores (sacarose). Os resultados (Tabela 5) mostram que houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) do teor de açúcares totais entre as polpas, crua e cozida.

O teor de açúcares totais foi maior na polpa crua do que na polpa cozida, e na polpa crua o teor de açúcares não redutores foi aproximadamente quatro vezes maior do que o teor de açúcares redutores, enquanto na polpa cozida esta proporção aumentou para aproximadamente 12 vezes. Estes resultados indicam que durante o cozimento ocorreu a lixiviação dos açúcares; principalmente dos açúcares redutores da polpa de pupunha albina. Devido ao maior teor de açúcares, a polpa crua pode ser considerada mais doce do que a polpa cozida (WEI; LU; CAO, 2017).

Wei, Lu e Cao (2017) observaram que o cozimento em água sob ebulição aumentou o teor de açúcares redutores na batata doce; principalmente da maltose; mas sem interferência significativa nos açúcares não redutores. Esses achados foram semelhantes aos de Ogliari *et al.* (2020), no qual o cozimento aumentou os teores de açúcares totais, redutores e não redutores da batata doce, o que foi atribuído ao amido presente no produto (~20%), que durante o cozimento em altas temperaturas foi hidrolisado a monossacarídeos e dissacarídeos. Esses resultados foram contrários aos observados para a pupunha albina, e podem ser atribuídos ao fato da batata doce (tubérculo) ser uma matriz vegetal diferente da pupunha, e que apresenta uma composição distinta.

Para as farinhas, o teor de açúcares totais foi maior na farinha da polpa crua, seguindo o mesmo comportamento das polpas. Por outro lado, ocorreu uma inversão no comportamento das frações dos açúcares, onde o teor de açúcares redutores em ambas as farinhas foi superior ao de açúcares não redutores. Estes resultados indicaram que a secagem da polpa a 55°C pode ter promovido a hidrólise da sacarose, bem como a despolimerização de polissacarídeos, por hidrólise de ligações glicosídicas de forma seletiva (GIOMBELLI *et al.*, 2020), aumentando assim o teor dos açúcares solúveis (Tabela 5).

As polpas crua e cozida da pupunha albina apresentaram VET de 160,6 e 115,1 kcal/100g, respectivamente, com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$), enquanto que para as farinhas não houve diferença ($p > 0,05$). O VET encontrado para a polpa crua foi da ordem de grandeza reportada por Melo *et al.* (2017), para outra variedade de pupunha (174,8 kcal/100g). Nas farinhas, por sua vez, a eliminação da água pela secagem, fez com que o valor

do VET aumentasse para mais que o dobro (401,8 e 405,0 kcal/100 g); valores estes superiores aos observados para a farinha de trigo (366,6 kcal/100g) e a farinha de aveia (363,7 kcal/100g) (SUZAUDULA, 2021). Portanto, as farinhas da pupunha albina são excelentes fontes de calorías, que contribuem para o balanço energético (USDA, 2002), com valores maiores aos de farinhas vegetais comumente consumidas/utilizadas.

A a_w é um fator intrínseco muito importante na conservação de alimentos; especialmente em produtos secos, como as farinhas. Esta propriedade está diretamente relacionada com processos degradativos, pois elevados valores de a_w favorecem o desenvolvimento e a atividade de microrganismos, bem como reações enzimáticas, o que reduz a vida de prateleira do alimento (RAHMAN, 2009). Assim, enquanto os valores de a_w observados nas polpas da pupunha albina crua e cozida ($a_w = 0,98$) mostram que estes produtos são altamente favoráveis a atividade de microrganismos (LABUZA; BALL, 2000), a redução da umidade promovida pela secagem, por sua vez, garantiu a obtenção de farinhas com valores muito baixos de a_w ($a_w < 0,25$), capazes de assegurar a estabilidade microbiológica dos produtos ($a_w < 0,6$) (KAREL; FENNEMA; LUND, 1975).

Os valores de a_w das farinhas da pupunha albina foram inferiores aos valores observados por Pires *et al.* (2019) (0,47 - 0,62) em farinhas de pupunha. Logo, a farinha da pupunha albina terá maior estabilidade microbiológica (LABUZA; BALL, 2000). Contudo, há a necessidade de estudos para a avaliação da estabilidade das farinhas, frente a diferentes parâmetros, a exemplo do comportamento higroscópico, para comprovar esta hipótese.

Ainda em relação aos parâmetros físico-químicos, na Tabela 5 é possível observar que o pH das polpas crua e cozida foram estatisticamente iguais ($p > 0,05$), enquanto que o pH da farinha da polpa crua foi menor do que o pH da farinha da polpa cozida ($p < 0,05$); porém a variabilidade foi pequena (<3%). Os valores de pH indicam que o cozimento não interferiu nesta propriedade, enquanto à secagem promoveu alteração no pH. Valores de pH da mesma ordem de grandeza foram observados para pupunhas *in natura*, das variedades microcarpa (6,09), mesocarpa (6,30) e macrocarpa (6,16) (PIRES *et al.*, 2019); e para a farinha da pupunha de casca verde cozida (6,08) (RIBEIRO *et al.*, 2021). Por outro lado, menores valores de pH foram reportados por Pires *et al.* (2019) (5,46-5,92), para farinhas de pupunha. Os valores de pH próximos a neutralidade indicam que tanto a polpa quanto a farinha da polpa da pupunha albina são produtos de baixa acidez ($pH > 4,5$) (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998) e estão em uma faixa de pH que favorece o crescimento e a atividade microbiana (GUAN *et al.*, 2021).

Para as polpas da pupunha albina crua e cozida, os níveis de pH (>6,1) e a_w (>0,98) são altamente favoráveis ao crescimento microbiano, enquanto para as farinhas da pupunha, embora

o $pH > 6,1$ seja favorável à atividade microbiana, a $a_w < 0,25$ (Tabela 5) é capaz de garantir a estabilidade microbiana e uma longa vida de prateleira ao produto, caso ele seja devidamente embalado.

A acidez total titulável (ATT) da polpa crua (8,96 g ác. cítrico/100 g) foi aproximadamente o dobro do valor observado na polpa cozida (4,48 g ác. cítrico/100 g). Esta redução na ATT pode ser atribuída à lixiviação de constituintes ácidos, durante a cocção (CHADWICK, 2006), que podem ser taninos e fitatos (MAMIRO *et al.*, 2017). O comportamento observado nas polpas não se manteve nas farinhas, uma vez que o ATT foi aproximadamente a mesma para as farinhas da polpa crua (21,32 g ác. cítrico/100 g) e cozida (23,45 g ác. cítrico/100 g). Se calculada em relação a matéria seca (MS), a ATT da polpa crua (23,0 ác. cítrico/100 g MS) se manteve na farinha da polpa crua (23,6 ác. cítrico/100 g MS), enquanto houve um aumento significativo da ATT da farinha da polpa cozida (24,9 ác. cítrico/100 g MS), em relação a polpa cozida (15,2 ác. cítrico/100 g MS). Este aumento pode ser atribuído a produção de constituintes ácidos na polpa cozida, durante a secagem a 55°C; o que não ocorreu na polpa crua.

Ainda considerando os valores da Tabela 5, os teores de SST apresentaram diferença significativa entre todas as amostras ($p < 0,05$), e o teor de SST na polpa crua (1,6 °Brix) foi menor do que na polpa cozida (2,2 °Brix); comportamento este que se manteve nas respectivas farinhas. Como o cozimento da pupunha foi realizado em água fervente, era esperado que houvesse a diminuição dos SST na polpa cozida e, conseqüentemente, na farinha da polpa cozida, devido à lixiviação dos sólidos solúveis (ANDERSON *et al.*, 2021).

Os sólidos solúveis compreendem componentes solúveis em água, como açúcares e proteínas; logo, esperava-se que os teores de SST fossem da mesma ordem de grandeza dos açúcares totais, o que não ocorreu. É provável que a forma de extração realizada não foi eficaz para avaliar o teor de SST nas amostras (extratos mais concentrados levam a melhor concentração de SST na solução) (KUSUMIYATI *et al.*, 2020).

5.3 PARÂMETROS DE COR

Os resultados de cor instrumental obtidos para a polpa e a farinha da pupunha albina crua e cozida estão apresentados na Tabela 6. A análise estatística mostrou que a polpa crua e a farinha da polpa crua apresentaram um padrão colorimétrico diferente da polpa cozida e da farinha da polpa cozida, respectivamente. Para todos os parâmetros colorimétricos houve diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$).

Tabela 6 – Parâmetros de cor instrumental para a polpa e a farinha da pupunha albina crua e cozida.

Parâmetro	Polpa		Farinha	
	Crua	Cozida	Crua	Cozida
L^*	76,52±4,78 ^a	70,37±1,26 ^b	80,23±2,2 ^a	72,03±1,61 ^b
a^*	-0,43±0,21 ^a	-1,59±0,37 ^b	-1,39±0,04 ^b	-0,47±0,12 ^a
b^*	+18,56±0,86 ^b	+25,88±0,67 ^a	+16,0±0,72 ^b	+24,93±1,66 ^a
h^o	91,35±0,75 ^b	93,50±0,73 ^a	94,92±0,02 ^a	90,94±0,27 ^b
C^*	18,57±0,86 ^b	25,93±0,69 ^a	15,17±0,1 ^c	24,93±1,64 ^a
IB	70,00±3,46 ^a	60,60±0,43 ^b	74,58±0,61 ^a	62,48±0,23 ^b

Valores médios de três replicatas ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença, com 95% de significância. IB: índice de brancura.

O cozimento provocou a diminuição da luminosidade (L^*) e do índice de brancura (IB) e o aumento dos parâmetros b^* (coloração amarela) e C^* (cromaticidade) da polpa e, conseqüentemente da farinha da polpa cozida, todos com significância estatística ($p < 0,05$). A diminuição de 10% no valor de IB na polpa cozida e de 12% na farinha da polpa cozida evidencia a susceptibilidade da polpa da pupunha albina ao escurecimento, durante o cozimento e a secagem a 55°C, o qual foi mais significativo para o cozimento. O escurecimento pode ser atribuído ao estresse oxidativo na fruta, devido principalmente à atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase (SUPAPVANICH, 2011), o que pode ser evitado com a inativação das enzimas (IOANNOU; GHOUL, 2013).

Segundo Rico *et al.* (2007), a aparência é um dos atributos mais observado pelo consumidor, na escolha de um alimento. Porém, entrevistados da região metropolitana de Belém afirmaram que a integridade do fruto é o atributo mais importante na escolha da pupunha (30%) (SANTOS *et al.*, 2021). Assim, para frutos de pupunha, o parâmetro cor pode não ser decisivo na escolha do produto, o que pode beneficiar o consumo da pupunha albina pela população, em uma situação de comercialização.

Na Figura 7 é possível observar a diferença na coloração das polpas crua (Figura 7A) e cozida (Figura 7B), o que corrobora com os valores colorimétricos apresentados na Tabela 6. Apesar do aspecto visual esbranquiçado da polpa crua (Figura 7A), o valor de b^* (18,56) indica a presença de pigmentos amarelos na polpa da pupunha albina *in natura*. Adicionalmente, ocorreu o aumento do valor de b^* na polpa cozida (25,88), indicando que o cozimento do fruto promoveu o aumento da concentração de pigmentos de coloração amarela na polpa. Estas tendências foram preservadas nas farinhas da polpa crua (Figura 7C) e cozida (Figura 7D). Os valores do parâmetro h^o ratificam a predominância da coloração amarela, tanto nas polpas

(91,35° – 93,50°), quanto nas farinhas (90,94° – 94,92°) da pupunha albina (McLELLAN; LIND; KIME, 1995).



Figura 7 – Coloração da pupunha albina: (A) polpa crua; (B) polpa cozida; (C) farinha crua; (D) farinha cozida.

No estudo de Da Costa *et al.* (2019), o valor do parâmetro L^* para a polpa dos frutos *in natura* da variedade microcarpa (72,93) foi da mesma ordem de grandeza observada para a polpa da pupunha albina (70,37). Por outro lado, os valores de a^* (+13,58) e b^* (+66,74) foram bem discrepantes dos valores observados para a polpa da pupunha albina. Os valores de L^* para as farinhas da polpa da pupunha albina foram semelhantes aos encontrados para as farinhas das variedades microcarpa, mesocarpa e macrocarpa de pupunha (72,93-81,61) (PIRES *et al.*, 2019); porém os valores de a^* e b^* foram semelhantes apenas aos valores reportados para a farinha do fruto da variedade macrocarpa (-1,12 e +27,59, respectivamente). Ribeiro *et al.* (2021) observaram valores de L^* (79,7) e a^* (-1,98), para farinha da polpa da pupunha de casca verde, próximos aos observados para a farinha da polpa da pupunha albina crua, porém um valor divergente foi observado para o parâmetro b^* (+34,2).

5.4 COMPOSTOS BIOATIVOS

Os teores de compostos bioativos na polpa e da farinha da pupunha albina crua e cozida são apresentados na Tabela 7. Foram observadas diferença estatísticas entre todas as amostras ($p < 0,05$), para todos os constituintes analisados, porém os compostos mais afetados pelo cozimento foram os compostos fenólicos totais (CFT) e o ácido ascórbico (vitamina C), possivelmente por serem hidrossolúveis.

Tabela 7 – Composição de compostos bioativos na polpa e farinha da pupunha albina crua e cozida.

Componente	Polpa		Farinha	
	Crua	Cozida	Crua	Cozida
Compostos fenólicos totais (mg EAG/100 g)	26,39±0,88 ^b	16,94±1,24 ^c	47,35±0,68 ^a	13,23±1,53 ^c
Flavonoides (mg quercetina/100 g)	7,52±0,03 ^a	3,0±0,08 ^b	2,14±0,12 ^c	2,03±<0,1 ^c
Ácido ascórbico (mg/100 g)	34,38±<0,1 ^a	20,83±1,47 ^b	7,14±<0,1 ^c	5,71±<0,1 ^c
Carotenoides totais (µg β-caroteno/100 g)	1,92±0,06 ^c	1,36±0,16 ^d	3,97±0,01 ^b	5,21±0,17 ^a

Valores médios de três replicatas ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença, com 95% de significância. EAG: Equivalentes de ácido gálico.

Foi observada uma redução de 36% no teor de CFT na polpa da pupunha cozida, o que pode ser atribuído a lixiviação destes compostos para a água de cozimento, mas, principalmente à temperatura de cozimento ($T > 100$ °C). Por outro lado, a remoção de água da polpa crua durante a secagem concentrou a quase o dobro o teor de CFT na farinha da polpa crua, enquanto entre a polpa cozida e a farinha da polpa cozida não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para CFT.

Rojas-Garbanjo *et al.* (2012) foram os primeiros a estudar o efeito do processamento sobre o teor de CFT da pupunha. Os autores encontraram na polpa cozida 70,0 mg EAG/100 g e na farinha da polpa cozida 63,0 mg EAG/100 g; valores estes bem maiores do que os observados na polpa cozida (16,94 mg EAG/100 g) e na farinha da polpa cozida (13,23 mg EAG/100 g), da pupunha albina. Outros autores avaliaram também o teor de CFT em polpas de diferentes variedades de pupunhas e encontraram valores de 65,7 mg EAG/100 g (CONTRERAS-CALDERÓN *et al.*, 2011), 38,5 mg EAG/100 g (DOS SANTOS *et al.*, 2015) e 30,3 mg EAG/100 g (ROJAS-GARBANJO *et al.*, 2016); os quais foram também superiores aos observados na polpa da pupunha albina.

Chisté *et al.* (2021) observaram um perfil de fenólicos semelhante para a polpa cozida de pupunhas amarelas e laranjas, sendo os constituintes majoritários o schaftosídeo e a vicenina-2. Portanto, os resultados indicam que a pupunha albina apresenta menor teor de CFT, quando

comparada com outras variedades de pupunha, o que pode ser atribuído a menor produção desses metabólitos secundários pela pupunha albina; bem como à variedade, a espécie, ao estágio de maturação, as condições de colheita, ao armazenamento e ao local de cultivo (HAMINIUK *et al.*, 2012). Pesquisas devem ser realizadas afim de observar modificações no perfil de CFT da pupunha albina, em função das condições de processamento.

Os flavonoides, compostos inseridos no grupo dos compostos fenólicos, foram também quantificados (Tabela 7). Os flavonoides totais da polpa da pupunha albina apresentaram comportamento semelhante ao CFT frente ao cozimento, sendo observada uma redução de 60% destes compostos na polpa cozida, o que pode ser também atribuído à lixiviação e a temperatura de cozimento (>100 °C). Por outro lado, não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) para o teor de flavonoides nas duas farinhas. Por ser a farinha um produto com umidade bem inferior à polpa (Tabela 5), os menores teores de flavonoides observados nas farinhas indicam que a secagem a 55 °C provocou uma degradação altamente significativa dos flavonoides. Armesto *et al.* (2019) observaram que o cozimento sob pressão provocou uma maior perda de flavonoides, quando comparado com o cozimento a vapor e à vácuo. Os autores atribuíram o comportamento observado a uma menor perda por lixiviação, nas duas últimas condições de cozimento.

O ácido ascórbico (AA) apresentou o mesmo comportamento observado para os flavonoides, com diferença significativa entre as polpas ($p < 0,05$) e redução de 39% na polpa cozida, enquanto as duas farinhas apresentaram teores de AA estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Porém, o teor de AA nas farinhas foi aproximadamente quatro vezes menor do que o observado nas respectivas polpas, o que permite afirmar que a condição de secagem provocou uma redução altamente significativa no teor de AA. Durante o cozimento a perda do AA é atribuída à lixiviação e à temperatura utilizada (>100 °C), enquanto durante a secagem, além da temperatura, o tempo de exposição do produto ao ar ambiente podem ser os responsáveis pela degradação do AA.

O teor de AA encontrado por Contreras-Calderon *et al.* (2011), na polpa de pupunha *in natura* (33,7 mg/100 g) foi semelhante ao valor observado na polpa da pupunha albina crua (34,38 mg/100 g). Ramful *et al.* (2011) propuseram uma classificação para frutas cítricas, de acordo com o teor de vitamina C, sendo: baixo teor de vitamina C (<30 mg/100g), teor médio de vitamina C (30-50 mg/100g) e alto teor de vitamina C (>50mg/100g). Embora não seja uma fruta cítrica, de acordo com esta classificação, a polpa da pupunha albina crua apresenta uma concentração mediana de vitamina C, enquanto na polpa cozida a concentração foi baixa.

Para os carotenoides foi observada diferença estatisticamente significativa entre as quatro amostras ($p < 0,05$), em que o cozimento provocou uma redução de 30% no teor de carotenoides totais da polpa, o que é também atribuído à lixiviação e a degradação destes compostos na temperatura de cozimento ($>100^{\circ}\text{C}$). Por outro lado, a farinha da pupunha cozida apresentou um teor de carotenoides totais 31% superior ao observado na farinha da polpa crua, indicando que a degradação de carotenoides foi mais expressiva durante a secagem da polpa crua. Jatunov *et al.* (2010) observaram que o cozimento de pupunhas originárias de vários países, em água fervente, provocou a isomerização do β -caroteno da forma *E* para a forma *Z*. Segundo Miglio *et al.* (2008), a fervura tem efeito na liberação de carotenoides da matriz vegetal, devido a uma ruptura térmica do complexo proteína-carotenoide, o que pode aumentar ou diminuir a concentração de alguns carotenoides.

A disponibilidade de carotenoides está diretamente relacionada com a coloração do fruto, o local e a condições de plantio, o tratamento aplicado, o teor e o tipo de fibras e a interação entre diferentes carotenoides (BASTO *et al.*, 2016; ROJAS-GARBANJO *et al.*, 2012). Como já era esperado, a polpa da pupunha albina é categorizada como uma baixa fonte de carotenoides, conforme classificação proposta por Britton e Khachik (2009), o que foi ratificado pelo teor de carotenoides (β -caroteno) da polpa de pupunha albina inferior aos reportados para polpas de pupunhas de diferentes colorações: 2,51 e 13,48 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, polpa amarela e vermelha, respectivamente (BASTO *et al.*, 2016); e 16,5 e 19,4 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, respectivamente para polpa crua e cozida (ROJAS-GARBANJO *et al.*, 2012). Outras pesquisas reportam teores de carotenoides totais em frutos com polpa de coloração branca, como a banana (17,28 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) (AQUINO *et al.*, 2018), a nêspera (15,82 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) (FARINA *et al.*, 2020) e o pêssago branco ($\approx 53,93\text{ }\mu\text{g}/100\text{ g}$) (SEGANTINI *et al.*, 2012). Estes valores mostram que a pupunha albina estudada apresentou teores de carotenoides inferiores aos encontrados em outras frutas de polpa branca.

5.5 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA E DIFERENCIAL

Os comportamentos termogravimétricos e diferenciais apresentados pela polpa crua e cozida da pupunha albina (Figuras 8A e 8B) e pelas farinhas das respectivas polpas (Figuras 8C e 8D), mostram as curvas em função da progressiva elevação da temperatura, com comportamentos referentes à estabilidade térmica, a respectiva derivada e o padrão diferencial.

As curvas termogravimétricas (TG) apresentadas pelas polpas crua e cozida mostram a perda de massa, quando submetidas a elevação progressiva de temperatura e, em destaque a primeira derivada (DTG) (Figuras 8A e 8B). O primeiro evento é representado por um pico

discreto, em que há perda de massa inicial, em aproximadamente 100°C. O segundo evento apresenta o pico de maior intensidade para ambas as amostras, com início da perda de massa na temperatura de 250°C e a perda máxima em 300°C. O padrão de degradação de massa observado, na faixa de temperatura do segundo evento, pode estar relacionado com a degradação das ligações O-H da glicose (ligações glicosídicas), unidade formadora dos polímeros do amido (amilose e amilopectina) (FELISBERTO *et al.*, 2020; MELO NETO *et al.*, 2017a; 2017b). Este comportamento foi similar ao observado para o amido nativo de pupunha, que apresentou uma faixa de destaque de degradação em 251,7°C e máxima degradação em 320°C (MELO NETO *et al.*, 2017a).

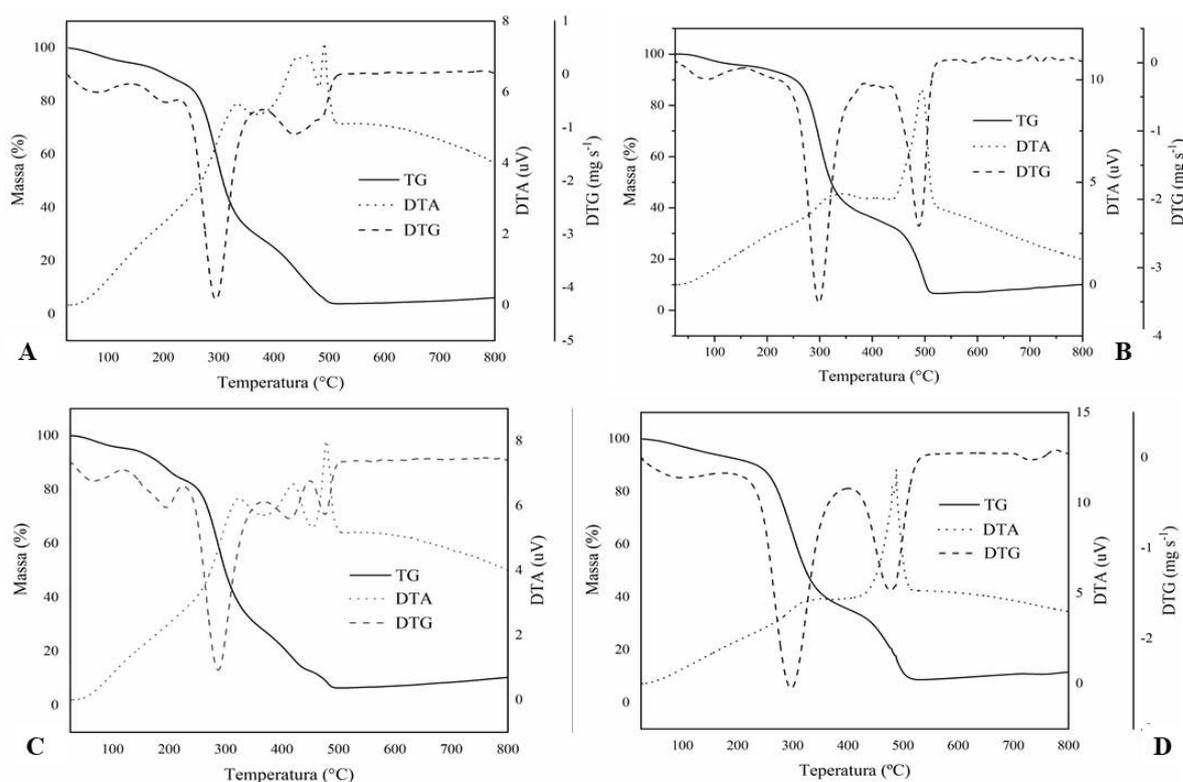


Figura 8 – Comportamento termogravimétrico diferencial da pupunha albina. (A) polpa crua; (B) polpa cozida; (C) farinha da polpa crua e (D) farinha da polpa cozida.

Diferenças com maiores destaques podem ser notadas nas curvas DTG (primeira derivada) na polpa cozida, em relação à polpa crua. A polpa cozida apresentou um segundo pico de maior intensidade na faixa entre 450°C e 500°C, o qual pode ser atribuído à oxidação de compostos carbônicos e de elementos inorgânicos (minerais), possivelmente presentes em maior quantidade nesta amostra.

Nas curvas termogravimétricas diferenciais (DTA) das polpas crua e cozida foram observados dois picos exotérmicos: o primeiro em aproximadamente 300°C e o segundo, de

maior intensidade, em aproximadamente 500°C. Ambos os picos estão relacionados com a liberação de energia, nas mesmas regiões dos principais decaimentos de massa da curva TG/DTG. Os picos exotérmicos observados para a polpa crua estão relacionados com a liberação de energia decorrente de sucessivas degradações e oxidações de macronutrientes de base orgânica (proteínas, carboidratos, lipídios e fibras) e inorgânicas (macro e microminerais). Para a polpa cozida, por sua vez, o pico exotérmico, de maior intensidade pode ser atribuído à liberação de energia proveniente da carbonização (500°C) de macro e microminerais, uma vez que esta amostra passou por processo hidrotérmico, o qual é capaz de promover a gelatinização e a desestruturação do amido, a desnaturação proteica e a oxidação de lipídios (LINDEBOOM; CHANG; TYLER, 2004).

As farinhas de pupunha albina crua e cozida apresentaram perdas de massa (TG) quando submetidas a elevação progressiva de temperatura, visualizada em destaque na primeira derivada (DTG) (Figuras 8C e 8D). Inicialmente, foi observada a perda de água, em aproximadamente 100°C, seguida de sucessivas reduções de massa, com um evento de maior intensidade em aproximadamente 300°C; observado para ambas as farinhas. Este comportamento foi semelhante ao observado para as respectivas polpas crua (Figura 8A) e cozida (Figura 8B). O evento a 300°C pode ser atribuído à presença de considerável quantidade de amido na polpa da pupunha albina, uma vez que comportamento semelhante foi observado para amidos nativos de pupunhas vermelha (MELO NETO *et al.*, 2017a; 2017b), amarela (PIRES *et al.*, 2021), laranja (FELISBERTO *et al.*, 2020) e verde (TORRES-VARGA *et al.*, 2021).

As diferenças observadas a partir de 300°C podem ser melhor visualizadas nas curvas DTG das duas farinhas da pupunha albina. A farinha da polpa crua apresentou picos sucessivos de menor intensidade na faixa de temperatura entre 350°C e 500°C (Figura 8C), os quais podem ser atribuídos à oxidação de compostos carbônicos (proteínas, carboidratos, lipídios e fibras) e de elementos inorgânicos (minerais), presentes de forma mais intacta nesta amostra. Para a farinha da polpa cozida, por sua vez, só foi observado um pico de maior intensidade em aproximadamente 500°C, após o pico a 300°C (Figura 8D), o qual pode ser atribuído à oxidação de compostos inorgânicos (minerais). Os picos de menor intensidade observados para a farinha da pupunha crua não foram evidenciados na farinha da polpa cozida, uma vez que o processamento hidrotérmico (cozimento) foi capaz de promover a gelatinização e a desestruturação do amido, a desnaturação proteica e a oxidação dos lipídios (LINDEBOOM; CHANG; TYLER, 2004); conforme mencionado anteriormente.

Nas curvas termogravimétricas diferenciais (DTA) são observados sucessivos picos exotérmicos na região entre 300°C e 500°C, para a farinha da polpa crua, e apenas um pico de maior intensidade a 500°C foi observado para a farinha da polpa cozida. Estes eventos correspondem a liberação de energia na mesma região dos principais decaimentos de massa da curva TG/DTG. Os eventos estão relacionados com a oxidação de macro e micronutrientes, sendo que o pico exotérmico a 500°C está relacionado com um decaimento de massa expresso na curva TG, que representa a perda de massa final (Figura 8D).

Os comportamentos termogravimétricos diferenciais apresentados pelas polpa e farinhas da polpa da pupunha albina, crua e cozida, permitem afirmar que o tratamento hidrotérmico, ao qual foram submetidos os frutos (cozimento com água em alta temperatura e pressão), alterou o perfil termogravimétrico diferencial da polpa cozida. Por outro lado, em relação à secagem, só foram observadas alterações no perfil termogravimétrico diferencial da farinha obtida com a polpa crua. Adicionalmente, os perfis termogravimétricos diferenciais das polpas e das farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida, permitem afirmar que todos os produtos são estáveis à elevação progressiva da temperatura, uma vez que eles só estão passíveis de degradações e a perdas de massa relevantes, em temperaturas superiores as usualmente empregadas em operações que envolvem a temperatura, na indústria de alimentos.

Com base nos resultados termogravimétricos diferenciais, as farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida, podem ser utilizadas na formulação de produtos alimentícios, para os quais já foram utilizadas as farinhas de outras variedades de pupunha, como: na elaboração de produtos tipo cookies (RIBEIRO *et al.*, 2021), em produtos embutidos (PINZÓN-ZÁRATE; HLEAP-ZAPATA; ORDÓÑEZ-SANTOS, 2015), na elaboração de emulsão do tipo maionese (MESQUITA *et al.*, 2020); bem como material de parede, em processo de microencapsulação (LEI *et al.*, 2018; SHARMA; BORAH, 2021).

5.6 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO

A Figura 9 mostra a espectroscopia no infravermelho com transformação de Fourier (FTIR), para as polpas e as farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida. Os padrões espectrais apresentados no intervalo de frequência e os principais grupos de compostos orgânicos mostram um comportamento que evidencia a presença de picos entre 3350 e 1055 cm^{-1} para a polpa crua (Figura 9A); entre 3350 e 997 cm^{-1} para a polpa cozida (Figura 9B); entre 3375 e 1018 cm^{-1} para a farinha da polpa crua (Figura 9C); e picos entre 3415 e 1010 cm^{-1} para a farinha da polpa cozida (Figura 9D).

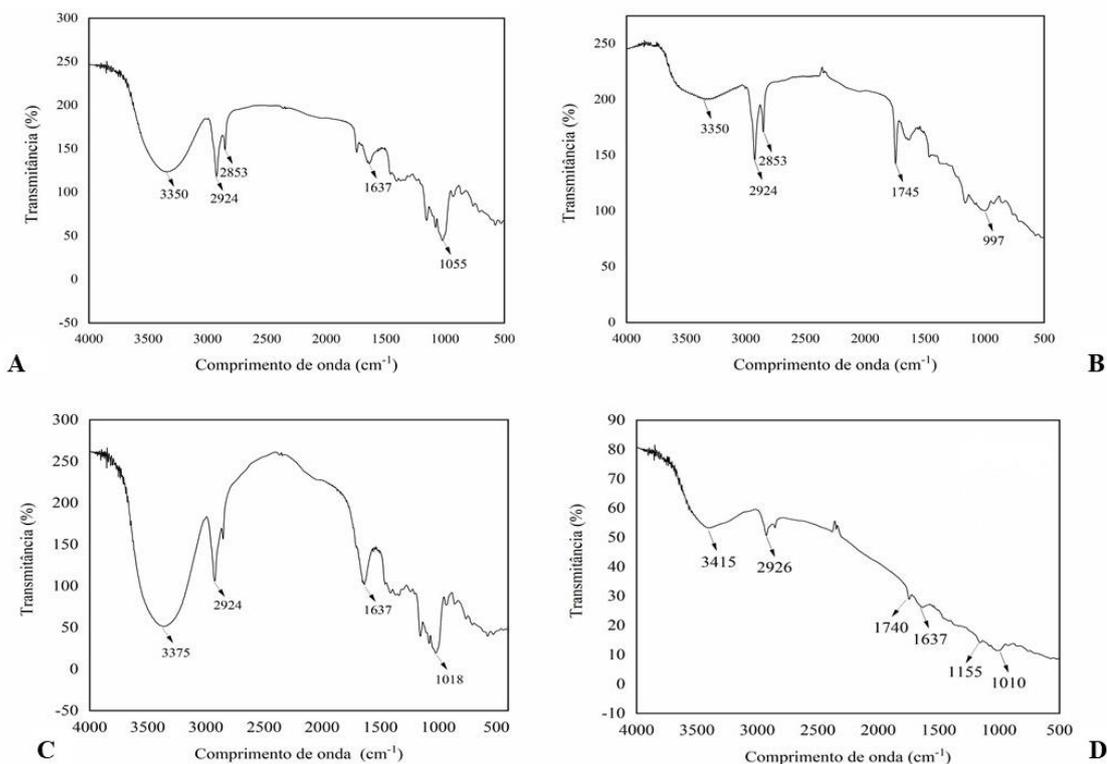


Figura 9 – FTIR da pupunha albina. (A) polpa crua; (B) polpa cozida; (C) farinha da polpa crua; (D) farinha da polpa cozida.

Os espectros das polpas crua (Figura 9A) e cozida (Figura 9B) exibiram um pico de largura média e de média absorção em 3350 cm^{-1} , enquanto que a farinha da polpa crua apresentou uma banda larga e de média absorção a 3375 cm^{-1} . Esta faixa de banda (3350 e 3375 cm^{-1}) é característica de ligações de hidrogênio, com a presença de O–H dos grupos hidroxilas (PAVIA *et al.*, 2010), frequentes nas unidades de D-glicose e suas ligações glicosídicas, sendo unidades formadoras das estruturas de amidos, frequentes em diferentes fontes vegetais (LINDEBOOM; CHANG; TYLER, 2004).

Por outro lado, a farinha da polpa cozida apresentou um pico a 3415 cm^{-1} , característico do estiramento de aminas e amidas primárias e secundárias (N–H) (PAVIA *et al.*, 2010). Com exceção da polpa cozida, todas as amostras apresentam pico de forte absorção a 1637 cm^{-1} , com maior intensidade para a farinha da polpa crua. Esse pico também representa a presença de banda de amida primária (C=O de alongamento primário), enquanto que a amida secundária é representada pela banda a 1155 cm^{-1} , as quais estão presentes na composição de proteínas (RAI; BIKASH; RAVINDRA, 2016; ELZEY; POLLARD; LEONARDI, 2016). Estes resultados são condizentes com o menor teor de proteínas observado na polpa cozida, em relação à polpa crua;

e com o maior teor de proteínas na farinha da polpa cozida, comparado com a farinha da polpa crua (Tabela 5).

Picos em 1637 e 1155 cm^{-1} foram observados por Torres-Vargas *et al.* (2021), para farinhas de pupunha, os quais foram associados aos ácidos palmítico, oleico e esteárico. Algumas pesquisas reportam o perfil de ácidos graxos para óleos extraídos de diferentes espécies de pupunha, com predominância para grupos funcionais da família ômega (ω -3, ω -6 e ω -9) (ARAÚJO *et al.*, 2021; MARTINEZ, MORENO-CAICEDO, LOAIZA-LOAIZA, 2021; SANTOS *et al.*, 2020a). Logo, as amostras de pupunha albina podem ter esses componentes funcionais (ácidos graxos) em sua composição.

As quatro amostras apresentam picos de média e fraca absorção entre 2926 e 2853 cm^{-1} , que correspondem ao estiramento de alcanos ($-\text{CH}_3$) (PAVIA *et al.*, 2010) e ao alongamento dos grupos C–O glicosídicos relacionados com as ligações das unidades formadoras de amidos (moléculas de D-glicose) (RAI; BIKASH; RAVINDRA, 2016; LEI *et al.*, 2018). Picos nesta faixa foram observados nos espectros de farinhas de pupunha das variedades microcarpa, mesocarpa e macrocarpa; das variedades vermelha e amarela (PIRES *et al.*, 2019) e para amidos nativos de pupunha (MELO NETO *et al.*, 2017a).

As absorções em 1745 e 1740 cm^{-1} , observadas para a polpa cozida e a farinha da polpa cozida, respectivamente, são características de ésteres carbonílicos presentes em grupos funcionais como cetonas e aldeídos, de forte absorção, com estiramento C=O (PAVIA *et al.*, 2010). Esses picos também são característicos de grupos esterificados e não esterificados em pectinas. Nesta mesma região espectral, podem ser encontradas bandas relacionadas com amidas primárias e secundárias, associadas às proteínas, como o pico a 1637 cm^{-1} .

As bandas nas faixas de absorção de 1055 cm^{-1} para a polpa crua e de 997 cm^{-1} para a polpa cozida são características de álcoois, ésteres, éteres e ácidos carboxílicos. A menor banda em 997 cm^{-1} pode ainda estar relacionada com a sequência de cadeias alifáticas e de anéis aromáticos de ácidos graxos presente na polpa cozida (RAI; BIKASH; RAVINDRA, 2016; ELZEY; POLLARD; FAKAYODE, 2016; SANTOS *et al.*, 2020a). Estes picos foram também observados por Pires *et al.* (2019) para farinhas e por Melo Neto *et al.* (2017a) para amidos nativos, de outras variedades de pupunha.

Bandas em menores comprimentos de onda foram observadas para a farinha da polpa crua (1018 cm^{-1}) e para a farinha da polpa cozida (1010 cm^{-1}). Estas bandas são também características da sequência de cadeias alifáticas e anéis aromáticos de ácidos graxos (RAI; BIKASH; RAVINDRA, 2016; ELZEY; POLLARD; FAKAYODE, 2016). Essas bandas foram

também observadas para farinhas de pupunha das variedades microcarpa, mesocarpa e macrocarpa (PIRES *et al.*, 2019).

A interação das ligações de hidrogênio da água com as ligações glicosídicas (α 1-4 e α 1-6), das unidades formadoras de amidos (unidades D-glicose) podem provocar alterações nas cadeias linear (amilose) e ramificada (amilopectina) do amido, promovendo mudanças estruturais e funcionais, atribuídas à gelificação, a formação de pasta e a retrogradação do amido (MELO NETO *et al.*, 2015; 2017a; VALENCIA *et al.*, 2015). A estas modificações podem ser atribuídas as diferenças observadas nos espectros de FTIR da polpa cozida e da farinha da polpa cozida.

5.7 MORFOLOGIA DAS POLPAS E FARINHAS

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi utilizada para avaliar a estrutura morfológica da polpa da pupunha albina *in natura* (crua), bem como da polpa cozida e das farinhas da polpa crua e cozida. O objetivo foi avaliar se o processo hidrotérmico (cozimento em água a elevadas temperatura e pressão) aplicado à pupunha, e a secagem da polpa a 55°C para a obtenção das farinhas promoveram modificações nas estruturas morfológicas da polpa cozida e nas duas farinhas. Neste sentido, eletromicrografias para a polpa da pupunha albina crua são apresentadas na Figura 10.

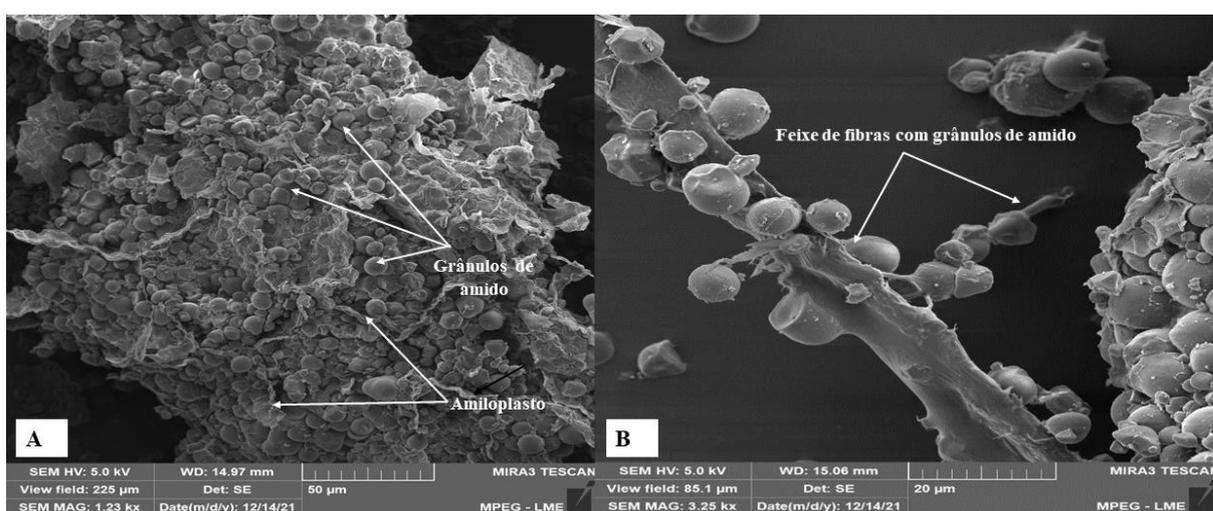


Figura 10 – Eletromicrografias da polpa da pupunha albina crua. (A) resolução 1.23kx e (B) resolução 3.25kx.

A Figura 10A apresenta uma visão geral de um amiloplasto da pupunha, destacando os plastos ou amiloplastos, que são organelas não pigmentadas especializadas em sintetizar o amido, via polimerização de moléculas de glicose, estocando-as sob a forma de grânulos de

amido (amilíferos) (RICHARDSON; GORTON, 2003). A presença de estruturas fibrosas em feixes, com grânulos de amidos acoplados (Figura 10B) podem indicar outras funções além da energética, pois amidos que participam deste tipo de junção são considerados resistentes, e exercem funções similares a das fibras (KOKSEL et al., 2008). Assim, parte dos amidos acoplados aos feixes de fibras, pode não ser digerido pela ação de enzimas no intestino delgado, o que pode promover efeitos benéficos ao organismo humano, como a aceleração do processo de digestão, o aumento da saciedade e a consequente perda de peso (JEFFERSON; ADOSLPHUS 2019; TOSH; BORDENAVE, 2020).

As estruturas morfológicas visualizadas na polpa cozida (Figura 11) sofreram modificações, quando comparadas com a polpa crua. A Figura 11A indica que durante o processo hidrotérmico (cocção), o binômio água–calor promoveu a “expulsão” dos grânulos de amido do interior dos amiloplastos, o que resultou na destruição das membranas e na desestruturação dos amiloplastos. A destruição da arquitetura do parênquima induziu não apenas a saída dos grânulos de amido do interior dos amiloplastos, mas também a formação de estruturas residuais nas membranas, similares a estruturas esponjosas (Figura 11B).



Figura 11 – Eletromicrografias da polpa da pupunha albina cozida. (A) resolução 11.1kx; (B) resolução 23.1kx; (C) Resolução 3.69kx.

Na Figura 11C é possível observar que ocorreu um intenso processo de desestruturação da arquitetura do parênquima devido as rupturas dos amiloplastos, o que é atribuído à gelatinização do amido e a um provável efeito de retrogradação (LINDEBOOM; CHANG; TYLER, 2004). Ocorreu a perda de compartimentalização das estruturas, resultando no empilhamento de placas com membranas rugosas e algumas placas lisas. Torres-Vargas *et al.* (2021) observaram que o cozimento da pupunha verde, em autoclave, não interferiu nas estruturas dos amidos, pois os grânulos mantiveram os formatos poliédricos e esféricos, após o cozimento.

As estruturas morfológicas das farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida são apresentadas nas Figuras 12 e 13, respectivamente. A Figura 12 apresenta em destaque a presença de um amiloplasto contendo múltiplos grânulos de amido heterogêneos, com diferentes tamanhos (diâmetros entre 2,18 e 7,83 μm) e formas variadas (oval e esférica), semelhante aos resultados encontrados para outra variedade de pupunha (FELISBERTO *et al.*, 2020). Os grânulos de amido da pupunha albina podem ser classificados como pequenos (5-10 μm), de acordo com a classificação sugerido por Lindeboom, Chang e Tyler (2004), que considera ainda grânulos grandes (>25 μm), grânulos médios (10-25 μm) e grânulos muito pequeno (<5 μm). A detecção de amiloplastos de forma isolada pode ser atribuída ainda a destruição parcial de membranas, durante a operação de trituração da polpa seca, para a obtenção da farinha. Por outro lado, a manutenção da estrutura morfológica dos grânulos de amido permite afirmar que a secagem (55°C) não impactou na integridade destes.

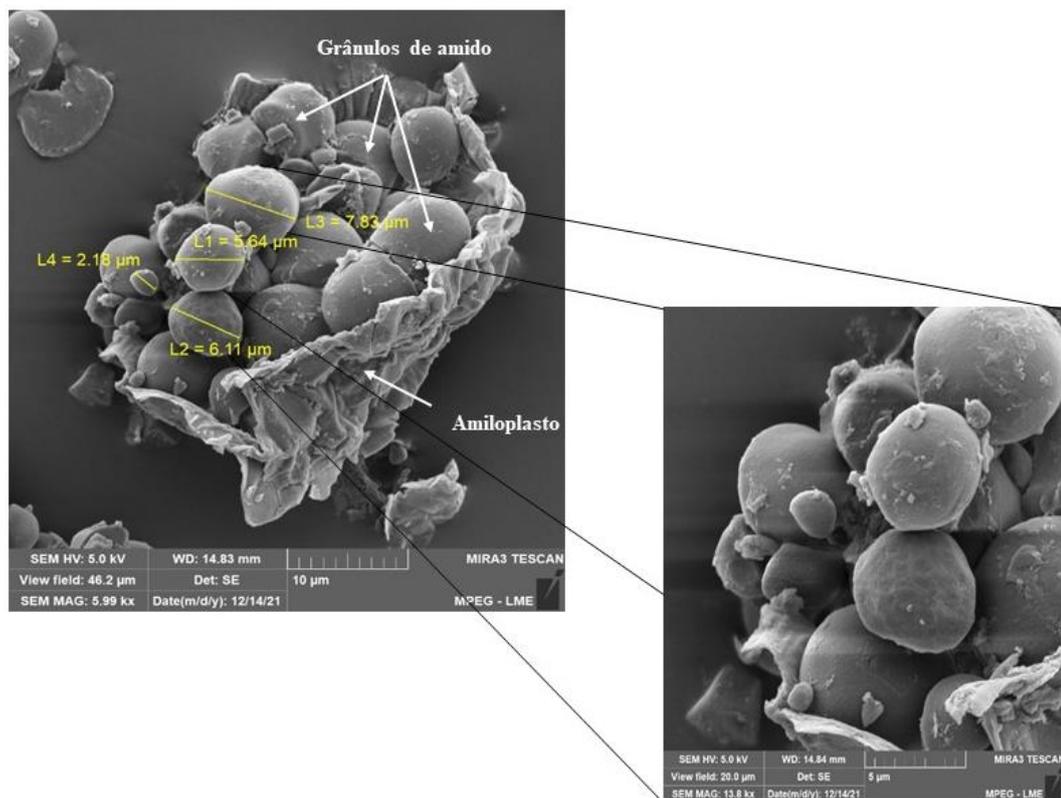


Figura 12 – Eletromicrografias da farinha da polpa da pupunha albina crua. (A) resolução 5.99kx e (B) resolução 13.8kx.

Os grânulos de amido da farinha da polpa da pupunha albina crua apresentaram superfície lisa, com raras circunvoluções e não apresentaram fraturas (Figura 12). Valencia *et al.* (2015) observaram grânulos de amidos de maiores dimensões (diâmetro de 5,2 a 12,5 μm) na farinha de pupunha da variedade vermelha, enquanto Melo Neto *et al.* (2017b) reportaram

diâmetros da mesma ordem de grandeza (1,6 a 8,5 μm), para os grânulos de amido de espécies de pupunha vermelha. O conhecimento das estruturas do amido e do tamanho dos grânulos têm especial relevância para aplicações em alimentos, pois estas propriedades podem interferir na digestão após o cozimento (superfície de contato), na retenção de água, bem como na definição da aplicação do amido como agente encapsulante (ALDANA *et al.*, 2011; MELO-NETO *et al.*, 2017b).

Eletromicrografias para a farinha da polpa da pupunha albina cozida são apresentadas na Figura 13. De maneira geral, os aspectos morfológicos dos grânulos de amido desta farinha foram semelhantes aos observados para os grânulos de amido da polpa cozida (Figura 11), o que ratifica que as principais alterações morfológicas observadas, tanto na polpa cozida quanto na farinha da polpa cozida, são atribuídas ao processo hidrotérmico utilizado na cocção, o qual promoveu a gelatinização dos grânulos de amido. Resultados divergentes foram obtidos por Torres-Vargas *et al.*, 2021), os quais observaram que as farinhas da pupunha verde, crua e cozida (autoclave a 121°C por 1 hora), apresentaram a mesma arquitetura para os grânulos de amido, sendo observada apenas a desestruturação das membranas dos amiloplastos.

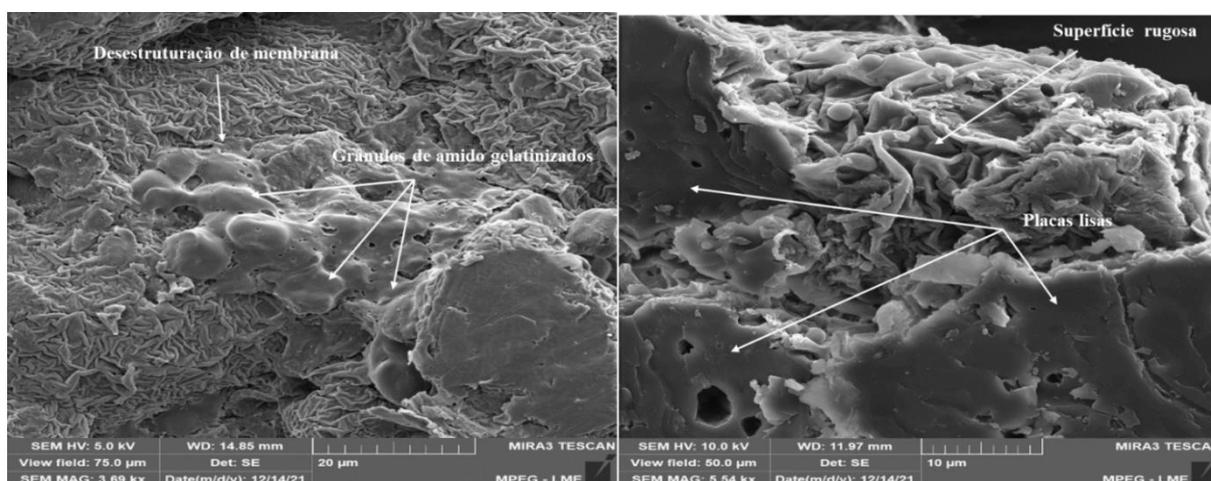


Figura 13 – Eletromicrografias da farinha da polpa da pupunha albina cozida. (A) resolução 3.69kx e (B) resolução 5.54kx.

5.8 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DAS FARINHAS

Os resultados da distribuição do tamanho de partículas para as farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida são apresentados na Figura 14. Não há legislação brasileira específica para granulometria de farinha de pupunha, todavia, o regulamento vigente para farinha de trigo preconiza que “95% do produto deve passar pela peneira com abertura de malha de 250 μm ” para ser considerado tipo 1 ou tipo 2 (BRASIL, 2005c). Uma vez que, apenas 4,5%

da farinha polpa crua e 7,9% da farinha de polpa cozida passaram na malha de 250 μm , nenhuma das farinhas se enquadra no critério de classificação proposto pela legislação.

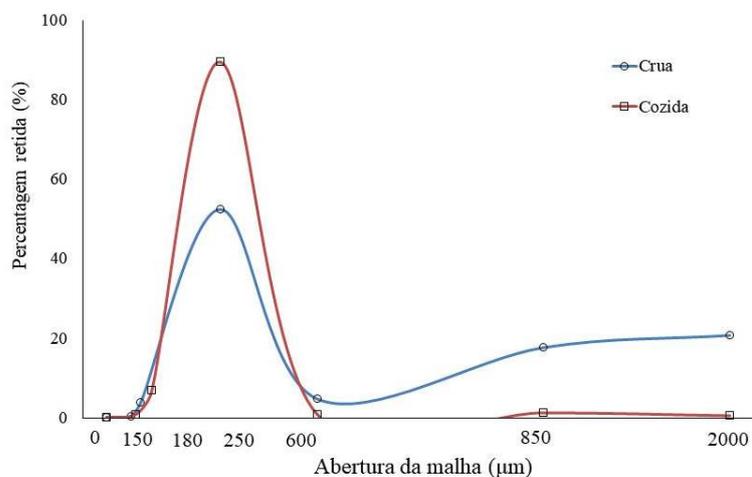


Figura 14 – Distribuição granulométrica para as farinhas de pupunha albina crua e cozida.

As duas farinhas apresentaram distribuições granulométricas semelhantes, sendo que a maior retenção para as duas farinhas ocorreu na peneira de Mesh 60 (abertura de 250 μm). Por sua vez, enquanto 89,4% da farinha da polpa cozida ficou retida nesta peneira, para a farinha da polpa crua a retenção foi de apenas 52,4%. Da porção residual, por sua vez, a maior quantidade da farinha da polpa crua apresentou tamanho médio de partícula maior do que 250 μm (43%), enquanto a maior quantidade da farinha da polpa cozida apresentou tamanho médio de partícula menor do que 250 μm ($\approx 8\%$).

Como as condições utilizadas na secagem das polpas crua e cozida e na moagem das polpas secas foram as mesmas, as distribuições granulométricas permitem afirmar que o processo hidrotérmico utilizado na cocção da pupunha provocou o enfraquecimento de estruturas moleculares constituintes da polpa da pupunha albina, tornando a polpa cozida seca menos resistente à moagem, o que levou a obtenção de uma farinha com menor tamanho de partículas. Isto corrobora com a desestruturação das membranas dos amiloplastos observada na MEV da farinha cozida (Figura 13).

Apesar das diferenças observadas para as distribuições granulométricas das duas farinhas, a existência de um único pico com a mesma amplitude para ambas as farinhas e grande intensidade indica que as duas farinhas apresentaram granulometria uniforme. Porém, por apresentar um pico de maior intensidade, a farinha da polpa cozida mostrou uma maior uniformidade granulométrica. Segundo Silva *et al.* (2009), a uniformidade da granulometria

está intimamente ligada com a qualidade de uma farinha. Produtos obtidos com farinhas mais uniformes apresentam maior aceitação sensorial, pois a granulometria da farinha interfere na textura, no sabor e na aparência do produto final.

5.9 PROPRIEDADES FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS

Foram realizadas análises quanto aos aspectos funcionais tecnológicos das farinhas da pupunha albina crua e cozida, para que possam ser utilizados como referência na definição de aplicações industriais para as farinhas. Os resultados são apresentados na Tabela 8. O índice de solubilidade em água (ISA), o índice de absorção de água (IAA) e a capacidade de absorção de óleo (CAO) foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) entre as amostras. Os resultados obtidos indicam, que o processo hidrotérmico utilizado na cocção da pupunha provocou alterações relevantes nas estruturas dos constituintes da polpa, reduzindo o número de constituintes solúveis em água e com afinidade pelo óleo, e aumentando o número de constituintes com afinidade por moléculas de água.

Tabela 8 – Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida.

Propriedade	Farinha da pupunha albina	
	Crua	Cozida
ISA (%)	26,57±0,0 ^a	18,05±1,84 ^b
IAA (g/g)	1,49±0,04 ^b	2,05±0,08 ^a
CAO (g/g)	1,04±0,04 ^a	0,89±0,03 ^b
CFE (%)	11,11±2,24	SR
EE	SR	SR

Valores médios de três replicatas ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha representam diferença com 95% de significância, segundo o teste t de Student. ISA: índice de solubilidade em água; IAA: índice de absorção de água; CAO: capacidade de absorção de óleo; CFE: capacidade de formação de espuma; EE: estabilidade de espuma; SR: sem resposta para o método.

Os resultados permitem afirmar que a cocção promoveu um aumento do número de constituintes hidrofílicos (com afinidade pela água) e uma redução no número de constituinte hidrofóbicos (com afinidade pelo óleo) na polpa da pupunha albina, o que justifica um aumento do IAA e a redução do CAO na farinha da polpa cozida. Finalmente, apenas a farinha da polpa crua apresentou capacidade de formação de espuma (CFE), o que indica que o cozimento aplicado eliminou os compostos com capacidade de formação de espuma da polpa.

Segundo Zhou, Reddy e Xu (2021), o ISA de matrizes amiláceos está relacionado com a presença de amido e de proteínas solúveis em água, após a cocção. O cozimento promove danos aos grânulos de amido e, conseqüentemente, o aumento do ISA (HATAMIAN *et al.*, 2020). O fato deste comportamento não ter sido observado para a polpa da pupunha albina, nas

condições estudadas, pode ser atribuído à lixiviação dos constituintes hidrossolúveis da polpa da pupunha albina, pela água de cocção, durante o cozimento.

Silva *et al.* (2009) constataram que farinhas com tamanho de partículas menores absorvem mais água do que farinhas com maiores tamanhos de partículas, o que está de acordo com os resultados do presente trabalho, no qual a farinha da polpa cozida, que apresentou menos tamanho de partículas (Figura 16), foi a que apresentou o maior IAA. Adicionalmente, o maior IAA para a farinha da polpa cozida indica que com o processo hidrotérmico de cozimento o amido foi mais danificado; o que pode ser ratificado pela MEV (Figura 13); e foi convertido em moléculas com menor peso molecular (dextrinas), que apresentam uma maior capacidade de absorver água (HATAMIAN *et al.*, 2020). Além disso, segundo Lin *et al.* (2020), menores teores de carboidratos e maiores teores de proteínas e de gordura restringem também a absorção de água. De fato, a farinha da polpa crua apresentou o maior teor de lipídios (Tabela 4).

Quanto ao aspecto sensorial, um elevado valor de CAO geralmente intensifica o sabor dos alimentos e melhora a palatabilidade, em especial dos produtos de panificação (KAUSHAL *et al.*, 2012). Neste contexto, entre as duas farinhas analisadas, a farinha da polpa da pupunha albina crua seria a mais viável para ser utilizada na panificação. Pesquisas têm demonstrado a aplicação de farinhas de diferentes variedades de pupunha, em formulações de alimentos; principalmente produtos da panificação. A farinha de pupunha foi importante na definição do sabor, da consistência e na vida útil de pão (AZIZI *et al.*, 2012); na obtenção de cereal extrusado (DOS SANTOS *et al.*, 2016) e para aumentar o teor de carotenoides em bolo (MARTÍNEZ-GIRON; FIGUEROA-MOLANO; ORDÓÑEZ-SANTOS, 2016; 2017).

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados do estudo, os frutos da pupunha albina apresentam uma semente, mas ocorrem alguns frutos partenocárpicos (sem semente); ambos constituídos majoritariamente pela polpa. Estes frutos podem ser considerados como da variedade microcarpa, e apresentaram pouca variabilidade para as propriedades biométricas massa, comprimento e diâmetro.

O cozimento hidrotérmico sob pressão ($>100^{\circ}\text{C}$) promoveu a lixiviação de açúcares, proteínas, lipídios e carboidratos da polpa da pupunha albina, para a água de cozimento, e as polpas e as farinhas das polpas da pupunha albina crua e cozida mostraram ser fontes baixa e mediana de proteínas, respectivamente.

Os parâmetros de cor instrumental indicaram que o tratamento hidrotérmico (cozimento) promoveu mudanças significativas nos padrões de cor da polpa da pupunha albina, o que não foi observado para a secagem a 55°C . Adicionalmente, o cozimento reduziu a concentração de compostos bioativos (carotenoides, flavonoides e ácido ascórbico) da polpa da pupunha albina; enquanto a secagem provocou a degradação de flavonoides e do ácido ascórbico nas farinhas.

A termogravimetria diferencial e a espectroscopia de absorção no infravermelho apresentaram padrões típicos de amido, de proteínas (aminas e amidas primárias e secundárias) e de ácidos graxos. A MEV, por sua vez, mostrou a presença de grânulos de amido pequenos e intactos na polpa e na farinha da polpa crua, bem como grânulos de amido gelatinizados na polpa e na farinha da polpa cozida, como consequência do tratamento hidrotérmico realizado.

As farinhas da polpa da pupunha albina crua e cozida apresentaram um padrão granulométrico semelhante, mas a distribuição do tamanho de partículas indicou que o cozimento promoveu alterações representativas nos constituintes estruturais da polpa, tornando a farinha da polpa cozida menos resistente à moagem.

Por fim, as propriedades funcionais tecnológicas indicaram que a farinha da polpa da pupunha albina cozida possui maior viabilidade para ser utilizada em produtos da panificação, do que a farinha da polpa crua, por ter apresentado a maior capacidade de absorção de água, o que pode melhorar a textura, a aparência e o frescor dos produtos a serem enriquecidos com esta farinha.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J. P. L.; YUYAMA, K.; SOUZA, F. D. C. D. A. Caracterização dos frutos de Pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) cultivada na vila do Equador, RR: O que há de novo? **Scientia Amazonia**, v. 8, n. 1, 1-5, 2019.
- ALDANA, M. D. L.; GÓMEZ, T. B.; OCA, M. M. M.; AYERDI, S. S. G.; MERAZ, G. F.; PÉREZ, B. L. A. Isolation and Characterization of Mexican Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus* L) Seeds Starch in Two Mature Stages. **Starch-Stärke**, v. 63, p.364–372, 2011. Doi: 10.1002/star.201100008.
- ALONSO, R.; AGUIRRE, A.; MARZO, F. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. **Food Chemistry**, v. 68, p. 159-165, 2000. Doi: 10.1016/S0308-8146(99)00169-7.
- ALTSCHUL, A. M.; WILCKE, H. L. **New protein foods: seed storage proteins**. Londres: Academic Press, p. 107-179, 1985.
- AMENGUAL, J. Bioactive Properties of Carotenoids in Human Health. **Nutrients**, v. 11, n. 10, p. 1-6, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3390/nu11102388>.
- ANDERSON, J.; GARRIDO-BAÑUELOS, G.; BERGDOLL, M.; VILAPLANA, F.; MENZEL, C.; MIHNEA, M.; LOPEZ-SANCHEZ, P. Comparison of steaming and boiling of root vegetables for enhancing carbohydrate content and sensory profile. **Journal of Food Engineering**, v. 312, p. 110754, 2021. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110754.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JR, E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, v.14, n.1, p.4-12, 1969.
- AOAC. Association of official analytical chemists. **Vitamin C (Ascorbic acid) in vitamin preparations and juices**. 2,6-Dichloroindophenol titrimetric method. Procedure No. 967.21. In AOAC Official Methods of Analysis (pp. 1058–1059). (15th ed). AOAC, 1995.
- AOAC. Association of official analytical. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 16th Ed. AOAC, 1997.
- AOAC. Association of official analytical. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international**. 20th ed. AOAC, 2016.
- AQUINO, C. F.; SALOMÃO, L. C. C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; RIBEIRO, S. M. R.; SIQUEIRA, D. L. D.; CECON, P. R. Carotenoids in the pulp and peel of bananas from 15 cultivars in two ripening stages. **Revista Ceres**, v. 65, n. 3, p. 217-226, 2018. Doi: 10.1590/0034-737X201865030001.
- ARAÚJO, J. M. **Química de Alimentos: Teoria e prática**. Viçosa – MG, Ed. UFV, 601p, 2011.
- ARAÚJO, M. L.; DA COSTA SILVA, C. F.; SOUZA, R. M.; MELHORANCA FILHO, A. L. Antimicrobial activity of oils extracted from acai and pupunha on developing *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 985–990, 2013.
- ARAÚJO, N. M. P.; RRUDA, H. S.; MARQUES, D. R. P.; OLIVEIRA, W. Q.; PEREIRA, G. A.; PASTORE, G. M. Functional and nutritional properties of selected Amazon fruits: A review. **Food Research International**, v. 147, 110520, p. 1-19, 2021. Doi: 10.1016/j.foodres.2021.110520.

- ARKCOLL, D. B.; AGUIAR, J. P. L. Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.), a new source of vegetable oil from the wet tropics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 35, n. 5, p. 520-526, 1984. Doi: 10.1002/jsfa.2740350508.
- ARMESTO, J.; GÓMEZ-LIMIA, L.; CARBALLO, J.; MARTÍNEZ, S. Effects of different cooking methods on the antioxidant capacity and flavonoid, organic acid and mineral contents of Galega Kale (*Brassica oleracea* var. acephala cv. Galega). **International journal of food sciences and nutrition**, v. 70, n. 2, p. 136-49, 2019. Doi: 10.1080/09637486.2018.1482530.
- ARROYO, C.; MORA-URPI, J.; MÉXON R. **Mutantes de pejibaye**. IN U.C.R. Boletim Informativo, 5(1), p. 9-11, 1996.
- AZIZI, M. H.; ANDRADE, J. S.; LEMOS, J. S.; SOUZA, S. J.; SOUZA, R. S.; HADIAN, Z. Quality of wheat bread incorporated with different levels of peach palm flour (*Bactris gasipaes* Kunth). **Journal of tropical agriculture and food science**, v. 40, n. 1, p. 13-22, 2012. Doi:
- BALDIZÁN, G.; OVIEDO, M.; MICHELANGELI, C.; VARGAS, R. E. Effects of peach palm oil on performance, serum lipoproteins and hemostasis in broilers. **British Poultry Science**, v. 51, n. 6, p. 784-790, 2010. Doi: 10.1080/00071668.2010.526925.
- BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Fatores que condicionam a estabilidade de alimentos. In: Baruffaldi, R; Oliveira, M. N. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, v. 3, cap. 2, p. 13-25, 1998.
- BASTO, G. J.; CARVALHO, C. W. P.; SOARES, A. G.; COSTA, H. T. G. B.; CHÁVEZ, D. W. H.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S. Physicochemical properties and carotenoid content of extruded and non-extruded corn and peach palm (*Bactris gasipaes*, Kunth). **LWT-Food Science and Technology**, v. 69, p. 312-318, 2016. Doi: 10.1016/j.lwt.2015.12.065.
- BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-to-cook common beans. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 3, p. 286-290, 2010. Doi: 10.1111 / j.1750-3841.2010.01557.x.
- BLAAK, E. E.; CANFORA, E. E.; THEIS, S.; FROST, G.; GROEN, A. K.; MITHIEUX, G.; NAUTA, A.; SCOTT, K.; STAHL, B.; HARSSSELAR, J. V.; TOL, R. V.; VAUGHAN, E. E.; VERBEKE, K. Short-chain fatty acids in human gut and metabolic health. **Beneficial Microbes**, v. 11, n. 5, p. 411–455, 2020. Doi: 10.3920/BM2020.0057.
- BOON, C. S.; MCCLEMENTS, D. J.; WEISS, J.; DECKER, E. A. Factors influencing the chemical stability of carotenoids in foods. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 50, n. 6, p. 515-532, 2010. Doi: 10.1080/10408390802565889.
- BORBA, A. M.; SARMENTO, S. B. S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 835-843, 2005. Doi: 10.1590/S0101-20612005000400034.
- BOYE, J.; ZARE, F.; PLETCH, A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. **Food Research International**, v. 43, p. 414-431, 2010. Doi: 10.1016/j.foodres.2009.09.003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa – IN nº 08, de 2 de junho de 2005**. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Diário Oficial da União, 2005c.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Instrução Normativa – IN nº 75, de 08 de outubro de 2020**. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Diário Oficial da União, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 243, de 26 de julho de 2018.** Dispõe sobre os requisitos para composição, qualidade, segurança e rotulagem dos suplementos alimentares e para atualização das listas de nutrientes, substâncias bioativas, enzimas e probióticos, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar destes produtos. Diário Oficial da União, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.** Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União, 2005b.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005.** Aprova o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Diário Oficial da União, 2005a.

BRITTON, G.; KHACHIK, F. Carotenoids in Food. *In* G. Britton, S. Liaaen-Jensen & H. Pfander (Eds.), **Carotenoids: Nutrition and Health**, vol. 5 (pp. 45-66). Basel: Birkhäuser, 2009.

BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. **Carotenoids Handbook**. Birkhäuser, Basel, 2004.

CAETANO, P. K.; MARIANO-NASSER, F. A. de C.; DE MENDONÇA, V. Z.; FURLANETO, K. A.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Physicochemical and sensory characteristics of sweet potato chips undergoing different cooking methods. **Food Science and Technology**, v. 38, n. 3, p. 434–440, 2018. Doi: 10.1590/1678-457x.08217.

CANTU-JUNGLES, T. M.; CIPRIANI, T. R.; IACOMINI, M.; HAMAKER, B. R.; CORDEIRO, L. M. C. A pectic polysaccharide from peach palm fruits (*Bactris gasipaes*) and its fermentation profile by the human gut microbiota in vitro. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 9, p. 1–6, 2016. Doi:10.1016/j.bcdf.2016.11.005.

CARVALHO, A. V.; BECKMAN, J. C.; MACIEL, R. A.; FARIAS NETO, J. T. Características físicas e químicas de frutos de pupunheira no estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.3, p.763-768, 2013a.

CARVALHO, R. P.; RAPHAEL, J.; LEMOS, G.; BAYONA, M.; SCIENCES, H.; MARCON, J. L. Increases HDL cholesterol and reduces weight gain of lactating. **The Journal of aging research and clinical practice**, v. 1, n. 2013, p. 10, 2013b.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Embrapa Cerrados Planaltina, DF, 2010.

CHISTÉ, R. C.; COSTA, E. L. N.; MONTEIRO, S. F.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid and phenolic compound profiles of cooked pulps of orange and yellow peach palm fruits (*Bactris gasipaes*) from the Brazilian Amazonia. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 99, 103873, 2021. Doi: 10.1016/j.jfca.2021.103873.

CLEMENT, C. A pupunha, uma árvore domesticada. **Ciência Hoje**, v. 5, n. 29, p. 41-49, 1987.

CLEMENT, C. R.; ARKCOLL, D. B. The pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K., Palmae) as an oil crop: potential and breeding strategy. **Oléagineux**, v. 46, n. 7, p. 293-299, 1991.

- COFFMANN, C.N.; GARCIA, V.V. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 12, n. 5, p. 473-484, 1977.
- CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food research international**, v. 44, n. 7, p. 2047-2053, 2011. Doi: 10.1016/j.foodres.2010.11.003.
- CORNELIUS, J. P.; WEBER, J. C.; SOTELO-MONTES, C.; UGARTE-GUERRA, L. J. Phenotypic correlations and site effects in a Peruvian landrace of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth). **Euphytica**, v. 173, p. 173-183, 2009. Doi: 10.1007/s10681-009-0073-7.
- COSTA, A. N.; DE SÁ, E. R. A.; ROOSEVELT, D. S.; BEZERRA, J. L. S.; LIMA, F. C. A. Constituents of buriti oil (*Mauritia flexuosa* L.) like inhibitors of the SARS-Coronavirus main peptidase: an investigation by docking and molecular dynamics. **Journal of biomolecular structure and dynamics**, ahead of print, p. 1-9, 2020. Doi: 10.1080/07391102.2020.1778538.
- COSTA, R. D. S.; DA CRUZ RODRIGUES, A. M.; BORGES LAURINDO, J.; DA SILVA, L. H. M. Development of dehydrated products from peach palm–tucupi blends with edible film characteristics using refractive window. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 2, p. 560–570, 2019. Doi: 10.1007/s13197-018-3454-x.
- CURIMBABA, T. F. S.; ALMEIDA-JUNIOR, L. D.; CHAGAS, A. S.; QUAGLIO, A. E. V.; HERCULANO, A. M.; DI STASI, L. C. Prebiotic, antioxidant and anti-inflammatory properties of edible Amazon fruits. **Food Bioscience**, 36, 100599, 2020. Doi: 10.1016/j.fbio.2020.100599.
- CYMERYYS, M.; CLEMENT, C. R. Pupunha. In: SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. Belém: CIFOR, Imazon, 2005. E-book, p. 203-208.
- DA SILVEIRA, T. F. F.; DE SOUZA, T. C. L.; CARVALHO, A. V.; RIBEIRO, A. B.; KUHNLE, G. G. C.; GODOY, H. T. White açai juice (*Euterpe oleracea*): Phenolic composition by LC-ESI-MS/MS, antioxidant capacity and inhibition effect on the formation of colorectal cancer-related compounds. **Journal of functional foods**, v. 36, p. 215-223, 2017. Doi: 10.1016/j.jff.2017.07.001.
- DANESI, E. D. G.; GRANATO, D.; IWASSA, I. J.; PINZON, C.; BOLANHO, B. C. Effects of industrial by-products from orange, peach palm and soybean on the quality traits and antioxidant activity of flours: A response surface approach. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 3, p. 1219-1227, 2018.
- DAVIES, B. H. Carotenoids. In: Goodwin, T.W. (Ed.), **Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments**. Academic Press, London, p. 38–165, 1976.
- DE SOUZA, F. G.; LIMA, R. A. A importância da família Arecaceae para a região Norte. **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 100-110, 2019.
- DOS SANTOS, A. B.; PEREIRA, M. L. A.; DE OLIVEIRA SILVA, H. G.; DE CARVALHO, G. G. P.; DE JESUS PEREIRA, T. C.; RIBEIRO, L. S. O.; AZEVÊDO, J. A. G.; SOUSA, L. B.; SOUSA, L. B.; DE OLIVEIRA ALENCAR, D. Intake, digestibility and performance of lambs fed diets containing peach palm meal. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, n. 3, p. 509–515, 2016. Doi: 10.1007/s11250-015-0982-5
- DOS SANTOS, B. W. C.; FERREIRA, F. M.; SOUZA, V. F.; CLEMENT, C. R.; ROCHA, R. B. Análise discriminante das características físicas e químicas de frutos de pupunha (*Bactris*

gasipaes Kunth) do alto Rio Madeira, Rondônia, Brasil. **Científica**, v. 45, n. 2, p. 154-161, 2017. Doi: 10.15361/1984-5529.2017v45n2p154-161.

DOS SANTOS, M. D. F. G.; MAMEDE, R. V. S.; RUFINO, M. D. S. M.; DE BRITO, E. S.; ALVES, R. E. Amazonian native palm fruits as sources of antioxidant bioactive compounds. **Antioxidants**, v. 4, n. 3, p. 591-602, 2015. Doi: 10.3390/antiox4030591.

ELZEY, B.; POLLARD, D.; FAKAYODE, S.O. Determination of adulterated neem and flaxseed oil compositions by FTIR spectroscopy and multivariate regression analysis. **Food Control**, v. 68, p. 303-309, 2016. Doi: 10.1016/j.foodcont.2016.04.008.

ESPINOSA-PARDO, F.A.; MARTINEZ, J.; MARTINEZ-CORREA, H. A. Extraction of bioactive compounds from peach palm pulp (*Bactris gasipaes*) using supercritical CO₂. **The Journal of Supercritical Fluids**. Palmira, v.93, n.1, p.2-6, 2014. Doi: 10.1016/j.supflu.2014.05.010.

FAO/WHO. Food and agriculture organization of the United Nations. **Food energy: Methods of analysis and conversion factors**. Food and Nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002. http://www.fao.org/uploads/media/FAO_2003_Food_Energy_02.pdf.

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas**. Agricultural Services Bulletin 149. FAO: Rome, 2003.

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Dietary protein quality evaluation in human nutrition**: report of an FAO Expert Consultation. Food and nutrition paper; 92. FAO: Rome, 2013.

FARIA, J. V.; VALIDO, I. H.; PAZ, W. H. P.; DA SILVA, F. M. A.; DE SOUZA, A. D. L.; ACHO, L. R. D.; LIMA, E. S.; BOLETI, A. P. A.; MARINHO, J. V. N.; SALVADOR, M. J. *et al.* Comparative evaluation of chemical composition and biological activities of tropical fruits consumed in Manaus, central Amazonia, Brazil. **Food Research International**, v. 139, 2021. Doi: 10.1016/j.foodres.2020.109836.

FARINA, V.; CINQUANTA, L.; VELLA, F.; NIRO, S.; PANFILI, G.; METALLO, A.; CORONA, O. Evolution of carotenoids, sensory profiles and volatile compounds in microwave-dried fruits of three different loquat cultivars (*Eriobotrya japonica* Lindl.). **Plant Foods for Human Nutrition**, p. 1-8, 2020. Doi: 10.1007/s11130-020-00801-7.

FELISBERTO, M. H. F.; COSTA, M. S.; BOAS, F. V.; LEIVAS, C. L.; FRANCO, C. M. L.; DE SOUZA, S. M.; CLERICI, M. T. P. S.; CORDEIRO, L. M. C. Characterization and technological properties of peach palm (*Bactris gasipaes* var. *gasipaes*) fruit starch. **Food Research International**, 136, 109569, 2020. Doi: 10.1016/j.foodres.2020.109569.

FELLOWS; P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e práticas**. 2º ed. Artmed 2006.

FERNÁNDEZ-CORDERO, P.; MORA-MOLINA, J.; OBANDO-ULLOA, J. M.; ARGUEDAS-GAMBOA, P. Desarrollo de una torta precocida nutracéutica a partir de materiales vegetales biofortificados para adultos mayores. **Revista Tecnología en Marcha**, v. 31, n. 1, p. 110, 2018. Doi: 10.18845/tm.v31i1.3501.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003. Doi: 10.1590/S0101-20612003000200025.

- FRITSCH, C.; STAEBLER, A.; HAPPEL, A.; MÁRQUEZ, M. A. C.; AGUILÓ-AGUAYO, I.; ABADIAS, M.; GALLUR, M.; CIGOGNINI, I. M.; MONTANARI, A.; LÓPEZ, M. J.; SUÁREZ-ESTRELLA, F.; BRUNTON, N.; LUENGO, E.; SISTI, L.; FERRI, M.; BELOTTI, G. Processing, valorization and application of bio-waste derived compounds from potato, tomato, olive and cereals: A review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 8, p. 1–46, 2017. Doi: 10.3390/su9081492.
- GALLUZZI, G.; DUFOUR, D.; THOMAS, E.; ZONNEVELD, M. V.; SALAMANCA, A. F. E.; TORO, A. G.; RIVERA, A.; DUQUE, H. S.; BARON, H. S.; GALLEGO, G.; SCHELDEMON, X.; MEJIA, A. G. An integrated hypothesis on the domestication of *Bactris gasipaes*. **PLoS ONE**, v. 10, n. 12, p. 1–25, 2015. Doi: 10.1371/journal.pone.0144644.
- GAZEL FILHO, A. B.; LIMA, J. A. S. **Cultivo da Pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.) para Produção de Fruto no Amapá**. Macapá: Embrapa, 2001. 8 p. (Embrapa, Circular técnica, 14).
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility). *Bactris gasipaes* var. *gasipaes* Kunth. GBIF online database. 2019. Disponível em: <https://www.gbif.org/pt/species/2733062>.
- GIOMBELLI, C.; IWASSA, I. J.; DA SILVA, C.; BARROS, B. C. B. Valorization of peach palm by-product through subcritical water extraction of soluble sugars and phenolic compounds. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 165, 104985, p. 1-9, 2020. Doi: 10.1016/j.supflu.2020.104985.
- GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Occurrence of cis-isomers of provitamin A in Brazilian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 6, p. 1306–1313, 1994. Doi: 10.1021/jf00042a011.
- GÓMEZ, G.; QUESADA, S.; NANNE, C. I. Efecto de factores antinutricionales en el pejibaye (*Bactris gasipaes*) sobre el metabolismo de ratas juvenesi. **Agronomía Costarricense**, v. 22, n. 2, p. 191–198, 1998.
- GUAN, W.; REN, Y.; MA, X.; ZHANG, S.; ZHAO, P.; GAO, M.; WU, C. Preliminary determination of antibacterial substances during anaerobic preservation of food waste and their effects on methanogenesis. **Environmental Technology & Innovation**, v. 24, p. 101813, 2021. Doi: 10.1016/j.eti.2021.101813.
- HAMMAD, S.; PU, S.; JONES, P. Current evidence supporting the link between dietary fatty acids and cardiovascular disease. **Lipids**, v. 51, n. 5, p. 507–17, 2016. Doi: 10.1007/s11745-015-4113-x.
- HAMINIUK, C. W.; MACIEL, G. M.; PLATA-OVIEDO, M. S.; PERALTA, R. M. Phenolic compounds in fruits—an overview. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 10, p. 2023-2044, 2012. Doi: 10.1111/j.1365-2621.2012.03067.x.
- HATAMIAN, M.; NOSHAD, M.; ABDANAN-MEHDIZADEH, S.; BARZEGAR, H. Effect of roasting treatment on functional and antioxidant properties of chia seed flours. **NFS Journal**, v. 21, p. 1-8, 2020. Doi: 10.1016/j.nfs.2020.07.004.
- HEMPEL, J.; AMREHN, E.; QUESADA, S.; ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M.; HELLER, A.; CARLE, R.; SCHWEIGGERT, R. M. Lipid-dissolved γ -carotene, β -carotene, and lycopene in globular chromoplasts of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) fruits. **Planta**. Alemanha, v.240, n.1, p.1037-50, 2014. Doi: 10.1007/s00425-014-2121-3.
- HENDERSON, A. *Bactris* (Palmae). **Flora Neotropica**. The New York Botanical Garden. New York, USA. vol. 79. 181p. 2000.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo de agricultura, resultados definitivos. **Pupunha – cachos de frutas - Brasil**. IBGE online database, 2017. [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?Locality=0 & theme = 78309](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?Locality=0&theme=78309).

IDOURAINE, A.; YENSEN, S.B.; WEBER, C.W. Therapy bean flour, albumin and globulin fractions functional properties compared with soy protein isolate. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 5, p. 1316-1318, 1991. Doi: 10.1111/j.1365-2621.1991.tb04761.x.

IOANNOU, I.; GHOUL, M. Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. **European Scientific Journal**, v. 9, n. 30, p. 1-33, 2013.

ISLAM, MD. A.; ASIF, M.; HAMEED, B. H. Pyrolysis kinetics of raw and hydrothermally carbonized Karanj (*Pongamia pinnata*) fruit hulls via thermogravimetric analysis. **Bioresource Technology**, v. 179, p. 227-233, 2015. Doi: 10.1016/j.biortech.2014.11.115.

JATUNOV, S.; QUESADA, S.; DÍAZ, C.; MURILLO, E. Carotenoid composition and antioxidant activity of the raw and boiled fruit mesocarp of six varieties of *Bactris gasipaes*. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 60, n. 1, p. 99–104, 2010.

JEFFERSON, A.; ADOLPHUS, K. The effects of intact cereal grain fibers, including wheat bran on the gut microbiota composition of healthy adults: A systematic review. **Frontiers in Nutrition**, v. 6, 2019. Doi: 10.3389/fnut.2019.00033.

JIMÉNEZ, G.; GÓMEZ, G.; PÉREZ, A. M.; BLANCO-METZLER, A. Estimation of glycaemic index of peach palm (*Bactris gasipaes*) cooked fruits and chips, and pitahaya (*Hylocereus* spp.) pulp. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, v. 62, n. 3, p. 242-250, 2012.

KAREL, O. M.; FENNEMA,.; LUND, D. **Physical Principals of Food Preservation**. Marcel Dekker Publ., 1975.

KAUSHAL, P.; KUMAR, V.; SHARMA, H. Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional, and pasting properties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) flour, pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. **LebensmittelWissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology**, v. 48, p. 59–68, 2012. Doi: 10.1016/j.lwt.2012.02.028.

KAYODE, B. I.; KAYODE, R. M. O.; ABIODUN, O. A.; NWOSU, C.; KARIM, O. R.; OYEYINKA, S. A. Chemical, functional and physicochemical properties of flour from cassava stored under freezing. **Journal of stored products research**, v. 92, p. 1-6, 2021. Doi: 10.1016/j.jspr.2021.101816.

KINSELLA, J. E. Functional properties of proteins in foods: a surve. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 7, p. 219-280, 1976. Doi: 10.1080/10408397609527208.

KOKSEL, H.; MASETCIOGLU, T.; KAHRAMAN, K.; OZTURK, S.; BASMAN, A. Improving effect of lyophilization on functional properties of resistant starch preparations formed by acid hydrolysis and heat treatment. **Journal of Cereal Science**, v. 47, p. 275-282, 2008. Doi: /10.1016/j.jcs.2007.04.007.

KONAK, Ü.I.; ERCILI-CURA, D.; SIBAKOV, J.; SONTAG-STROHM, T.; CERTEL, M.; LOPONEN, J. CO₂-defatted oats: Solubility, emulsification and foaming properties. **Journal of Cereal Science**, v. 60, p. 37-41, 2014. Doi: 10.1016 / j.jcs.2014.01.013.

KROKIDA, M. K.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Drying kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 59, n. 4, p. 391-403, 2003. Doi: 10.1016/s0260-8774(02)00498-3.

- KUSUMIYATI.; HADIWIJAYA, Y.; PUTRI, I. E.; MUBAROK, S.; HAMDANI, J. S. Rapid and non-destructive prediction of total soluble solids of guava fruits at various storage periods using handheld near-infrared instrument. **Second International Conference on Sustainable Agriculture**, v. 458, p. 1-7, 2020. Doi: 10.1088/1755-1315/458/1/012022.
- LABUZA, T. P.; BALL, L. **Moisture sorption: Practical aspects of isotherm measurement and use**. 2nd ed. American Association of Cereal Chemists Press, Saint Paul. 2000.
- LAWLER, T.; LIU, Z.; TINKER, L.; JOHNSON, E.; HAMMOND, B. R.; GANGNON, R.; ENGELMAN, C.; WALLACE, R.; LIU, Y.; BAILEY, S. T.; GEHRS, K. M.; MARES, J. A. Relationship between Mediterranean diet pattern and macular pigment optical density in the Carotenoids in Age-Related Eye Disease Study (CAREDS), an ancillary study of the Women's Health Initiative (WHI). **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 61, n. 7, 4977, 2020.
- LEACH, H. W.; MCCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of the starch granule. **Cereal Chemistry**, v. 27, n. 6, p. 579-588, 1959.
- LEI, M.; JIANG, F.; CAI, J.; HU, S.; ZHOU, R.; LIU, G. Facile microencapsulation of olive oil in porous starch granules: Fabrication, characterization, and oxidative stability. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 111, p. 755–761, 2018. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.01.051.
- LETERME, P.; GARCÍA, M. F.; LONDONO, A. M.; ROJAS, M. G.; BULDGEN, A.; SOUFFRANT, W. B. Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 1505-1512, 2005. Doi: 10.1002/jsfa.2146.
- LIMA, L. G. B.; MONTENEGRO, J.; ABREU, J. P. D.; SANTOS, M. C. B.; NASCIMENTO, T. P. D.; SANTOS, M. D. S.; TEODORO, A. J. Metabolite profiling by UPLC-MSE, NMR, and antioxidant properties of Amazonian fruits: Mamey Apple (*Mammea americana*), Camapu (*Physalis angulata*), and Uxi (*Endopleura uchi*). **Molecules**, v. 25, n. 342, p. 1-8, 2020. Doi: 10.3390/molecules25020342.
- LIN, S.; GAO, J.; JIN, X.; WANG, Y.; DONG, Z.; YING, J.; ZHOU, W. Whole-wheat flour particle size influences dough properties, bread structure and in vitro starch digestibility. **Food & Function**, v. 11, n. 4, p. 3610-3620, 2020. Doi: 10.1039/C9FO02587A.
- LINDEBOOM, N.; CHANG, P. R.; TYLER, R. T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch/Starke**, v. 56, p. 89-99, 2004. Doi: 10.1002/star.200300218.
- MAMIRO, P. S.; MWANRI, A. W.; MONGI, R. J.; CHIVAGHULA, T. J.; NYAGAYA, M.; NTWENYA, J. Effect of cooking on tannin and phytate content in different bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties grown in Tanzania. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 20, p. 1186-1191, 2017. Doi: 10.5897/AJB2016.15657.
- MARTÍNEZ-GIRON, J.; FIGUEROA-MOLANO, A. M.; ORDÓÑEZ-SANTOS, L. E. Effect of the addition of peach palm (*Bactris gasipaes*) peel flour on the color and sensory properties of cakes. **Food Science and technology**, v. 37, n. 3, p. 418-424, 2017. Doi: 10.1590/1678-457X.14916.
- MARTÍNEZ-GÍRON, J.; OSORIO, C.; ORDONEZ-SANTOS, L. E. Effect of temperature and particle size on physicochemical and techno-functional properties of peach palm peel flour (*Bactris gasipaes*, red and yellow ecotypes). **Food Science and Technology International**, v. 0, p. 1-10, 2021. Doi: 10.1177/10820132211025133.

- MARTÍNEZ, J. M.; MORENO-CAICEDO, L. P.; LOAIZA-LOAIZA, O. A. Sensory dimensions of peach-palm fruit (*Bactris gasipaes*) and implications for future genetics. **Agronomía Mesoamericana**, v. 32, n. 1, p. 77–92, 2021. Doi: 10.15517/am.v32i1.41348.
- MATOS, K. A. N.; LIMA, D. P.; BARBOSA, A. P. P.; MERCADANTE, A. Z.; CHISTÉ, R. C. Peels of tucumã (*Astrocaryum vulgare*) and peach palm (*Bactris gasipaes*) are by-products classified as very high carotenoid sources. **Food Chemistry**, v. 272, n. 1, p. 216–21, 2019. Doi: 10.1016/j.foodchem.2018.08.053.
- MELLENDEZ-MARTINEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Carotenoid pigments: structural and physicochemical considerations. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, v. 57, n. 2, p. 109–117, 2007.
- MELO NETO, B. A.; BARBOSA, A. A.; SANTOS LEITE, C. X.; ALMEIDA, P. F.; BONOMO, R. C. F.; PONTES, K. V. Chemical Composition and Functional Properties of Starch Extracted from the Pejibaye Fruit (*Bactris Gasipaes* Kunth.). **Acta Scientiarum. Technology**, n. 37, p.105–110, 2015.
- MELO NETO, B. A.; FERNANDES, B. S.; JUNIOR, C. C. M. F.; FRANCO, M.; BONOMO, R. C. F.; DE ALMEIDA, P. F.; PONTES, K. V. Thermal-morphological characterization of starch from peach-palm (*Bactris gasipaes* Kunth) fruit (Pejibaye). **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. 5, p. 1007–1015, 2017a. Doi: 10.1080/10942912.2016.1192645.
- MELO NETO, B. A.; JUNIOR, C. C. M. F.; SILVA, E. G. P. da; FRANCO, M.; SANTOS REIS, N. dos; FERREIRA BONOMO, R. C.; ALMEIDA, P. F. de; PONTES, K. V. Biodegradable thermoplastic starch of peach palm (*Bactris gasipaes* kunth) fruit: Production and characterization. **International Journal of Food Properties**, v. 20, p. S2429–S2440, 2017b. Doi: 10.1080/10942912.2017.1372472.
- MELO, C. M. T.; COSTA, L. L.; PEREIRA, F. C.; DE CASTRO, L. M.; NEPUMOCENO, S. Análises físico-químicas do fruto “in natura” da pupunha. **Revista Inova Ciência & Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 13-17, 2017.
- MERRILL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods, basis and derivation**. Agriculture Handbook No. 74. Washington, DC, Unites States Department of Agriculture, 1973.
- MESQUITA, L. M. S.; NEVES, B. V.; PISANI, L. P.; DE ROSSO, V. V. Mayonnaise as a model food for improving the bioaccessibility of carotenoids from *Bactris gasipaes* fruits. **LWT – Food Science and Technology**, v. 122, 109022, p. 1-7, 2020. Doi: 10.1016/j.lwt.2020.109022.
- MIGLIO C.; CHIAVARO E.; VISCONTI A.; FOGLIANO V.; PELLEGRINI N. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical of selected vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 139-47, 2008. Doi: 10.1021/jf072304b.
- MINATEL, I. O.; BORGES, C. V.; FERREIRA, M. I.; GOMEZ, H. A. G.; CHEN, O.; PACE, G.; LIMA, G. Phenolic compounds: functional properties, impact of processing and bioavailability. *In*: SOTO-HERNANDEZ, M.; TENANGO, M. P.; GARCIA-MATEOS, R. **Phenolic compounds-biological activity**. Intech, p. 1-24, 2017. Doi: 10.5772/66368.
- MONTAGNER, G. F. S.; BARBISAN, F.; LEDUR, P. C.; BOLIGNON, A.; MOTTA, J. R.; RIBEIRO, E. E.; PRAIA, R. S.; AZZOLIN, V. F.; CADONÁ, F. C.; MACHADO, A. K.; BARCELOS, R. P.; DA CRUZ, I. B. M. In vitro biological properties of *Solanum sessiliflorum* (Dunal), an Amazonian fruit. **Journal of medicinal food**, v. 23, n. 9, p. 978-987, 2020. Doi: 10.1089/jmf.2019.0193.

MONTEIRO, S. F.; COSTA, E. L. N.; FERREIRA, R. S. B.; CHISTÉ, R. C. Simultaneous extraction of carotenoids and phenolic compounds from pulps of orange and yellow peach palm fruits (*Bactris gasipaes*) by ultrasound-assisted extraction. **Food science and technology**, ahead of print, p. 1-9, 2021. Doi: 10.1590/fst.34021.

MORAES, S. O. **Secagem de alimentos**. São Paulo, 2006.

MORA-URPI, J. Origen y Domesticación. In: **Palmito de Pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth): Su cultivo e industrialización**. Editorial de la Universidad de Costa Rica, p. 17-24, 1999.

MUNE, M. A. M.; MINKA, S. R.; MBOME, I. L. Optimising functional properties during preparation of cowpea protein concentrate. **Food Chemistry**, v. 154, p. 32-37, 2014. Doi: 10.1016/j.foodchem.2013.12.108.

NAKAI, S. Structure-function relationships of food proteins with an emphasis on the importance of protein hydrophobicity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, n. 4, p. 676-683, 1983. Doi: 10.1021/jf00118a001.

NAVES, L. P.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetida a diferentes processamentos. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 190-195, 2010. Doi: 10.1590/S0101-20612010000500028.

OGLIARI, R.; SOARES, J. M.; TEIXEIRA, F.; SCHWARZ, K.; SILVA, K. A.; SCHIESSEL, D. L.; NOVELLO, D. Chemical, nutritional and sensory characterization of sweet potato submitted to different cooking methods. **International Journal of Research**, v. 8, n. 10, p. 147-156, 2020. Doi: 10.29121/granthaalayah.v8.i10.2020.1881.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988. Doi: 10.1111/j.1365-2621.1988.tb07728.x.

OLIVEIRA, L. da C; GUTKOSKI, L. C; ELIAS, M. C; MAZZUTTI, S; AOSANI, E; ROCHA, J. C. Efeito da temperatura de secagem na qualidade de grãos de aveia branca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 313-319, 2010.

McLELLAN, M. R.; LIND, L. R.; KIME, R. W. Hue angle determinations and statistical analysis for multiquadrant hunter L, a, b data. **Journal of Food Quality**, v. 18, n. 3, p. 235-240, 1995. Doi: 10.1111/j.1745-4557.1995.tb00377.x.

MARTÍNEZ-GIRÓN, J.; FIGUEROA-MOLANO, A. M.; ORDÓÑEZ-SANTOS, L. E. Effect of the addition of peach palm (*Bactris gasipaes*) peel flour on the color and sensory properties of wheat bread. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 456-462, 2016. Doi: 10.19084/RCA16008.

PALAVENCINO, P. M.; PENCI, M. C.; CALDERON-DOMINGUEZ, G.; RIBOTTA, P. D. Chemical composition and physical properties of sorghum flour prepared from different sorghum hybrids grown in Argentina. **Starch/Starke**, v. 68, p. 1055–1064, 2016. Doi: 10.1002/star.201600111.

PARK, K. J; TUBONI, C. T; OLVEIRA, R. A. de; PARK, K. J. B. Estudo da secagem de caqui giombo com encolhimento e sem encolhimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 6, n. 1, p. 71-86, 2004.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R.. **Introdução à Espectroscopia**. Tradução da 4 ed. norte-americana. Cengage Learning, 2010.

- PEKAL, A.; PYRZYNSKA, K. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. **Food Analytical Methods**, v. 7, p. 1776–1782, 2014. Doi: 10.1007/s12161-014-9814-x
- PEREIRA, T. C. de J.; RIBEIRO, L. S. O.; PEREIRA, M. L. A.; PIRES, A. J. V.; DE CARVALHO, G. G. P.; PEREIRA, C. A. R. Feeding behavior of goat kids fed diets containing peach palm meal. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2020. Doi: 10.4025/actascianimsci.v42i1.47088.
- PINZÓN-ZÁRATE, L. X.; HLEAP-ZAPATA, J. I.; ORDÓÑEZ-SANTOS, L. E. Análisis de los parámetros de color en salchichas frankfurt adicionadas con extracto oleoso de residuos de chontaduro (*Bactris Gasipaes*). **Informacion Tecnologica**, v. 26, n. 5, p. 45–54, 2015. Doi: 10.4067/S0718-07642015000500007.
- PIRES, M. B.; AMANTE, E. R.; LOPES, A. S.; RODRIGUES, A. M. D. C.; SILVA, L. H. M. D.). Peach palm flour (*Bactris gasipae* Kunth): potential application in the food industry. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 3, p. 613-619, 2019. Doi: 10.1590/fst.34617.
- PIRES, M. B.; AMANTE, E. R.; PETKOWICZ, C. L. O.; ESMERINO, E. A.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Impact of extraction methods and genotypes on the properties of starch from peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) fruits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 150, 111983, 2021. Doi: 10.1016/j.lwt.2021.111983.
- QUESADA, S.; AZOFEIFA, G.; JATUNOV, S.; JIMÉNEZ, G. Carotenoids composition, antioxidant activity and glycemic index of two varieties of *Bactris gasipaes*. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 23, n. 6, p. 482-489, 2011.
- RAHMAN, M. S. Food stability beyond water activity and glass transition: macro-micro region concept in the state diagram. **International Journal of Food Properties**, v. 12, n. 4, p. 726-740, 2009. Doi: 10.1080/10942910802628107.
- RAI, A.; BIKASH, M.; RAVINDRA, R. Supercritical extraction of sunflower oil: A central composite design for extraction variables. **Food Chemistry**, v. 192, p. 647-659, 2016. Doi: 10.1016/j.foodchem.2015.07.070.
- RAMFUL, D.; TARNUS, E.; ARUOMA, O.; BOURDON, E.; BAHORUN, T. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. **Food research international**, v. 44, p. 2088-99, 2011. Doi: 10.1016/j.foodres.2011.03.056.
- RIBEIRO, G. S.; MONTEIRO, M. K. C.; DO CARMO, J. R.; PENA, R. S.; CHISTÉ, R. C. Peach palm flour: production, hygroscopic behaviour and application in cookies. **Heliyon**, v. 7, p. 1-8, 2021. Doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07062.
- RICHARDSON, S.; GORTON, L. Characterisation of the substituent distribution in starch and cellulose derivatives. **Analytica Chimica Acta**, v. 497, p. 27-65. 2003. Doi: 10.1016/j.aca.2003.08.005.
- RICO, D.; MARTÍN-DIANA, A. B.; BARAT, J. B.; BARRY-RYAN, C. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables; a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, n. 7, p. 373-386, 2007. Doi: 10.1016/j.tifs.2007.03.011.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Update on natural food pigments – A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. **Food Research International**, v. 124, p. 200-205, 2018. Doi: 10.1016/j.foodres.2018.05.028.
- ROJAS-GARBANZO, C.; PÉREZ, A. M.; PINEDA-CASTRO, M. L.; VAILLANT, F. Major physicochemical and antioxidant changes during peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) flour

processing. **Fruits**, v. 67, n. 6, p. 415-427, 2012. Doi: 10.1051/fruits/2012035www.fruits-journal.org.

ROJAS-GARBANZO, C.; PÉREZ, A. M.; VAILLANT, F.; PINEDA-CASTRO, M. L. Physicochemical and antioxidant composition of fresh peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) fruits in Costa Rica. **Brazilian Journal Food Technology**. Campinas, v.19, n.1, p.1-9, 2016. Doi: 10.19084/RCA16008.

SAKURAI, Y. C. N.; RODRIGUES, A. M. C.; PIRES, M. B.; SILVA, L. H. M. Quality of pasta made of cassava, peach palm and golden linseed flours. **Food science and technology**, v. 40, n. 1, p. 228-34, 2020. Doi: 10.1590/fst.09119.

SALEHI, B.; VENDITTI, A.; SHARIFI-RAD, M.; KREGIEL, D.; SHARIFI-RAD, J.; DURAZZO, A.; LUCARINI, M.; SANTINI, A.; SOUTO, E. B.; NOVELLINO, E. *et al.* The therapeutic potential of apigenin. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 6, p. 1-26, 2019. Doi: 10.3390/ijms20061305.

SANTOS, I. L.; SCHMIELE, M.; AGUIAR, J. P. L.; STEEL, C. J.; SILVA, E. P.; SOUZA, F. das C. do A. Evaluation of extruded corn breakfast cereal enriched with whole peach palm (*Bactris gasipaes*, Kunth) flour. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 458–464, 2020b. Doi: 10.1590/fst.04019.

SANTOS, M. A. S.; PROTÁZIO, D. C.; COSTA, G. P. da; REBELLO, F. K.; MARTINS, C. M.; BEZERRA, A. S.; NOGUEIRA, A. da S. Profile of peach palm fruit consumers in the Metropolitan Region of Belém, Pará, Brazilian Amazon. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 9, n. 1, p. 550–560, 2021. Doi: 10.31686/ijer.vol9.iss1.2929.

SANTOS, O. V.; SOARES, S. D.; DIAS, P. C. S.; DUARTE, S. D. P. A.; SANTOS, M. P. L.; NASCIMENTO, F. D. C. A. Chromatographic profile and bioactive compounds found in the composition of pupunha oil (*Bactris gasipaes* Kunth): implications for human health. **Revista de Nutrição**, v. 33, e190146, 2020a. Doi: 10.1590/1678-9805202033e190146a.

SATHE, S. K. Dry bean protein functionality. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002. Doi: 10.1080/07388550290789487.

SEGANTINI, D. M.; LEONEL, S.; LIMA, G. P. P.; COSTA, S. M.; RAMOS, A. R. P. Caracterização da polpa de pêssegos produzidos em São Manuel-SP. **Ciência rural**, v. 42, n. 1, p. 52-57, 2012.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos propriedades, degradações e modificações**. São Paulo: Varela, 1996.

SHARMA, R.; BORAH, A. Prospect of microcapsules as a delivery system in food technology: A review. **The Pharma Innovation Journal**, v. 10, n. 5, p. 182-191, 2021. Doi: 10.22271/tpi.2021.v10.i5c.6195.

SILVA, L. H.; PAUCAR-MENACHO, L. M.; VICENTE, C. A.; SALLES, A. S.; STEEL, C.J. Desenvolvimento de pão de fôrma com a adição de farinha de “okara”. **Brazilian Journal of Food and Technology**, v. 12, p. 315–322, 2009. Doi:10.4260/BJFT2009800900027

SILVA, M. G. C. P. C.; VIEIRA, E. S. Descrição morfológica dos frutos de pupunheira no sul da bahia-acesso yurimáguas, peru. **Agrotrópica**, v. 24, n. 3, p. 133-136, 2012. Doi: 10.21757/0103-3816.2012v24n3p133-136.

SILVA, R. B.; SILVA-JÚNIOR, E. V.; RODRIGUES, L. C.; ANDRADE, L. H. C.; DA SILVA, S. I.; HARAND, W.; OLIVEIRA, A. F. M. A comparative study of nutritional composition and potential use of some underutilized tropical fruits of Areaceae. **Annals of the**

Brazilian Academy of sciences, v. 87, n. 3, p. 1701-1709, 2015. Doi: 10.1590/0001-3765201520140166.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p.144-158, 1965.

SUPAPVANICH, S.; PIMSAGA, J.; SRISUJAN, P. Physicochemical changes in fresh-cut wax apple (*Syzygium samarangense* [Blume] Merrill & L.M. Perry) during storage. **Food Chemistry**, v. 127, p. 912-17, 2011. Doi: 10.1016/j.foodchem.2011.01.058.

SUZAUDDULA, MD; HOSSAIN, MD. B.; FARZANA, T.; ORCHY, T. N.; ISLAM, MD. N.; HASAN, MD. M. Incorporation of oat flour into wheat flour noodle and evaluation of its physical, chemical and sensory attributes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, p. 1-12, e2020252, 2021. Doi: 10.1590/1981-6723.25220.

SWALLAH, M. S.; SUN, H.; AFFOH, R.; FU, H.; YU, H. Antioxidant potential overviews of secondary metabolites (polyphenols) in fruits. **International journal of food science**, 9081686, 2020. Doi: 10.1155/2020/9081686.

TORRES-VARGAS, O. L.; LUZARDO-OCAMPO, I.; HERNANDEZ-BECERRA, E.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. E. Physicochemical characterization of unripe and ripe chontaduro (*Bactris gasipaes* kunth) fruit flours and starches. **Starch - Stärke**, 2000242, 2021. Doi: 10.1002/star.202000242.

TOSH, S. M.; BORDENAVE, N. Emerging science on benefits of whole grain oat and barley and their soluble dietary fibers for heart health, glycemic response, and gut microbiota. **Nutrition Reviews**, v. 78, p. 13–20, 2021. Doi: 10.1093/NUTRIT/NUZ085.

USDA (United State Department of Agriculture). **Nutrient database for standard** – Reference – Release 15: nutrient. Beltsvile: Beltsvile Research Center. 2002.

VALENCIA, G. A.; MORAES, I. C. F.; LOURENÇO, R. V.; BITTANTE, A. M. Q. B.; SOBRAL, P. J. D. A. Physicochemical, morphological, and functional properties of flour and starch from peach palm (*Bactris gasipaes* K.) fruit. **Starch - Stärke**, v. 67, n. 1–2, p. 163–173, 2015. Doi: 10.1002/star.201400097.

VISHNEVETSKY, M.; OVADIS, M.; VAINSTEIN, A. Carotenoid sequestration in plants: the role of carotenoid-associated proteins. **Trends in Plant Science**, v. 4, n. 6, p. 232– 235, 1999. Doi: 10.1016/S1360-1385(99)01414-4.

WANG, S. H.; ROCHA, G. O.; NASCIMENTO, T. P.; ASCHERI, J. L. R. Absorção de água e propriedades espumantes de farinhas extrusadas de trigo e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 475-481, 2006. Doi: 10.1590/S0101-20612006000200035.

WEI, S.; LU, G.; CAO, H. Effects of cooking methods on starch and sugar composition of sweetpotato storage roots. **PLoS ONE**, v. 12, n. 8, p. 1–10, 2017. Doi: 10.1371/journal.pone.0182604.

XAVIER, A. A. O.; MERCADANTE, A. Z. The bioaccessibility of carotenoids impacts the design of functional foods. **Current Opinion in Food Science**, v. 26, p. 1–8, 2019. Doi: 10.1016/j.cofs.2019.02.015.

YAMAGUCHI, K. K. L.; LAMARÃO, C. V.; ARANHA, E. S. P.; SOUZA, R. O. S.; OLIVEIRA, P. D. A.; VASCONCELLOS, M. C.; LIMA, E. S.; VEIGA-JUNIOR, V. F. HPLC-DAD profile of phenolic compounds, cytotoxicity, antioxidant and anti-inflammatory activities of the amazon fruit *Caryocar villosum*. **Química Nova**, v. 40, n. 5, p. 483-490, 2017. Doi: 10.21577/0100-4042.20170028.

YOUNG, A. J.; LOWE, G. L. Carotenoids - antioxidant properties. **Antioxidants**, v. 7, n. 28, p. 1-4, 2018. Doi: 10.3390/antiox7020028.

YULIANA, M.; TRUONG, C. T.; HUYNH, L. H.; HO, Q. P.; JU, Y. H. Isolation and characterization of protein isolated from defatted cashew nut shell: Influence of pH and NaCl on solubility and functional properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, p. 621-626, 2014. Doi: 10.1016/j.lwt.2013.10.022.

YUYAMA, L. K. D. Uso de frutos da pupunheira para alimentação humana. Brasília: CEPLAC. Retrieved from: <http://www.ceplac.gov.br/paginas/pupunheira/download/CDTrabalhos/palestras/Lucia%20K%20D%20Yuyama%20Uso%20de%20frutos%20da%20pupunheira%20para%20alimenta%C3%A7%C3%A3o%20humana.pdf>. 2011.

YUYAMA, L. K. O.; YONEKURA, L.; AGUIAR, J. P. L.; SOUSA, R. F. S. Biodisponibilidade de vitamina a da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) em Ratos. **Acta Amazonica**, v. 29, n. 3, p. 497-497, 1999. Doi: 10.1590/1809-43921999293500.

YUYAMA, L. K.; AGUIAR, J. P.; YUYAMA, K.; CLEMENT, C. R.; MACEDO, S. H.; FÁVARO, D. I.; VANNUCCHI, H. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palms (*Bactris gasipaes*) populations grown in Central Amazonia, Brazil. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 54, n. 1, p. 49-56, 2003. Doi: 10.1080/096374803/000061994.

ZANOTTO D. L.; BELLAVAR, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves**. Embrapa/CNPSA, 1996.

ZAPATA, J. I. H.; LA PAVA, G. C. R. Propiedades texturales y sensoriales de salchichas de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) con adición de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes*). **Ingeniería y Desarrollo**, v. 33, n. 2, p. 198-215, 2015. Doi: 10.14482/inde.33.2.6332.

ZAYAS, J.F. **Functionality of Proteins in Food**. Heidelberg: Springer, 1997, p. 6-75.

ZHOU, S.; REDDY, C. K.; DU, B.; XU, B. Pasting, thermal, and functional properties of wheat flour and rice flour formulated with chestnut flour. **Bioactive Carbohydrates and dietary fiber**, v. 26, p. 1-7, 2021. Doi: 10.1016/j.bcdf.2021.100290.