UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA – REDE BIONORTE

EXTRAÇÃO E ANÁLISE DA ESTABILIDADE DO ÓLEO FIXO DA POLPA E SEMENTE DOS FRUTOS DE BACUPARI (*Rheedia gardneriana*), TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) E PUPUNHA (*Bactris gasipaes*)

ANDRÉIA IBIAPINA

Palmas - TO
Fevereiro/2025

ANDRÉIA IBIAPINA

EXTRAÇÃO E ANÁLISE DA ESTABILIDADE DO ÓLEO FIXO DA POLPA E SEMENTE DOS FRUTOS DE BACUPARI (*Rheedia gardneriana*), TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) E PUPUNHA (*Bactris gasipaes*)

Trabalho de Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE, na Universidade Federal de Roraima como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Alves de Melo Filho
Coorientadora: Profª. Drª. Glêndara Aparecida de Souza Martins

Palmas-TO
Fevereiro/2025

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

I12e Ibiapina, Andréia.
Extração e análise da estabilidade do óleo fixo da polpa e semente dos frutos de bacuri (*Rheedia gardneriana*), tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) e pupunha (*Bactris gasipaes*) / Andréia Ibiapina. – Boa Vista, 2024.
54 f. : il. Inclui Anexos.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Alves de Melo Filho.
Coorientadora: Profa. Dra. Glêndara Aparecida de Souza Martins.

Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) - Universidade Federal de Roraima. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede Bionorte.

1. Óleos vegetais. 2. Frutos amazônicos. 3. Composição química. 4. Potencial. 5. Bioativos. 6. Estabilidade. I. Título. II. Melo Filho, Antonio Alves de (orientador). III. Martins, Glêndara Aparecida de Souza (coorientadora).

CDU (2. ed.) 574:614

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista (UFRR):
Maria de Fátima Andrade Costa - CRB-11/453-AM

ANDRÉIA IBIAPINA

EXTRAÇÃO E ANÁLISE DA ESTABILIDADE DO ÓLEO FIXO DA POLPA E SEMENTE DOS FRUTOS DE BACUPARI (*Rheedia gardneriana*), TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) E PUPUNHA (*Bactris gasipaes*)

Tese de Doutorado apresentado ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE, na Universidade Federal de Roraima, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Aprovada em 15/07/2024

Banca examinadora

Banca de Examinadores:

Membros/Instituição	Parecer	Assinatura
Dr. Antonio Alves de Melo Filho (UFRR) CPF: 331.219.314-15	Aprovado (X) Reprovado ( )	gov.br Documento assinado digitalmente ANTONIO ALVES DE MELO FILHO Data: 15/07/2024 11:06:47-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
Dra. Elisangela Elena Nunes Carvalho (UFLA) CPF: 836.059.836-34	Aprovado (X) Reprovado ( )	gov.br Documento assinado digitalmente ELISANGELA ELENA NUNES CARVALHO Data: 15/07/2024 13:26:48-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
Dr. Emerson Adriano Guarda (UFT) CPF: 905.245.192-34	Aprovado (X) Reprovado ( )	gov.br Documento assinado digitalmente EMERSON ADRIANO GUARDA Data: 15/07/2024 17:27:48-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
Dra. Bárbara Catarina Bastos de Freitas (KAUST) CPF: 017.429.750-54	Aprovado (X) Reprovado ( )	gov.br Documento assinado digitalmente BARBARA CATARINA BASTOS DE FREITAS Data: 15/07/2024 12:39:14-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
Dra. Patrícia Martins Guarda (UFT) CPF: 926.771.770-72	Aprovado (X) Reprovado ( )	gov.br Documento assinado digitalmente PATRICIA MARTINS GUARDA Data: 15/07/2024 17:37:51-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br

Boa Vista (RR), 15 de julho de 2024.

Resultado Final: Aprovado (X) Reprovado ( )

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

Eu, Andréia Ibiapina. Autorizo a publicação da versão final aprovada de minha Tese de Doutorado intitulada “Extração e análise da estabilidade do óleo fixo da polpa e semente dos frutos bacupari (*Rheedia gardneriana*), tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) e pupunha (*Bactris gasipaes*)” no Portal do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE (PPG-BIONORTE), bem como no repositótio de Teses da Capes ou junto à biblioteca da Instituição Certificadora.

Palmas-TO, 18 de fevereiro de 2025

gov.br Documento assinado digitalmente
ANDREIA IBIAPINA
Data: 18/02/2025 15:22:14-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Andréia Ibiapina

CPF: 033.311.891-03

RG: 1.049.582

Dedico ao meu pai, Nilson Raimundo Ibiapina (*in memoriam*). Amo o senhor eternamente, pai!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que iluminou o meu caminho durante essa trajetória.

À minha família, minha maior e melhor rede de apoio, que com muito carinho e não mediu esforços para que eu chegasse até aqui: Minha mãe, Desterro, meu maior exemplo, por me levantar sempre que precisei, sem medir esforços e por me amar independente de qualquer coisa. Meu pai, Nilson (*in memoriam*), por ser minha base e sempre torcer pelo meu sucesso. Te amo, pai! Minha irmã, Andressa, por ser minha melhor amiga, por me ajudar em tudo que foi possível e pelo incentivo de sempre. Minha avó, Amparo, a base da nossa família, por ser exemplo de fortaleza e por todos os sábios conselhos. Minhas primas, Andryenne e Aryelly, que são praticamente minhas irmãs, pelo companheirismo e parceria que sempre tivemos.

Às minhas filhas Ana Cecília e Ana Liz por serem os melhores presentes que o Senhor Deus poderia me dar. Por serem minha maior força para nunca desistir e sempre ir atrás dos meus objetivos. Eu amo vocês incondicionalmente.

Ao meu marido Evandro, por todo o companheirismo, compreensão, carinho, força, paciência e pelas palavras positivas quando eu me via desanimada.

Ao meu orientador, Antônio, por me estender a mão e pela confiança em mim depositada para o desenvolvimento desse trabalho.

À minha coorientadora, Glêndara, pelo acolhimento e pelo caminho percorrido junto a mim desde a graduação. Obrigada por ser essa pessoa tão humana que ultrapassa as barreiras acadêmicas. Pelas palavras de ânimo, pelo coração enorme e pela grande sensibilidade que tem. Não tenho palavras para expressar minha gratidão.

Aos colegas do Lacimp, principalmente Bianca, Larissa, Geovanna, Gabriela e Bárbara, pela ajuda, companheirismo e compartilhamento de conhecimento no desenvolver deste trabalho.

A todos que contribuíram, torceram e/ou acreditaram em mim, minha eterna gratidão.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)

IBIAPINA, Andréia. **Extração e análise da estabilidade do óleo fixo da polpa e semente dos frutos de bacupari (***Rheedia gardneriana***), tucumã (***Astrocaryum aculeatum***) e pupunha (***Bactris gasipaes***)**. 2024. 58 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2024.

RESUMO

O Brasil possui uma grande variedade de espécies frutíferas nativas e exóticas com potencial e interesse para indústria. Diante de tamanha riqueza, destacam-se os frutos amazônicos, tucumã, pupunha e bacupari. No entanto, a literatura pouco reporta acerca de dados desses frutos, principalmente a fração semente, que por sua vez, se torna resíduo, quando na verdade podem ser ricas em diversos compostos, podendo dar origem a excelentes produtos e subprodutos. Além disso, as sementes e polpas de frutos podem apresentar conteúdo lipídico expressivo e de interesse tecnológico. Desse modo, surge a necessidade de pesquisas científicas sobre tais frutos e suas propriedades. O objetivo desse trabalho, é caracterizar as sementes dos frutos tucumã (*Astrocaryum vulgare*), pupunha (*Bactris gasipaes*) e bacupari (*Garcinia gardneriana)* bem como, obter e avaliar as propriedades dos óleos obtidos a partir das porções, polpa e semente, posteriormente analisar a estabilidade oxidativa dos óleos. Para tanto, foram realizadas nas sementes e polpas dos frutos, análises de potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável, atividade de água (Aw) e composição centesimal, tendo resultados potenciais quanto ao teor de fibra, conteúdo mineral, carboidratos. Além disso, as sementes do tucumã e da pupunha se destacaram como matérias primas de alto conteúdo lipídico, diferentemente do bacupari. No entanto, a semente do mesmo, mostrou ser fonte de carotenoides, vitamina C e no geral, as sementes dos frutos apresentaram ainda, valor expressivo para, compostos fenólicos e atividade antioxidantes (DPPH, FRAP e β-caroteno), torna-as insumos de potencial tecnológico, além de promoverem benefícios a saúde do consumidor. Foram realizadas também, determinações de compostos antinutricionais como fitato, taninos totais, taninos condensados, inibidor de tripsina e compostos cianogênicos, onde foram detectados nas sementes do bacupari e tucumã a presença de fitato e taninos totais, porém, técnicas de processamento podem auxiliar na eliminação desses. Quanto aos óleos obtidos das frações polpa e semente dos frutos, os parâmetros avaliados mostraram resultados satisfatórios quanto ao grau de insaturação, através dos índices de refração e de iodo. O índice de saponificação, responsável por indicar deterioração, também se apresentou em conformidade. Para acidez, as amostras das sementes dos frutos e polpa do tucumã atendem ao Codex Alimentarius Commission e RDC 270/2005. Quanto a estabilidade oxidativa, após 60 dias de armazenamento, os óleos extraídos da semente de tucumã e de pupunha, assim como a amostra controle de óleo de soja, passaram a apresentar alterados índices de acidez, peróxido e saponificação com valores indesejáveis, indicando o início do processo de deterioração do produto.

Palavras-chave: Óleos vegetais; Frutos amazônicos; Composição química; Potencial; Bioativos; Estabilidade.

IBIAPINA, Andréia. **Extraction and stability analysis of fixed oil from the pulp and seed of bacupari (*Rheedia gardneriana*), tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) and pupunha (*Bactris gasipaes*) fruits**. 2024. 58 f. Thesis (Doctorate in Biodiversity and Biotechnology) – Federal University of Roraima, Boa Vista, 2024.

ABSTRACT

Brazil has a wide variety of native and exotic fruit species with potential and interest for industry. In the face of such wealth, the Amazonian fruits, tucumã, peach palm and bacupari stand out. However, the literature reports little about data on these fruits, especially the seed fraction, which in turn becomes waste, when in fact they can be rich in various compounds, which can give rise to excellent products and by-products. In addition, seeds and fruit pulps may have expressive lipid content of technological interest. Thus, there is a need for scientific research on these fruits and their properties. The objective of this work is to characterize the seeds of the fruits tucumã (Astrocaryum vulgare), pupunha (Bactris gasipaes) and bacupari (Garcinia Gardneriana) as well as to obtain and evaluate the properties of the oils obtained from the portions, pulp and seed and to analyze the oxidative stability of the same. For this purpose, analyzes of the hydrogen ion potential (pH), titratable acidity, water activity (Aw) and centesimal composition were carried out on the seeds and pulp of the fruits, with potential results regarding the fiber content, mineral content, carbohydrates. In addition, the seeds of tucumã and peach palm stood out as raw materials with a high lipid content, unlike bacupari. However, the seed of the same, proved to be a source of carotenoids, vitamin C and in general, the seeds of the fruits still presented, expressive value for, phenolic compounds and antioxidant activity (DPPH, FRAP, and β-carotene), makes them inputs of technological potential, in addition to promoting benefits to consumer health. Determinations of antinutritional compounds such as: phytate, total tannins, condensed tannins, trypsin inhibitor and cyanogenic compounds were also carried out, where the presence of phytate and total tannins was detected in bacupari and tucumã seeds, however, processing techniques can help in the elimination of these. As for the oils obtained from the pulp and seed fractions of the fruits, the evaluated parameters showed satisfactory results regarding the degree of unsaturation, through the refraction and iodine indices. The saponification index, responsible for indicating deterioration, was also in conformity. For acidity, samples of tucumã fruit seeds and pulp comply with the Codex Alimentarius Commission and RDC 270/2005. Regarding oxidative stability, after 60 days of storage, the oils extracted from tucumã and peach palm seeds, as well as the control sample of soybean oil, began to present altered levels of acidity, peroxide and saponification with undesirable values, citing the start of the product deterioration process.

Key-words: Vegetable oils; Amazon fruits; Chemical composition; Potential; Bioactives; Stability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacupari (*Garcinia gardneriana*). 15

Figura 2 - Tucumã (*Astrocaryum vulgare*). 16

Figura 3 - Pupunha *(bactris gasipaes kunth)* 17

Figura 4 - Óleo fixo extraído da polpa e semente do Bacupari. 29

Figura 5 - Índice de refração para o óleo de soja (amostra controle), óleo da semente do tucumã e óleo da semente da pupunha durante o armazenamento. 32

Figura 6 - Índice de acidez para o óleo de soja (amostra controle), óleo da semente do tucumã e óleo da semente da pupunha durante o armazenamento. 33

Figura 7 - Índice de peróxido para o óleo de soja (amostra controle), óleo da semente do tucumã e óleo da semente da pupunha durante o armazenamento. 34

Figura 8 - Índice de saponificação para o óleo de soja (amostra controle), óleo da semente do tucumã e óleo da semente da pupunha durante o armazenamento. 34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos de extração de óleos das porções dos frutos. 24

Tabela 2 - Características físico-químicas das polpas e sementes do Bacupari, Tucumã e Pupunha. 27

Tabela 3 - Compostos bioativos e antioxidantes das polpas e sementes do Bacupari, Tucumã e Pupunha. 27

Tabela 4 - Fatores antinutricionais das sementes do Bacupari, Tucumã e Pupunha. 28

Tabela 5 - Rendimento de extração dos óleos das frações polpa e semente do bacupari, pupunha e tucumã utilizando o método Soxhlet com e sem pré-tratamento utilizando ultrassom. 28

Tabela 6- Rendimento de extração dos óleos das frações polpa e semente do bacupari, pupunha e tucumã utilizando o método Bligh & Dyer com e sem pré-tratamento utilizando ultrassom. 29

Tabela 7 - Caracterização dos óleos das polpas e sementes do tucumã e pupunha extraídos pelo método Soxhlet. 30

Tabela 8 - Caracterização dos óleos das polpas e sementes do tucumã e pupunha extraídos pelo método Bligh & Dyer. 30

Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos das sementes e polpas de Tucumã e Pupunha. 31

Tabela 10 - Resumo da análise de variância com os valores de quadrado médio para o índice de refração, índice de acidez, índice de peróxido e índice de saponificação para os óleos analisados. 32

Tabela 11 - Índice de refração para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 ºC. 32

Tabela 12 - Índice de acidez para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 ºC. 33

Tabela 13 - Dados de índice de peróxido para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 ºC. 33

Tabela 14 - Dados de índice de saponificação para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 ºC. 34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
1.2 OBJETIVOS 12
1.2.1 Objetivo Geral 12
1.2.2 Objetivos Específicos 12
2 REVISÃO DE LITERATURA 14
2.1 BACUPARI *(Garcinia gardneriana Salacia crassifolia)* 15
2.2 TUCUMÃ *(Astrocaryum aculeatum)* 16
2.3 PUPUNHA (*Bactris gasipaes*) 17
2.4 ESTABILIDADE OXIDATIVA 18
3 MATERIAIS E MÉTODOS 19
3.1 MATÉRIA-PRIMA 19
3.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA 19
3.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH) 19
3.2.2 Acidez Titulável (AT) 19
3.2.3 Atividade de Água (Aw) 19
3.2.4 Composição Centesimal (%) 20
3.3 COMPOSTOS BIOATIVOS 20
3.3.1 Compostos Fenólicos Totais 20
3.3.2 Carotenoides 20
3.3.3 Vitamina C 20
3.3.4 β-Caroteno/ ácido Linoleico 20
3.3.5 Tocoferóis 21
3.3.6 Fitoesteróis 21
3.4 ANTIOXIDANTES 21
3.4.1 Obtenção dos extratos 21
3.4.2 DPPH 21
3.4.3 FRAP 21
3.4.4 ABTS$^+$ 22
3.5 FATORES ANTINUTRICIONAIS 22
3.5.1 Fitatos 22
3.5.2 Taninos 22
3.5.2.1 Taninos Totais 22
3.5.2.2 Taninos Condensados 22
3.5.2.3 Inibidores de Tripsina 22

3.5.2.4 Compostos Cianogênicos 23
3.6 EXTRAÇÃO DO ÓLEO FIXO DAS PORÇÕES DE BACUPARI, PUPUNHA E TUCUMÃ PARA CARACTERIZAÇÃO 23
3.6.1 Rendimento dos óleos 23
3.6.2 Otimização da extração do óleo fixo das porções dos frutos 23
3.6.2.1 Pré-tratamento por Banho Ultrassônico 24
3.6.2.2 Extração por Bligh & Dyer 24
3.6.2.3 Extração por Solventes Soxhlet 24
3.6.3 Caracterização física e química inicial do óleo 25
3.6.4 Perfil de ácidos graxos 25
3.6.5 Avaliação da estabilidade oxidativa do óleo fixo durante o armazenamento 25
3.7 TRATAMENTO DE DADOS 26
5 RESULTADOS 27
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS PORÇÕES DOS FRUTOS 27
5.2 COMPOSTOS BIOATIVOS E ANTIOXIDANTES 27
5.3 FATORES ANTINUTRICIONAIS 28
5.4 EXTRAÇÃO DO ÓLEO FIXO DA POLPA E SEMENTE DOS FRUTOS 28
5.5 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS 31
5.6 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE OXIDATIVA DOS ÓLEOS 32
6 DISCUSSÕES 35
6.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS PORÇÕES DOS FRUTOS 35
6.2 COMPOSTOS BIOATIVOS E ANTIOXIDANTES 36
6.3 FATORES ANTINUTRICIONAIS 37
6.4 EXTRAÇÃO DO ÓLEO FIXO DA POLPA E SEMENTE DOS FRUTOS 38
6.5 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS 41
6.6 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE OXIDATIVA DOS ÓLEOS 42
7 CONCLUSÃO 44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45

1 INTRODUÇÃO

A região amazônica possui uma das maiores biodiversidades do mundo abrangendo a maior floresta intacta do mundo e o maior bioma do Brasil. Cerca de 49,29% do território brasileiro e 40% do continente sul-americano são compostos pelo bioma amazônico (FARIA et al., 2021).

A região amazônica possui grande biodiversidade biológica, tanto em espécies animais quanto vegetais, os quais apresentam potencial econômico para uso em diversos setores, como a atividade extrativa vegetal para processamento de alimentos e bebidas. Porém, o uso de algumas espécies ainda está sendo estudado em escala industrial (CHISTÉ et al., 2021). A partir de 1988, com exposição da Amazônia à mídia mundial, as frutas nativas ganharam destaque, as quais anteriormente tinham consumo local e sazonal. Como resultado, as frutas Amazônicas ganharam mercado interno e externo (HOMMA et al., 2018).

As espécies oleaginosas nativas florestais vêm sendo utilizadas, sustentavelmente, em prol da manutenção e preservação do meio ambiente assim como ocasionando a geração de renda em comunidades rurais (FASCIOTTI et al., 2020). Os óleos vegetais são utilizados para fins alimentícios, bem como em algumas funções tecnológicas. A busca de novas fontes de óleos vegetais tem sido de grande interesse nas últimas décadas para a indústria de alimentos, bem como para a indústria farmacêutica e de combustíveis. Na Amazônia são encontradas espécies cujos frutos apresentam quantidade e qualidade de óleo com valor econômico para diferentes aplicações industriais e biotecnológicas (LISBOA et al., 2020).

Nesse contexto, o bacupari, o qual também é conhecido por “uvacupari”, “cascudo”, “saputá” ou “bacoparí” é considerado um fruto adocicado e refrescante muito consumido “in natura”, mas também com bastante capacidade de processamento para conservação do fruto. Apresenta atividade microbiana, anti-inflamatória e antitumoral, além de outras características desejáveis (MOREIRA et al., 2017; SHNEIDER et al., 2020).

O Tucumã, também conhecido como “acaiúra”, “acuiuru” ou “tucum”, é bastante nutritivo e sua polpa é muito consumida tanto “in natura” quanto na forma processada (CARNEIRO et al., 2017). O fruto do tucumanzeiro apresenta boa produtividade em óleo, mesmo em solos ácidos, de média a baixa fertilidade natural (CASAS et al., 2022). É considerada uma espécie com grande potencial e, por isso, passou a ser indicada como matéria-prima para a produção de biodiesel pelo alto teor lipídico, cerca de 21.5% (STACHIW et al., 2016).

A pupunha é considerada um fruto altamente nutritivo e indicado como potencial na indústria alimentícia pelo alto teor de carboidratos, valor energético, proteínas e índice lipídico intermediário (quando comparado a outros frutos amazônicos) (MELO et al., 2017; BRITO et al., 2017). A pupunheira é apreciada na alimentação pelo seu palmito e seus frutos, os quais podem ser consumidos e utilizados no processamento de alimentos em função de seu alto valor nutritivo e energético, sendo rico em proteínas, carboidratos, fibras, óleo, caroteno (pró-vitamina A), ácido ascórbico, minerais, principalmente ferro, cálcio e fósforo (SANTOS et al., 2017).

Um dos grandes problemas tecnológicos na extração e armazenamento de óleos vegetais é a degradação. Mecanismo que promove a formação de radicais livres, dando origem a hidroperóxidos, também chamados de produtos de oxidação primária, sendo esses gerados a partir da oxidação dos lipídeos, tendo como produtos finais, álcoois, aldeídos e cetonas. Esses compostos voláteis, além de conferir sabor desagradável ao óleo, compostos tóxicos também podem ser gerados no armazenamento, tornando os óleos inadequados para consumo humano (LEONARDIS et al., 2016).

1.1 JUSTIFICATIVA

A pesquisa com os frutos amazônicos se faz necessária, pois se destacam devido ao seu alto potencial nutritivo, além de sua importância econômica para região que os produz. A extração desses óleos vegetais pode ser uma alternativa para o seu aproveitamento integral de maneira sustentável.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Extração e caracterização do óleo obtido da polpa e semente do bacupari (*Rheedia gardneriana*), tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) e pupunha (*Bactris gasipaes*).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a matéria-prima;

- Otimizar a extração do óleo presente nas diferentes porções (polpa e semente) do bacupari, tucumã e pupunha utilizando diferentes métodos de extração;
- Caracterizar o óleo extraído das diferentes porções do fruto, quanto ao índice de acidez, índice de saponificação, índice de iodo, índice de peróxido, densidade relativa, viscosidade cinemática, teor de umidade e voláteis e pH, compostos bioativos, compostos antinutricionais e perfil de ácidos graxos;
- Analisar a estabilidade oxidativa do óleo extraído durante o armazenamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Apesar de apresentar grande biodiversidade biológica, tanto em espécies animais quanto vegetais, o número de espécies da região estudado em escala industrial ainda é baixo (MELO et al., 2022).

Diante dessa biodiversidade frutífera faz-se necessário maior valorização destes frutos, ainda pouco caracterizados e explorados por pesquisadores (NEGRI et al., 2016). Em termos nutricionais, os frutos Amazônicos apresentam uma abundante disponibilidade de proteínas, carboidratos, fibras, lipídios, vitaminas e minerais que proporcionam uma alimentação enriquecida. Além disso, estes frutos apresentam grandes quantidades de compostos bioativos e elevada atividade antioxidante, tanto nas polpas, quanto nos subprodutos por eles produzidos, como cascas e sementes (BARROS et al., 2017). Esses subprodutos podem apresentar maior quantidade e/ou diversidade de compostos bioativos que a porção comestível (CAN-CAUICH et al., 2019).

A região amazônica brasileira é também rica em espécies vegetais oleaginosas, com potencial valor econômico para diferentes aplicações industriais e biotecnológicas (DABAJA et al., 2018). Os óleos e gorduras vegetais produzidos por essas espécies têm composições únicas, além de propriedades físico-químicas e nutricionais importantes (BEZERRA et al., 2017). Além disso, estima-se que de 60 a 80% da fração não saponificável das frutas da Amazônia seja formada por compostos bioativos, especialmente ácidos graxos insaturados, esteróis, vitamina E e carotenoides (SERRA et al., 2019). Os óleos amazônicos possuem grande potencial para utilização como produtos medicinais, cosméticos, nutracêuticos e na geração de energia, além da utilização na indústria de alimentos (HIDALGO et al., 2016).

Estudos envolvendo espécies de frutas oleaginosas vêm crescendo por estas se tratarem de possíveis fontes alternativas de geração de energia, além de apresentarem funções tecnológicas importantes para a indústria (MOURA et al., 2019). A indústria de alimentos demonstra uma demanda crescente por compostos naturais para desenvolver novos conservantes de alimentos contra microrganismos patogênicos e deteriorantes, bem como para sustentar a inovação em relação às embalagens de alimentos e a exploração de espécies oleaginosas para o processamento de óleos vegetais pode influenciar nessa finalidade (ASBAHANI et al., 2015).

O óleo fixo presente nos frutos amazônicos pode ser encontrado quando extraído em temperatura ambiente tanto na forma de óleo (líquido) quanto na forma de gordura (sólido), o que pode ser explicado de acordo com o grau de saturação da cadeia de ácidos graxos

encontrada. Algumas matrizes oleaginosas da região vêm adquirindo cada vez mais destaque, como é o caso do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.), palmeira nativa que produz frutos constituídos por polpa e caroço, aos quais correspondem a aproximadamente 53,2 e 24,5%, respectivamente, do fruto. Enquanto a polpa do fruto do tucumã fornece um óleo alaranjado rico em ácidos graxos poli-insaturados, a amêndoa produz uma gordura rica em ácidos graxos saturados láuricos (PEREIRA et al., 2019).

A pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) é também uma palmeira nativa da Amazônia cujos frutos são consumidos pelos povos da região, que além de ser muito conhecida por sua utilização na produção de palmito também se apresenta como importante fonte de óleo fixo. SANTOS et al. (2017) mostram que o óleo extraído destes frutos é caracterizado pelo alto teor de ácidos graxos saturados (56,54%), sendo encontrado os ácidos graxos palmítico e oleico.

2.1 BACUPARI *(Garcinia gardneriana Salacia crassifolia)*

O bacupari é considerado um fruto adocicado e refrescante, muito consumido in natura ou na forma processada e apresenta atividade microbiana, anti-inflamatória e antitumoral, alto teor lipídico, (SCHNEIDER et al., 2020), alto teor proteico e compostos fenólicos (MARQUES et al., 2018).

Figura 1 - Bacupari (*Garcinia gardneriana*).

Fonte: Autora

O óleo do bacupari pode ser obtido tanto da semente, quanto da polpa e pode apresentar-se como uma boa fonte para utilização na indústria cosmética ou de alimentos por suas características emulsificantes e alta estabilidade oxidativa, além de apresentar uma boa quantidade de compostos como tocóis e carotenoides (SERRA et al., 2019). As sementes

podem conter de 8 a 9% de óleo, que pode ser usado em tratamento de feridas e tumores (MELO et a., 2021).

2.2 TUCUMÃ *(Astrocaryum aculeatum)*

O Tucumã é altamente nutritivo e sua polpa é consumida tanto in natura quanto na forma processada (CARNEIRO et al., 2017). O fruto é considerado fonte de lipídeos, fibras, vitamina C, minerais, ácidos graxos insaturados e possui elevado potencial antioxidante sendo considerado ideal para produção de alimentos para o consumo humano. Dentre os minerais mais abundantes nesse fruto estão o ferro, potássio e manganês, tornando-o um ótimo suplemento de minerais, podendo ser utilizado no controle de doenças como anemia ferropriva e hipocalemia (SANTOS et al., 2018). O tucumã é caracterizado por apresentar baixa acidez e teor de açúcar, alto teor de β-caroteno e valor energético (AZEVEDO et al., 2017).

Figura 2 - Tucumã (*Astrocaryum vulgare*).

Fonte: Autora

O fruto do tucumanzeiro apresenta boa produtividade em óleo, mesmo em solos ácidos, de média a baixa fertilidade natural (FRANZINI et al., 2016). A polpa apresenta um óleo de cor alaranjada, o que torna sua aplicação na indústria semelhante ao uso do azeite de dendê. O óleo de tucumã apresenta composição lipídica com ácidos graxos mono e poliinsaturados, como ácido oleico, linoleico e linolênico e também presença de ácidos graxos saturados, como o palmítico e esteárico (COSTA et al., 2016). Apesar de seu grande potencial

para a produção de óleo com alto teor de vitamina A o uso do tucumã ainda se restringe ao consumo das comunidades tradicionais e urbanas de baixa renda (SILVA et al., 2021).

2.3 PUPUNHA (*Bactris gasipaes*)

A pupunha é considerada um fruto altamente nutritivo e energético, com potencial na indústria alimentícia associado ao alto teor de carboidratos, proteínas, índice lipídico, fibras, caroteno (pró-vitamina A), ácido ascórbico e minerais (BRITO et al., 2017; MELO et al., 2017). O fruto possui uma alta concentração de óleo, com alto conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados linoleicos e linolênicos, que podem representar até cerca de 40% da composição (RESTREPO et al., 2016; SANTOS, 2016). O óleo extraído da polpa da pupunha apresenta características promotoras de qualidade à saúde quando ingeridos como a prevenção de doenças cardiovasculares (SANTOS et al., 2020). Além disso, o óleo deste fruto possui função antimicrobiana devido a metabólitos secundários presentes em sua composição química (BRITO et al., 2017).

Figura 3 - Pupunha *(bactris gasipaes kunth)*

Fonte: Autor

Segundo SINGH e JORGE (2013), a fração lipídica da polpa de pupunha apresentou rendimento de 22,07% em óleo, sendo este formado por uma fração de 62,86% de ácidos graxos insaturados, tendo o ácido oleico como majoritário (48,65%), e 37,13% de ácidos graxos saturados. Entre os ácidos graxos quantificados, observaram-se ainda maiores porcentagens dos ácidos palmítico (33,75%) e linoleico (6,59%). O óleo de pupunha apresenta estabilidade suficiente para ser usado em processo como fritura e pulverização de snacks e biscoitos crackers, onde é usado para manter a qualidade do produto e aumentar a palatabilidade.

2.4 ESTABILIDADE OXIDATIVA

A caracterização das propriedades físicas dessas gorduras e óleos fixos é essencial para promover sua aplicação industrial. Em geral, essas propriedades estão diretamente relacionadas à composição de triacilglicerol dos lipídeos (TAG). Um exemplo é a viscosidade que tais óleos apresentam, aumentando com o comprimento da cadeia de triglicerídeos e diminuindo de acordo com as instaurações presentes (PEREIRA, et al., 2019; FADDA et al., 2022).

Segundo MUJTABA et al. (2020), os óleos amazônicos possuem alto potencial de estabilidade oxidativa devido ao alto teor de ácidos graxos saturados, como láurico, mirístico e palmítico, que influenciam positivamente em variáveis como ponto de fusão e saponificação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATÉRIA-PRIMA

Os frutos do bacupari foram coletados no interior do estado do Tocantins e o tucumã e a pupunha em Boa Vista-Roraima. Foram selecionados de acordo com seu estágio de maturação e conservação em uma seleção rigorosa e crítica. Em seguida, foram encaminhados ao Laboratório de Cinética de Modelagem de Processos (LaCiMP), situado na Universidade Federal do Tocantins, para que pudessem ser lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm. Foram então descascados e despolpados manualmente com auxílio de facas de modo que cada fração (polpa e semente) fossem armazenadas separadamente em sacos de polietileno e acondicionados em freezer até a realização das análises.

3.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA

3.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada em um potenciômetro calibrado previamente com soluções de pH 4,0 e 7,0, segundo a AOAC (2012).

3.2.2 Acidez Titulável (AT)

A acidez titulável foi realizada por meio de titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 M, utilizando fenolftaleína como indicador, conforme a AOAC (2012).

3.2.3 Atividade de Água (Aw)

A atividade de água foi determinada por medição direta em equipamento Aqualab, com a amostra a temperatura ambiente.

3.2.4 Composição Centesimal (%)

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa até peso constante, lipídios determinado por extração direta em Soxhlet utilizando hexano como solvente de extração, proteínas por digestão seguido de destilação em destilador kjeldahl e titulação, fibra bruta através da digestão ácida e básica, tendo o resíduo filtrado e calcinado e cinzas por meio de incineração com aquecimento em mufla a 550 °C, sendo todas estas análises realizadas de acordo com as normas proposta pela AOAC (2012).

3.3 COMPOSTOS BIOATIVOS

3.3.1 Compostos Fenólicos Totais

Os compostos fenólicos totais, foram determinados utilizando o reagente Folin Ciocalteau, conforme descrito por WATERHOUSE (2002), em espectrofotômetro a 750 nm com resultados expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG).$100g^{-1}$ de amostra.

3.3.2 Carotenoides

A determinação dos carotenoides foi conforme HIGBY (1962) em espectrofotômetro com comprimento de onda de 450 nm e resultados expressos em $mg.100g^{-1}$.

3.3.3 Vitamina C

O teor de vitamina C da semente foi determinado em espectrofotômetro pelo método colorimétrico com o reagente 2,4 dinitrofenilhidrazina, conforme o proposto por STROHECKER e HENNING (1967), com os resultados expressos em $mg100g^{-1}$ de ácido ascórbico.

3.3.4 β-Caroteno/ ácido Linoleico

A quantificação de β-Caroteno/ ácido Linoleico, seguiu a metodologia de RUFINO et al. (2006ª), tendo os resultados expressos em percentagem de inibição da oxidação (% IO).

3.3.5 Tocoferóis

A identificação e quantificação dos tocoferóis foram realizadas através de um preparo em diclorometano a partir do óleo e a análise ocorreu através de cromatografia gasosa, conforme metodologia descrita por MATTHAUS e OZCAN (2011).

3.3.6 Fitoesteróis

A extração dos fitoesteróis foi realizada por hidrólise ácida em etanol seguida de saponificação, conforme metodologia descrita por TOIVO et al. (2001).

3.4 ANTIOXIDANTES

3.4.1 Obtenção dos extratos

Os extratos para determinação dos compostos antioxidantes foram preparados, de forma que, pesou-se de 2-5 g de amostra, adicionou-se 80Ml de álcool etílico (80%), mantendo em agitação por 1h. Posteriormente, foram filtrados em papel filtro. Vale ressaltar, que todo o procedimento foi realizado na ausência de luz, e os extratos obtidos, foram armazenados em frascos âmbar e congelados até a realização das análises (RUFINO et al., 2010).

3.4.2 DPPH

A atividade antioxidante foi determinada pela redução do radical estável 2,2-di(4-t-octilfenil)-1-picrilhidrazila (DPPH.), seguindo o método descrito por BRAND WILLIAMS et al. (1995), com modificações segundo RUFINO et al. (2007b).

3.4.3 FRAP

A atividade antioxidante, avaliada quanto ao poder de redução do Ferro, foi medida de acordo com RUFINO et al. (2006b). Os resultados foram expressos em μmol de Trolox.g^{-1} de massa fresca.

3.4.4 ABTS^{+}

A capacidade de redução do radical ABTS+ foi realizada segundo a metodologia proposta por RUFINO et al. (2007ª). Os resultados foram expressos em µmol de Trolox.100g^{-1} de massa fresca.

3.5 FATORES ANTINUTRICIONAIS

3.5.1 Fitatos

O conteúdo de ácido fítico foi determinado pelo método descrito por LATTA e ESKIN (1980), utilizando resina DEAE- Cellulose (ion-exchangeresin), de acordo com VILLELA et al. (1973). Sendo quantificados por espectrofotometria ao comprimento de onda de 500 nm. Os resultados foram expressos em presença ou ausência.

3.5.2 Taninos

3.5.2.1 Taninos Totais

A determinação dos taninos totais se deu, a partir da leitura espectrofotométrica a 760nm, pelo método de SWAIN e HILLIS (1959). Os resultados foram expressos em presença ou ausência.

3.5.2.2 Taninos Condensados

Os taninos condensados foram estimados espectrofotometricamente, pelo método de SUN et al. (1998), com adaptações realizadas por Barcia et al. (2012). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 500 nm. Os resultados foram expressos em presença ou ausência.

3.5.2.3 Inibidores de Tripsina

O teor de inibidores de tripsina foi determinado de acordo com ARCON (1979), com base na extração de três extratos: básico, neutro a ácido para a amostra. O conteúdo foi

determinado através de um espectrofotômetro a 280 nm. Os resultados foram expressos em presença ou ausência.

3.5.2.4 Compostos Cianogênicos

O teste Guignard, foi utilizado para verificar a presença de ácido cianídrico nas amostras. Sendo, a semente de ameixa usada como “controle positivo” por apresentar glicosídeos cianogênicos, precursores do ácido cianídrico (ARAÚJO, 2011). Dessa forma, foram feitas as comparações da amostra controle com as amostras dos frutos, tendo os resultados expressos em presença ou ausência.

3.6 EXTRAÇÃO DO ÓLEO FIXO DAS PORÇÕES DE BACUPARI, PUPUNHA E TUCUMÃ PARA CARACTERIZAÇÃO

A extração dos óleos vegetais foi realizada nas frações polpa e semente de cada fruto pela metodologia de extração Soxhlet sem pré-tratamento, Soxhlet assistido por Banho Ultrassônico, Bligh & Dyer sem pré-tratamento e Bligh & Dyer assistido por Banho Ultrassônico para avaliar o efeito dos processos no rendimento da extração.

3.6.1 Rendimento dos óleos

A determinação do rendimento do óleo extraído se deu pela multiplicação do nº de gramas de lipídios por 100, dividido pelo n° de gramas da amostra. As análises foram conduzidas em triplicata com sete repetições e os resultados das mesmas foram expressos considerando a média e o desvio padrão.

3.6.2 Otimização da extração do óleo fixo das porções dos frutos

Para otimização da extração dos óleos vegetais das frações de polpa e semente de cada fruto será utilizada a metodologia de extração Soxhlet e a extração por Bligh & Dyer. Foi aplicado como pré-tratamento o Banho-Ultrasônico para avaliar o efeito do processo no rendimento da extração. Sendo assim tivemos os seguintes métodos de extração:

Tabela 1 - Métodos de extração de óleos das porções dos frutos.

Pré- Tratamento	Metodologia de extração
Banho-Ultrasônico	Soxhlet
Sem pré-tratamento	Soxhlet
Banho-Ultrasônico	Bligh & Dyer
Sem pré-tratamento	Bligh & Dyer

Para determinação do melhor método de extração será conduzido um delineamento fatorial 4x2x1, considerando como fatores o método de extração (Soxhlet sem pré-tratamento, Soxhlet assistido por Banho Ultrassônico, Bligh & Dyer sem pré-tratamento e Bligh & Dyer assistido por Banho Ultrassônico), fração do fruto (polpa e semente) e tempo de extração (8 horas). Como variáveis respostas serão consideradas o rendimento e a caracterização dos óleos extraídos, a fim de comparar e definir qual o melhor método, submetendo os dados obtidos à análise de variância e múltipla comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% ($p<0,05$), por meio do software SISVAR (FERREIRA, 1999).

3.6.2.1 Pré-tratamento por Banho Ultrassônico

Inicialmente a amostra foi preparada com trituração e secagem em estufa. Em seguida a amostra foi colocada em equipamento de banho ultrassônico, com adição de solventes extratores, conforme o descrito por LONGO et al. (2020).

3.6.2.2 Extração por Bligh & Dyer

A extração a frio foi realizada de acordo com a metodologia descrita por BLIGH & DYER (1959). O método baseia-se na homogeneização da amostra com metanol e clorofórmio, em proporções que formam uma única fase miscível com água e em seguida adiciona-se clorofórmio e água nas duas fases com materiais lipídicos em que serão separados em camada de clorofórmio.

3.6.2.3 Extração por Solventes Soxhlet

O óleo foi extraído utilizando o método de extração por solventes Soxhlet, de acordo com o preconizado pelo Instituto Adolf Lutz – IAL (2008).

Os percentuais lipídicos obtidos serão avaliados por múltipla comparação de médias, utilizando o teste de Tukey a 5% ($p<0,05$) por meio do software SISVAR (sistema de análise de variância para dados balanceados) (FERREIRA, 1999), a fim de comparar o rendimento entre os diferentes métodos de extração dos óleos obtidos.

3.6.3 Caracterização física e química inicial do óleo

O óleo extraído foi purificado por processo de degomagem com ácido fosfórico (H_3PO_4) e água, neutralização e secagem (MOURA et al., 2019). Após a purificação, o óleo foi caracterizado quanto ao índice de acidez ($g.100g^{-1}$ de ácido oleico), índice de saponificação (mg $KOH.g^{-1}$ lipídios), índice de iodo (g $I_2.100g^{-1}$ lipídios), índice de peróxido (meq $O_2.kg^{-1}$), densidade relativa, viscosidade cinemática, teor de umidade e voláteis e pH conforme métodos oficiais da American Oil Chemists Society – AOCS (2003) e Instituto Adolf Lutz (2008), empregados na avaliação das características físico-químicas de identidade e de qualidade dos óleos.

3.6.4 Perfil de ácidos graxos

O perfil dos ácidos graxos será obtido através da técnica de cromatografia gasosa acoplada a um detector de ionização de chama (CG-DIC), conforme RODRIGUES et al. (2010).

3.6.5 Avaliação da estabilidade oxidativa do óleo fixo durante o armazenamento

Para avaliação da estabilidade oxidativa do óleo extraído, foi foram analisados a porção do fruto com melhores resultados de rendimento, caracterização e perfil de ácidos graxos (semente ou polpa), tempo de armazenamento (0, 15, 30, 60, 90 e 120 dias) e temperatura de Armazenamento (35 ºC).

O óleo obtido foi armazenado em frasco de vidro âmbar e mantido sem a incidência de luz em uma incubadora de tipo BOD por 120 dias a uma temperatura controlada e estável de 35 °C. As variáveis respostas do óleo analisado durante o período de armazenamento foram submetidas a análise de identidade de qualidade (índice de refração, acidez, saponificação e peróxido). Como amostra controle foi selecionado o óleo de soja (Concórdia, LPF:0529).

3.7 TRATAMENTO DE DADOS

Para análise da composição físico-química da matéria-prima assim como dos óleos extraídos em diferentes porções do fruto (polpa e semente) foi utilizada a múltipla comparação de médias através do teste de Tukey a 5% ($p<0,05$) utilizando o software SISVAR. As análises serão conduzidas em sete repetições.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS PORÇÕES DOS FRUTOS

Tabela 2 - Características físico-químicas das polpas e sementes do Bacupari, Tucumã e Pupunha.

Parâmetros	Porção	FRUTO		
		Bacupari	**Tucumã**	**Pupunha**
pH (Escala)	Polpa	7,30 ± 0,04	6,72 ± 0,04	6,61 ± 0,02
	Semente	5,88 ± 0,04	6,79 ± 0,03	6,65 ± 0,04
Acidez (%)	Polpa	1,67 ± 0,08	1,80 ± 0,16	1,89 ± 0,001
	Semente	3,64 ± 0,18	1,58 ± 0,03	1,78 ± 0,18
Atividade de Água (%)	Polpa	0,94 ± 0,001	0,94 ± 0,01	0,93 ± 0,002
	Semente	0,94 ± 0,001	0,88 ± 0,002	0,91 ± 0,06
Umidade (%)	Polpa	79,53 ± 0,33	37,4 ± 0,62	77,62 ± 0,01
	Semente	47,38 ± 0,420	12,36 ± 0,30	51,27 ± 1,22
Lipídeos (%)	Polpa	0,83 ± 0,89	17,37 ± 1,05	6,59 ± 0,02
	Semente	0,73 ± 0,15	19,35 ± 1,87	5,38 ± 0,71
Proteínas (%)	Polpa	1,66 ± 0,05	3,08 ± 0,31	1,33 ± 0,06
	Semente	4,58 ± 0,002	3,45 ± 0,32	3,32 ± 0,13
Fibra Bruta (%)	Polpa	0,89 ± 0,21	6,54 ± 0,14	0,49 ± 0,005
	Semente	2,71 ± 0,07	29,11 ± 1,00	17,68 ± 1,29
Cinzas (%)	Polpa	0,46 ± 0,02	2,21 ± 0,05	0,45 ± 0,002
	Semente	2,41 ± 0,05	1,46 ± 0,06	1,56 ± 0,03

Resultados expressos em média ± desvio padrão (n = 3).

5.2 COMPOSTOS BIOATIVOS E ANTIOXIDANTES

Tabela 3 - Compostos bioativos e antioxidantes das polpas e sementes do Bacupari, Tucumã e Pupunha.

Parâmetros	Porção	FRUTO		
		Bacupari	**Tucumã**	**Pupunha**
Carotenoides totais (mg de carotenoides totais.100g^{-1} de amostra)	Polpa	0,145 ± 0,010	2,55 ± 0,03	3,47 ± 0,02
	Semente	0,63 ± 0,007	0,03 ± 0,009	0,03 ± 0,003
β-caroteno (% de inibição da oxidação - IO)	Polpa	98,17 ± 0,009	87,02 ± 0,01	300 ± 0,026
	Semente	244 ± 0,06	110 ± 0,01	151,11 ± 0,02
Vitamina C (mg de ácido	Polpa	163,49 ± 0,33	108,31 ± 1,20	206,22 ± 0,23

ascórbico.100g^{-1} de amostra)	Semente	91,17 ± 0,07	19,22 ± 0,05	36,23 ± 0,18
DPPH (g fruta / g DPPH)	Polpa	1484.69 ± 2,88	1987,96 ± 0,01	2549,24 ± 8,05
	Semente	418,96 ± 1,565	922,05 ± 3,47	4304,65 ± 22,85
FRAP (µM sulfato ferroso.g^{-1} de amostra)	Polpa	55,54 ± 0,18	105,96 ± 0,002	41,60 ± 1,5
	Semente	4,17 ± 0,09	66,22 ± 0,04	1,25 ± 0,04
ABTS (uM trolox.g^{-1} de amostra)	Polpa	0,046 ± 0,03	0,59 ± 0,031	0,105 ± 0,014
	Semente	1,69 ± 0,10	0,26 ± 0,02	0,21 ± 0,016
Fenólicos Totais em Frutas (mg GAE.100g^{-1} de amostra)	Polpa	65,91 ± 0,75	117,42 ± 1,68	36,14 ± 0,17
	Semente	131,81 ± 0,37	101,68 ± 0,95	75,06 ± 1,38

Resultados expressos em média ± desvio padrão (n = 3)

5.3 FATORES ANTINUTRICIONAIS

Tabela 4 - Fatores antinutricionais das sementes do Bacupari, Tucumã e Pupunha.

Fruto	**Fração do fruto**	**PARÂMETROS**				
		Fitatos	**Taninos Totais**	**Taninos Condensados**	**Inibidor de Tripsina**	**Compostos Cianogênicos**
Bacupari	Polpa	-	-	-	-	-
	Semente	+	+	-	-	-
Tucumã	Polpa	-	-	-	-	-
	Semente	-	+	-	-	-
Pupunha	Polpa	-	-	-	-	-
	Semente	-	-	-	-	-

(-) Ausência para as análises realizadas, (+) Presença para as análises realizadas.

5.4 EXTRAÇÃO DO ÓLEO FIXO DA POLPA E SEMENTE DOS FRUTOS

Tabela 5 - Rendimento de extração dos óleos das frações polpa e semente do bacupari, pupunha e tucumã utilizando o método Soxhlet com e sem pré-tratamento utilizando ultrassom.

Fruto	**Porção do Fruto**	**Método de Extração**	**Rendimento (ml.100g^{-1})**
Bacupari	Semente	Soxhlet	0,73^{b}
		Ultrassom + Soxhlet	0,98^{a}
	Polpa	Soxhlet	0,17^{a}
		Ultrassom + Soxhlet	0,14^{a}
Tucumã	Semente	Soxhlet	19,35^{a}
		Ultrassom + Soxhlet	17,65^{b}
	Polpa	Soxhlet	10,87^{a}
		Ultrassom + Soxhlet	9,65^{b}

Pupunha	Semente	Soxhlet	5,38[b]
		Ultrassom + Soxhlet	5,79[a]
	Polpa	Soxhlet	5,83[a]
		Ultrassom + Soxhlet	5,54[b]

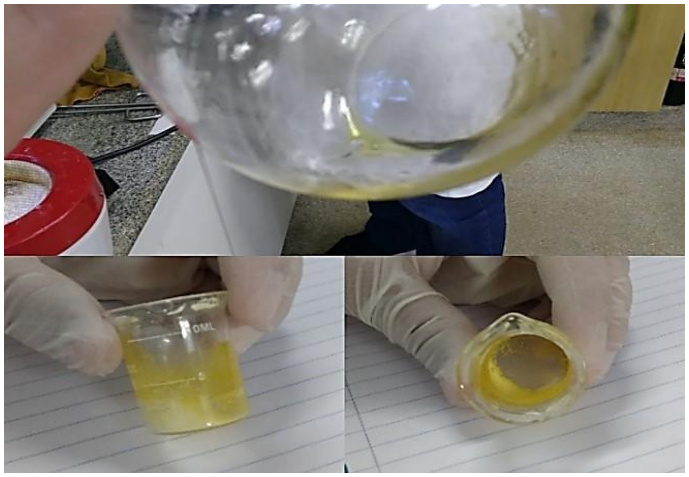
Médias seguidas da mesma letra, na coluna, entre os métodos de extração para cada porção do fruto, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey.

Tabela 6- Rendimento de extração dos óleos das frações polpa e semente do bacupari, pupunha e tucumã utilizando o método Bligh & Dyer com e sem pré-tratamento utilizando ultrassom.

Fruto	**Porção do Fruto**	**Método de Extração**	**Rendimento (ml.100g^{-1})**
Bacupari	Semente	Bligh & Dyer	0,41[a]
		Ultrassom + Bligh & Dyer	0,25[b]
	Polpa	Bligh & Dyer	0,09[a]
		Ultrassom + Bligh & Dyer	0,15[a]
Tucumã	Semente	Bligh & Dyer	10,15[a]
		Ultrassom + Bligh & Dyer	8,65[b]
	Polpa	Bligh & Dyer	12,11[a]
		Ultrassom + Bligh & Dyer	11,79[a]
Pupunha	Semente	Bligh & Dyer	3,26[a]
		Ultrassom + Bligh & Dyer	3,17[a]
	Polpa	Bligh & Dyer	6,19[b]
		Ultrassom + Bligh & Dyer	6,36[a]

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, entre os métodos de extração para cada porção do fruto, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey.

Figura 4 - Óleo fixo extraído da polpa e semente do Bacupari.



Fonte: Autora

Tabela 7 - Caracterização dos óleos das polpas e sementes do tucumã e pupunha extraídos pelo método Soxhlet.

Fruto	Porção do Fruto	Método de Extração	Parâmetros (Índices)			
			Refração	**Acidez** ($g.100g^{-1}$ de ácido oleico)	**Saponificação** ($mg\ KOH.g^{-1}$)	**Iodo** ($g\ I_2.100.g^{-1}$)
Tucumã	Polpa	Soxhlet	$1,466^a$	$4,99^a$	$28,10^b$	$9,12^a$
		Soxhlet + ultrassom	$1,464^a$	$4,71^b$	$95,06^a$	$8,77^b$
	Semente	Soxhlet	$1,458^a$	$0,307^a$	$13,52^b$	$3,91^a$
		Soxhlet + ultrassom	$1,453^a$	$0,35^a$	$239,65^a$	$2,22^b$
Pupunha	Polpa	Soxhlet	$1,462^a$	$26,84^a$	$70,82^b$	$24,98^a$
		Soxhlet + ultrassom	$1,460^a$	$13,02^b$	$114,2^a$	$6,31^b$
	Semente	Soxhlet	$1,459^a$	$2,74^a$	$24,98^b$	$0,96^b$
		Soxhlet + ultrassom	$1,455^a$	$1,23^b$	$226,02^a$	$1,15^a$

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, entre os métodos de extração para cada porção do fruto, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey.

Tabela 8 - Caracterização dos óleos das polpas e sementes do tucumã e pupunha extraídos pelo método Bligh & Dyer.

Fruto	Porção do Fruto	Método de Extração	Parâmetros (Índices)			
			Refração	**Acidez** ($g.100g^{-1}$ de ácido oleico)	**Saponificação** ($mg\ KOH.g^{-1}$)	**Iodo** ($g\ I_2.100.g^{-1}$)
Tucumã	Polpa	Bligh & Dyer	$1,464^a$	$5,64^b$	$31,66^b$	$9,77^a$
		Bligh & Dyer + ultrassom	$1,462^a$	$5,89^a$	$102,32^a$	$9,65^a$
	Semente	Bligh & Dyer	$1,459^a$	$1,154^a$	$18,22^b$	$3,98^a$
		Bligh & Dyer + ultrassom	$1,455^a$	$0,965^b$	$104,15^a$	$3,77^b$
Pupunha	Polpa	Bligh & Dyer	$1,442^b$	$19,55^a$	$70,12^b$	$25,56^a$
		Bligh & Dyer + ultrassom	$1,451^a$	$8,33^b$	$119,30^a$	$6,44^b$
	Semente	Bligh & Dyer	$1,464^a$	$5,84^a$	$25,01^b$	$2,401^b$
		Bligh & Dyer + ultrassom	$1,463^a$	$5,12^b$	$141,63^a$	$3,75^a$

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, entre os métodos de extração para cada porção do fruto, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey.

5.5 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos das sementes e polpas de Tucumã e Pupunha.

Identificação do ácido graxo		Concentração do ácido graxo (%)			
		Semente do Tucumã	**Polpa do Tucumã**	**Semente da Pupunha**	**Polpa da Pupunha**
C6:0	Ácido capróico	0,26±0,001	ND	0,18±0,003	ND
C8:0	Ácido caprílico	3,56±0,006	ND	3,53±0,059	ND
C10:0	Ácido cáprico	2,93±0,006	ND	2,99±0,040	ND
C12:0	Ácido láurico	53,67±0,337	0,04±0,002	55,47±0,483	0,06±0,006
C13:0	Ácido tridecanóico	0,06±0,001	ND	0,07±0,001	ND
C14:0	Ácido mirístico	22,17±0,071	0,19±0,003	18,49±0,082	0,10±0,001
C15:0	Ácido pentadecanóico	ND	0,04±0,001	ND	0,10±0,001
C16:0	Ácido palmítico	4,99±0,041	30,63±0,093	5,99±0,010	35,81±0,356
C16:1_9c	Ácido palmitoleico	ND	0,24±0,001	0,07±0,001	4,08±0,045
C17:0	Ácido margárico	ND	0,25±0,001	ND	0,09±0,001
C18:0	Ácido esteárico	2,64±0,049	2,88±0,006	1,91±0,001	2,28±0,010
C18:1_9c	Ácido oléico	7,33±0,124	58,51±0,124	11,08±0,006	54,23±0,288
C18:2_9c12c	Ácido linoléico (LA)	2,22±0,033	1,33±0,006	ND	2,42±0,016
C18:3_9c12c15c	α-linolênico (ALA)	ND	5,37±0,016	ND	0,62±0,001
C20:0	Ácido eicosanóico	0,10±0,001	0,014±0,016	0,10±0,001	0,12±0,001
C20:1_11c	Ácido gondoico	0,03±0,004	ND	0,05±0,001	ND
C22:0	Ácido behênico	0,04±0,001	0,06±0,001	ND	0,03±0,001
C22:1_13c	Ácido erúcico	ND	0,07±0,001	ND	ND
C24:0	Ácido lignocérico	0,06±0,001	0,07±0,001	0,06±0,001	0,03±0,001
∑ SFA	Ácidos graxos saturados	90,42±0,108	34,29±0,034	88,66±0,142	42,67±0,111
∑ MUFA	Ácidos graxos monoinsaturados	7,4±0,064	58,81±0,065	11,21±0,004	57,28±0,161
∑ PUFA	Ácidos graxos poli-insaturados	2,22±0,033	6,93±0,0001	0,10±0,001	3,03±0,006
∑ ω-3	Ômega-3	ND	5,54±0,001	ND	0,60±0,001
∑ ω-6	Ômega-6	2,22±0,033	1,38±0,001	0,10±0,001	2,43±0,010
∑ ω-9	Ômega-9	7,34±0,086	58,51±0,076	11,08±0,006	54,23±0,288

Legenda: SFA (Ácidos graxos saturados); **MUFA (**Ácidos graxos monoinsaturados); **PUFA (**Ácidos graxos oli-insaturados); **ω 3** (Ômega 3); **ω 6** (Ômega 6); **ω 9** (Ômega 9).

5.6 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE OXIDATIVA DOS ÓLEOS

Tabela 10 - Resumo da análise de variância com os valores de quadrado médio para o índice de refração, índice de acidez, índice de peróxido e índice de saponificação para os óleos analisados.

FV	GL	Índice de Refração	Índice de Acidez (mg KOH g-1)	Índice de Peróxido (meq/Kg)	Índice de saponificação (mg KOH/g)
Amostra	2	0.9081*	2.9685*	2.5040*	8.0667*
Tempo	5	0.0087*	0.0251*	0.3144*	0.3574*
Tempo*Amostra	10	0.0085	0.0036*	0.6102*	0.0493*
Erro	0	0	0	0	0
Total Corrigido	17				
CV (%)		0	0	0	0
Média Geral:		1.4337	1.0711	2.8732	13.9261

*Significativo, ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 11 - Índice de refração para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 ºC.

Tempo (dias)	Amostra controle	Óleo da semente de Tucumã	Óleo da semente de Pupunha
0	1,466[e]	1,453[d]	1,459[c]
15	1,468[d]	1,453[d]	1,459[c]
30	1,469[c]	1,454[c]	1,459[c]
60	1,471[b]	1,455[b]	1,460[b]
90	1,471[b]	1,455[b]	1,461[a]
120	1,472[a]	1,456[a]	1,461[a]

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, entre os tempos de armazenamento para cada amostra, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey.

Figura 5 - Índice de refração para o óleo de soja (amostra controle), óleo da semente do tucumã e óleo da semente da pupunha durante o armazenamento.

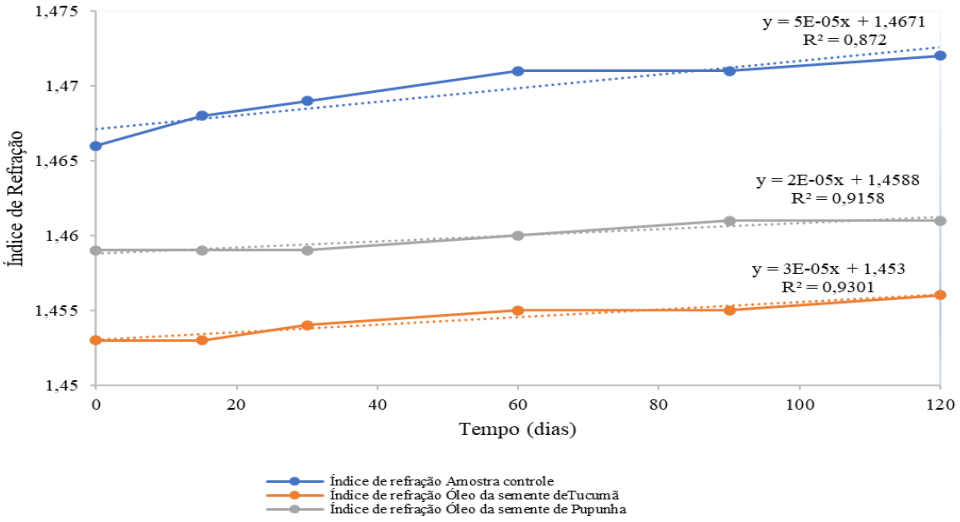


Tabela 12 - Índice de acidez para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 ºC.

Tempo (dias)	Amostra controle	Óleo da semente de Tucumã	Óleo da semente de Pupunha
0	0,377[f]	0,307[f]	2,746[f]
15	0,391[e]	0,375[e]	3,118[e]
30	0,451[d]	0,399[d]	3,331[d]
60	0,502[c]	0,451[c]	3,893[c]
90	0,553[b]	0,469[b]	4,074[b]
120	0,577[a]	0,497[a]	4,261[a]

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, entre os tempos de armazenamento para cada amostra, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey.

Figura 6 - Índice de acidez para o óleo de soja (amostra controle), óleo da semente do tucumã e óleo da semente da pupunha durante o armazenamento.

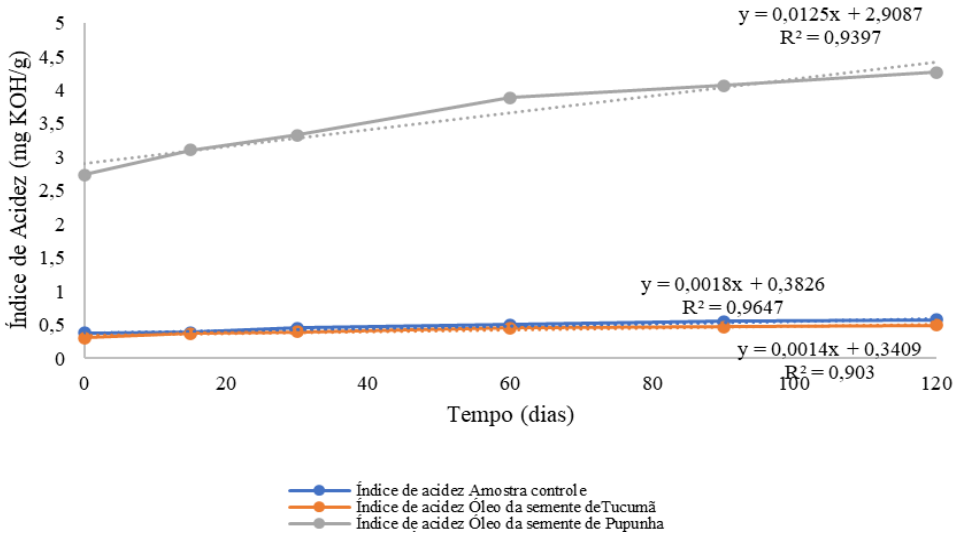


Tabela 13 - Dados de índice de peróxido para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 ºC.

Tempo (dias)	Amostra controle	Óleo da semente de Tucumã	Óleo da semente de Pupunha
0	3,960[f]	10,382[a]	5,548[a]
15	6 927[d]	9,790[b]	4,948[b]
30	6 926[e]	9,221[c]	4,884[c]
60	13,851[c]	8,874[d]	4,624[d]
90	19,798[b]	8,455[e]	4,226[e]
120	26,724[a]	8,148[f]	4,002[f]

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, entre os tempos de armazenamento para cada amostra, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey.

Figura 7 - Índice de peróxido para o óleo de soja (amostra controle), óleo da semente do tucumã e óleo da semente da pupunha durante o armazenamento.

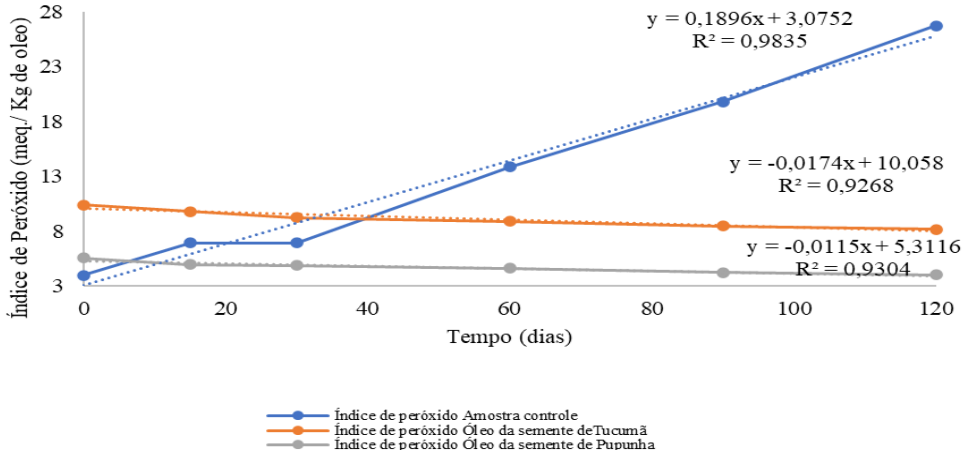
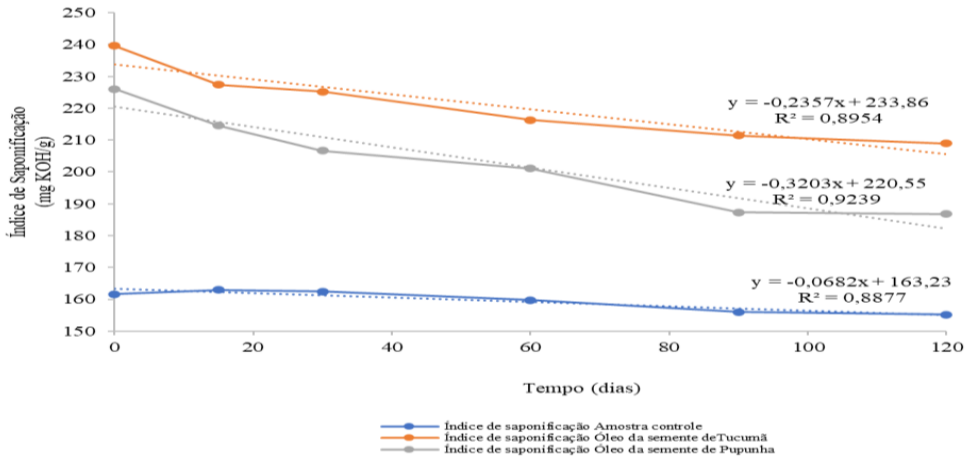


Tabela 14 - Dados de índice de saponificação para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 ºC.

Tempo (dias)	Amostra controle	Óleo da semente de Tucumã	Óleo da semente de Pupunha
0	161,614[a]	239,650[a]	226,020[a]
15	162,972[b]	227,353[b]	214,553[b]
30	162,417[c]	225,206[c]	206,671[c]
60	159,749[d]	216,312[d]	201,110[d]
90	156,004[e]	211,429[e]	187,334[e]
120	155,163[f]	208,957[f]	186,741[f]

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, entre os tempos de armazenamento para cada amostra, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey.

Figura 8 - Índice de saponificação para o óleo de soja (amostra controle), óleo da semente do tucumã e óleo da semente da pupunha durante o armazenamento.



6 DISCUSSÕES

6.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS PORÇÕES DOS FRUTOS

A Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização das porções dos frutos.

As sementes dos frutos bacupari, tucumã e pupunha podem ser consideradas levemente ácidas, devido os valores de pH estarem em torno de 5,88 a 6,79. Já a sua polpa (bacupari) apresenta um pH alcalino e, consequentemente, menor acidez.

A atividade de água encontrada na semente dos frutos é elevada, variando de 88% a 94%, assim como nas polpas (93 a 94%), indicando a necessidade de tratamentos adicionais para a ampliação da vida útil das porções dos frutos para evitar a proliferação de microrganismos patógenos e/ou deteriorantes. O teor de umidade presente nas sementes da Pupunha e bacupari é relativamente elevado, confirmando a necessidade de tratamentos adicionais.

A semente de tucumã apresentou, em média, 19% e a polpa 17% de lipídios em suas composições químicas. A resolução RDC 360/2003 da ANVISA, estabelece que cada grama ingerida de lipídeos contém 9 quilocalorias (BRASIL, 2003), dessa forma, o tucumã se apresenta como uma matéria-prima de alto valor energético. Já a polpa e semente do bacupari apresentou baixo teor lipídico.

As sementes e polpas dos frutos apresentaram valores inferiores à quantidade de proteína mínima indicada pela legislação para que sejam consideradas fontes proteicas (6 g do nutriente.$100g^{-1}$ do alimento), variando de 1,33% a 3,08% nas polpas e entre 3,32% e 4,58% nas sementes (BRASIL, 2003).

As sementes, normalmente são ricas em fibras. Sendo assim, as sementes dos frutos estudados, apresentaram valores mais altos que as polpas, em quantidades expressivas de fibra bruta para os frutos de tucumã e pupunha, 29% e 18%, respectivamente. Em contrapartida, a semente do bacupari apresentou baixo teor de fibra bruta.

O teor de cinzas é determinado para indicar a quantidade de matéria mineral contida nos alimentos. Como apresentado na tabela 2, obteve-se os valores de 2,41% para a semente bacupari, 1,46% para a semente do tucumã e 1,56% na semente da pupunha. A polpa do tucumã apresentou alto teor de minerais, que foi de 2,21%. BECKER et al., (2018), realizaram um estudo com sete frutos amazônicos, avaliando o teor de cinzas, que foram: Abiu (0,33%); Bacuri (0,22%); Biribá (2,07%); Cupuaçu (1,09%); Monguba (1,37%); Pajurá

(0,91%) e Uxi (1,51%). Dessa forma, teores encontrados para os frutos bacupari, pupunha e tucumã, foram superiores aos frutos estudados por BECKER et al. (2018).

6.2 COMPOSTOS BIOATIVOS E ANTIOXIDANTES

Na tabela 3 estão apresentados os valores encontrados para as análises dos compostos bioativos das polpas e sementes dos frutos de bacupari, tucumã e pupunha.

Os carotenoides são importantes pigmentos naturais, remetendo a uma coloração amarela, laranja ou vermelha. Diante dos resultados obtidos, observou-se que, a semente do bacupari apresenta conteúdo considerável de carotenoides, porém baixa concentração desse componente em sua polpa. As polpas de tucumã e pupunha apresentaram uma quantidade maior desse composto, o que segundo LINS (2006), pode variar de acordo com a espécie, variedade, safra e grau de maturação, sendo geralmente menos concentrado em sementes esbranquiçadas como é o caso das sementes estudadas. Os vegetais e os frutos, que são importantes fontes de carotenoides como: licopeno, luteína, zeaxantina, β-caroteno, β-criptoxantina e α-caroteno.

O β-caroteno tem seu destaque, pois, alimentos ricos desse componente são altamente recomendados por estar associado a um menor risco de doenças crônicas e por garantir uma ingestão considerável de antioxidantes (TOTI et al., 2018). Desse modo, os teores de β-caroteno encontrados nas sementes dos frutos variou de 110 a 240 e nas polpas dos frutos variou entre 87 e 300 (% de inibição da oxidação – IO) o que caracteriza os frutos como sendo fontes potenciais de β- caroteno.

Quanto ao teor de vitamina C, a semente do bacupari (91,17 mg de ácido ascórbico.100g^{-1}) e a semente da pupunha (36,23 mg de ácido ascórbico.100g^{-1}), apresentaram-se como fontes deste composto, uma vez que a quantidade encontrada supera a recomendação diária de ingestão diária de vitamina C para um adulto que é de 45 mg de ácido ascórbico diários, ultrapassando esse valor em apenas 100g de semente (PINTO et al., 2013).

Os resultados para DPPH, expressos na Tabela 3, demonstram que os extratos da semente de bacupari apresentam alta capacidade de eliminação de radicais livres, com resultado de 2,15 g.g^{-1} DPPH, que se assemelha ao encontrado na semente do araticum (*Annona crassiflora* Mart.) de 1,72 g.g^{-1} DPPH (ARRUDA e PASTORE, 2019). Contudo, a semente do tucumã com 922,05 mg.g^{-1} DPPH e da pupunha com 4932,43 g.g^{-1} DPPH manifestaram efeito contrário, demonstrando baixa capacidade antioxidante para o DPPH.

O FRAP, que também é um método que avalia a atividade antioxidante, através da redução férrica, tem como base a observação dos resultados de forma que, valores mais altos expressam maior potencial antioxidante. Assim, os resultados encontrados e representados na Tabela 3 mostram a alta capacidade antioxidante da semente do tucumã assim como das polpas dos três frutos analisados.

De acordo com o método $ABTS^+$, o valor da capacidade antioxidante trolox equivalente, caracteriza a capacidade da amostra testada em reagir com o $ABTS^+$, bem como em inibir processos oxidativos (BORGES et al., 2011), logo, quanto maior o valor expresso, mais forte é o potencial antioxidante. Assim, os valores obtidos por tal método foram baixos para todas as sementes e polpas analisadas, evidenciando uma baixa capacidade de redução de radicais de cátions em todas as porções estudadas, principalmente quando comparados a outros frutos amazônicos, como a do açaí (763,09 uM trolox.g^{-1}) (MELO et al., 2021) e a do cupuaçu (33,64 uM trolox.g^{-1}) (FERREIRA e JANNETTE, 2020).

Os teores de fenólicos totais nas sementes dos frutos (Tabela 3) são classificados como médio para semente e baixo para polpa de bacupari, médio para semente e polpa de tucumã, e baixo para semente polpa de pupunha, uma vez que VASCO et al. (2008) classificou os compostos fenólicos de frutas em três categorias diferentes de acordo com o conteúdo: baixa (<100 mg EAG.$100g^{-1}$), média (100–500 mg EAG.$100g^{-1}$) e alta (> 500 mg EAG.$100g^{-1}$) para amostras baseadas em matéria fresca.

6.3 FATORES ANTINUTRICIONAIS

Os resultados das análises de fatores antinutricionais das polpas e sementes dos frutos foram expressos em presença (+) e ausência (-) dos compostos antinutricionais e os resultados encontram-se na Tabela 4.

Os fatores antinutricionais são compostos químicos sintetizados ou presentes nos alimentos, formados pelo metabolismo natural da espécie ou por várias ações que vão contra a nutrição ideal. Produzidos por plantas para se defender contra a ação de fungos, insetos e predadores, esses compostos são principalmente metabólitos secundários gerados como subproduto de metabólitos primários sintéticos (KUMAR et al., 2020; SINHA et al., 2017).

Os metabólitos secundários são biologicamente ativos e podem evoluir em grande medida como produtos colaterais, como hipertrofia pancreática, inibição do crescimento e digestibilidade. Uma das razões que limitam o consumo de produtos e o amplo uso industrial

de alimentos tropicais é a presença desses compostos que são tóxicos para os humanos (ABBAS e AHMAD, 2018; KUMAR et al., 2020; VASHISHTH et al., 2021).

Os compostos antinutricionais podem ser classificados de acordo com seu modo: antiproteínas, quando as substâncias interrompem principalmente a assimilação da digestão de proteínas e o uso de aminoácidos por antiminerais, nos quais as substâncias interferem com a assimilação ou metabolismo de minerais e antivitaminas cujas substâncias inativam desfiguram as vitaminas. Também podem ser classificados de acordo com sua origem biossintética: glicosídeos cianogênicos, inibidores de enzimas, desreguladores fisiológicos e agentes hormonais (SAHU et al., 2020).

O fitato é considerado um antinutriente, que naturalmente está presente em grãos, cereais, oleaginosas e nozes. Esse composto, com seus grupos fosfato reativos, apresenta-se como forte agente quelante, podendo formar complexos insolúveis com metais, o que acaba reduzindo a absorção de minerais como zinco, magnésio, ferro e cálcio, ocasionando deficiência de minerais no organismo de animais e humanos (NIKMARAM et al., 2017).

Diante disso, na Tabela 4 observa-se que foi detectado a presença desse composto na semente do bacupari. No entanto, o fitato em alguns casos, é relatado como benéfico quando em concentrações controladas, mas com efeitos negativos quando em maiores concentrações. Esses compostos podem ser facilmente reduzidos, por meio do processo de moagem (removendo a camada externa das sementes) e através do cozimento (NIKMARAM et al., 2017).

O conteúdo de taninos totais e taninos condensados também foi avaliado (tabela 3), indicando presença para taninos totais nas sementes do bacupari e tucumã e ausência na semente da pupunha e nas polpas dos três frutos. Quanto aos taninos condensados, não foram registrados resultados positivos nas sementes e polpas analisadas Esses componentes, possuem a capacidade de precipitar enzimas como: pectinase, amilase, lipase, protease, β-galactosidase, celulase, entre outras macromoléculas em virtude de seus grupos funcionais, sendo esses compostos fatores que interferem na dieta humana e de animais monogástricos, reduzindo a digestibilidade, ocasionando danos a mucosa do sistema gastrointestinal e, portanto, sua ausência é desejável (SHARMA, 2019).

6.4 EXTRAÇÃO DO ÓLEO FIXO DA POLPA E SEMENTE DOS FRUTOS

Os rendimentos de extração do óleo fixo para a polpa e semente dos frutos estão descritos nas Tabelas 5 e 6.

Para o óleo fixo da semente do bacupari observou-se um baixo rendimento do processo de extração independentemente do método utilizado ou do uso de pré-tratamento, atingindo teores máximos de 0,98 $mL.100g^{-1}$ para a semente e 0,17 $mL.100g^{-1}$ para a polpa, pelo método Soxhlet. Desta forma, seria necessária grande quantidade de semente e polpa para se obter quantidade considerável de óleo, inviabilizando a caracterização do óleo, devido a necessidade amostral em maior escala. Não obstante, foi possível notar que o óleo se solidifica muito rapidamente em temperatura ambiente, característica que indica um alto ponto de fusão devido a prevalência de cadeias saturadas em sua estrutura, podendo ser considerado gordura (RAMALHO e SUAREZ, 2013).

Ao observar os rendimentos das frações polpa e semente dos frutos tucumã e pupunha (Tabelas 5 e 6), nota-se que eles apresentaram teores de óleo considerados potenciais para utilização dessas duas matérias primas como fontes lipídicas quando comparados ao rendimento de óleos extraído de algumas espécies como pecíolos de *P. ovatum* (0.44%) (SOUSA et al., 2022) e da semente da andiroba (12,29%) (MENDONÇA et al., 2020). Para tanto, conhecer a composição desses óleos é fundamental, tendo em vista que, os parâmetros avaliados norteiam quanto a identidade e qualidade dos óleos em estudo.

Assim, a Tabela 7, dispõe de alguns parâmetros que foram determinados nos óleos obtidos das sementes e polpas do tucumã e pupunha e a tabela 8 apresenta os parâmetros determinados nos óleos obtido das sementes e polpas do tucumã e pupunha utilizando ultrassom como pré-tratamento na extração dos óleos.

Nas Tabelas 5 e 6 podemos observar que os óleos extraídos das sementes do Tucumã e da Pupunha, apresentaram índice de refração variando entre 1,453 e 1,459 e da polpa entre 1,462 e 1,466, estando dentro dos limites estabelecidos pela Resolução 482/99 do Ministério da Saúde (ANVISA, 1999), onde o índice de refração estabelecido é de 1,448 a 1,477 para os óleos de algodão, amendoim, arroz, canola, girassol, milho, soja, uva, coco de babaçu, coco, palma, palmiste, oliva e gergelim, assim, indicando a presença de ácidos graxos saturados em sua composição (COSTA et al., 2015). A presença de ácidos graxos poli-insaturados contribui para tornar o produto mais susceptível à ruptura das insaturações, demonstrando aumento do índice de refração (FREIRE et al., 2013).

Quando analisado o óleo extraído das sementes e polpas de ambos os frutos, observa-se que os índices de refração obtido entre os métodos de extração foram menores quando aplicado o pré-tratamento por ultrassom. Essa variação pode estar relacionada à diferença de temperatura aplicada nos processos, uma vez que, na extração com pré-tratamento, é aplicada uma temperatura adicional de 40 ºC durante 15 minutos. Esse comportamento também foi

encontrado por AZEVEDO et al. (2012) para óleos utilizados para fritura. O índice de refração é característico para cada tipo de óleo, estando relacionado com grau de insaturação das ligações, com os compostos de oxidação e com o tratamento térmico (SCHUG et al., 2023).

O índice de acidez é um parâmetro que indica a qualidade do óleo pois, quanto menor o índice, menor é a taxa de degradação do fruto. Segundo a Instrução Normativa – IN Nº 87, de 15 de março de 2021 da Anvisa, os óleos e gorduras refinados devem possuir um valor máximo de acidez a 0,6 mg $KOH.g^{-1}$, assim apenas o óleo da semente de tucumã extraído pelo método Soxhlet com e sem pré-tratamento apresentou-se dentro do valor esperado. O mesmo comportamento foi obtido no estudo realizado por SERRA et al., 2019, em frutos amazônicos, onde encontraram acidez elevada em alguns frutos analisados, sendo: 32,22 ± 0,16 (Gordura de Ucuuba), 16,78 ± 0,26 (Gordura de bacuri), 36,5 ± 1,53 (Óleo de copaíba) e 21,70 ± 0,26 (Óleo de andiroba). Alguns processos podem ser utilizados para reduzir a acidez de óleos como, por exemplo, o processo de neutralização e purificação

Os índices de saponificação identificados especificamente com o uso do pré-tratamento ultrassom em ambos os óleos (Tabelas 5 e 6) são extremamente elevados, diferindo significativamente dos valores encontrados para os óleos extraídos sem aplicação de pré-tratamento. O índice de saponificação é definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio (KOH) necessários para saponificar os ácidos graxos. Ou seja, em termos alimentares, quanto mais alto for o índice de saponificação, pior será o óleo para consumo (BRASIL et al., 2011), indicando, portanto, a necessidade de refino dos óleos da semente de Tucumã e Pupunha, extraídos com aplicação de pré-tratamento, para melhoria desta propriedade. Por outro lado, matérias primas com alto índice de saponificação pode ser comumente utilizadas pela indústria como emulsificantes lipídicos na produção de emulsificantes alimentares (SERRA et al., 2019).

Para o índice de iodo, as amostras analisadas apresentaram baixos valores de índice de iodo (Tabelas 6 e 7). Tal parâmetro, determina o grau de insaturação, sendo indispensável na caracterização, pelo fato de avaliar a estabilidade oxidativa dos óleos comestíveis, tendo em vista que, graus elevados de insaturação, indicam maior susceptibilidade à oxidação lipídica. Não obstante, baixos teores de iodo em óleos e gorduras, são associados a boa qualidade (VASCONCELOS et al., 2022; CUNHA et al., 2023).

6.5 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

A Tabela 9 dispõe os dados obtidos acerca da composição de ácidos graxos dos óleos extraídos da semente e polpa do Tucumã e da Pupunha pelo método Soxhlet sem utilização de pré-tratamento por terem apresentado maior rendimento.

Dentre os ácidos graxos saturados presente na gordura extraída das sementes, o ácido láurico obteve destaque, com 53,67% na semente do tucumã e 55,47% na semente da pupunha (Tabela 7). Matérias primas ricas em ácido láurico também são desejáveis industrialmente, por serem substitutos da manteiga de cacau, podendo ser utilizadas na produção de gorduras de confeitaria e chocolate (GUNSTONE, 2011).

Normalmente oleaginosas ricas em ácidos graxos saturados despertam interesse industrial, por conter moléculas com propriedades surfactantes e emolientes, podendo ser utilizadas na fabricação de sabões, detergentes, cosméticos e biocombustíveis. Assim, tais matrizes são fontes promissoras para o uso tecnológico e industrial (GUNSTONE, 2011).

Segundo a FAO (2008), os ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) são ácidos graxos com uma única ligação dupla, capazes de aumentar as concentrações do colesterol HDL, conhecido como colesterol saudável. Portanto, das amostras analisadas, as polpas do tucumã e da pupunha se destacaram com teores de 58,81% e 57,28% de MUFA na composição. Esses resultados estão relacionados com a presença predominante do ácido oleico (58,51% na polpa do tucumã, de 54,23% em polpa da pupunha). O ácido oleico é também denominado ômega-9, que se trata de um ácido graxo monoinsaturado cuja primeira dupla ligação se encontra no nono carbono a partir do grupo metil (CH_3) do ácido graxo (C18:1_9c). Por sua vez, o ácido oleico é comumente reconhecido por sua resistência à degradação por oxidação, devido à presença de antioxidantes naturais, como tocoferois e carotenóides (PARDAUIL et al., 2011).

No contexto da presença de ômega-3, obrservou-se nos óleos da polpa do tucumã e da pupunha, com valores de 5,54% e 0,60%, respectivamente. O conteúdo de ácido linoleico (ômega-6) foi de 2,22% na semente do tucumã e 2,42% na polpa da pupunha.

Conhecidos como “ácidos graxos essenciais”, os ácidos linoleicos (cLA) e linolênicos (ALA), presente nas amostras, são tidos como fontes de ômega 3 e 6, e devem ser inseridos na dieta humana, recomendando-se, portanto, a inserção de matérias-primas ricas nesse constituinte. No entanto, deve haver equilíbrio entre os dois componentes, pois altas concentrações podem desencadear estresse oxidativo, enquanto menores concentrações, exercem atividades antioxidantes (GIORDANO e VISIOLI, 2014). Os óleos extraídos da

polpa e semente do tucumã e pupunha apresentaram concentração desses componentes variando entre 0,62% e 5,37%.

6.6 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE OXIDATIVA DOS ÓLEOS

Considerando o perfil de ácidos graxos assim como o rendimento durante a extração dos óleos, a análise de estabilidade foi realizada para os óleos extraídos da polpa e semente pela metodologia Soxhlet sem uso de pré-tratamento por ultrassom. A Tabela 10 dispõe o resumo da análise de variância com os valores de quadrado médio obtidos para as variáveis analisadas durante o armazenamento dos frutos.

O índice de refração é característico para cada tipo de óleo, estando relacionado com grau de insaturação das ligações, com os compostos de oxidação e com o tratamento térmico (SCHUG et al., 2023). Os resultados obtidos de índice de refração expressos na Figura 5, indicam que o óleo da semente do Tucumã variou entre 1,453 a 1,455 e o óleo da semente da Pupunha variou entre 1,455 a 1,453, onde não houve diferença significativa nos índices observados nos 15 primeiros dias e entre 60 e 90 dias de armazenamento para o óleo extraído da semente do tucumã e nos 30 primeiros dias e entre os 90 e 120 dias de armazenamento para o óleo extraído da semente da pupunha. Esses valores se assemelham aos encontrados por COIMBRA e JORGE (2011) para óleos extraídos de guariroba e macaúba, 1,4535 e 1,4556, respectivamente. Na amostra controle, durante o período de armazenamento, os valores se assemelham aos indicados como padrões e além disso não houve diferença significativa no período de 60 a 90 dias de armazenamento, assim estando dentro dos padrões da Instrução Normativa n° 49/2006/MAPA, onde diz que o índice de refração do óleo de soja é entre 1,466 a 1,470.

O índice de acidez no óleo da semente do Tucumã e Pupunha aumentou gradualmente ao longo dos dias de armazenamento (Tabela 12 e Figura 6), variando entre 0,307 (dia 0) a 0,197 (dia 120) mg $KOH.g^{-1}$ para a semente de Tucumã e entre 2.74 (dia 0) e 4.26 (dia 120) mg $KOH.g^{-1}$ para a semente de Pupunha. Os resultados para o índice de acidez, medidos até os primeiros 60 dias de armazenamento a 35 ºC encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pelo *Codex alimentarius* 2010 com 4,0 mg $KOH.g^{-1}$ para o valor de acidez. Após esse período, o aumento do índice de acidez passa a ser preocupante pois o aumento desse parâmetro em óleos e gorduras está relacionado com o processo de deterioração do produto o que pode causar características indesejáveis como a rancidez óleo (BESSA et al., 2020). De acordo com SOUZA et al., 2020, a exposição dos óleos a luz e temperaturas

elevadas e também o tempo de armazenamento pode causar a degradação da cadeia lipídica, ocorrendo a liberação de ácidos graxos livres, aumentando desta forma o índice de acidez.

A Tabela 13 e Figura 7 apresentam os dados referentes ao índice de peróxido, e aponta que o tempo de armazenamento exerceu influência significativa sobre os parâmetros de qualidade do óleo da semente do Tucumã, Pupunha e da amostra controle. O peróxido é o parâmetro primário na avaliação da oxidação do conteúdo lipídico de diferentes produtos, geralmente, quando ácidos graxos insaturados estão presentes em grandes quantidades, o óleo é mais propenso a oxidação (BAKHSHABADI et al., 2017). É possível observar um aumento do índice de peróxido na amostra controle durante o armazenamento após de 60 dias, ultrapassando o máximo permitido de 5,0 $meq.Kg^{-1}$ de óleo prescrito na Instrução Normativa n° 49/2006/MAPA para óleo de soja, indicando então a iniciação à degradação dos ácidos graxos presentes, diferente do que ocorre com os óleos da semente do Tucumã e a Pupunha, onde não houve pequena redução do índice de peróxidos durante o tempo de armazenamento o que se deve a menor presença de ácidos graxos insaturados, assim, sendo favorável para a qualidade dos óleos analisados pois sua oxidação e degradação é minimizada. Segundo SCHUG et al., 2023, o índice de peróxido relaciona-se ao processo de oxidação de um produto lipídico, pela formação de hidroperóxidos que levam à rancificação e à alteração de características sensoriais.

O índice de saponificação revela o peso molecular médio dos ácidos graxos esterificados com o glicerol na molécula de triacilglicerol, ou seja, quanto menor for o peso molecular médio dos ácidos graxos, maior será o valor do índice de saponificação (OLIVEIRA et al., 2021). Em termos alimentares, quanto maior o índice de saponificação melhor o óleo para a alimentação (SANTINONI et al., 2023). Assim, observando os valores na Tabela 14 e o comportamento na Figura 8, os resultados demonstram que o índice de saponificação de ambos os óleos reduziu (diferentemente do analisado para a amostra controle), ou seja, com o aumento do tempo de armazenamento dos óleos, há redução da qualidade do produto em termos alimentares. Além disso, a amostra controle (óleo de soja) apresenta valores inferiores do encontrado na faixa decretada na Instrução Normativa n° 49/2006/MAPA, de 189 a 198 mg KOH/g, sendo possível afirmar que ele se encontrava fora dos padrões de qualidade estabelecidos.

7 CONCLUSÃO

As sementes e polpas dos frutos analisados se mostraram potenciais quanto ao teor de fibra, conteúdo mineral e carboidratos, tendo as sementes do tucumã e da pupunha se destacado como matérias primas de alto valor energético. E ainda, as sementes dos frutos mostram serem fontes ricas em carotenoides, vitamina C, β-caroteno, compostos fenólicos e agentes antioxidantes, torna-as insumos de potencial tecnológico, além de promoverem benefícios a saúde do consumidor.

Compostos antinutricionais foram detectados nas sementes do bacupari e tucumã. Porém, técnicas de processamento podem ser fortes aliados na eliminação desses.

Diante dos métodos utilizados para a extração do óleo, a aplicação do pré-tratamento por ultrassom não apresentou vantagens.

Quanto aos óleos, diante dos parâmetros avaliados até o momento, os óleos provenientes das frações, semente e polpa dos frutos de tucumã e pupunha, mostraram resultados satisfatórios quanto ao grau de insaturação, através dos índices de refração e de iodo. O índice de saponificação, responsável por indicar deterioração, também se apresentou em conformidade. Para acidez, as amostras das sementes dos frutos e polpa do tucumã atendem ao Codex Alimentarius Commission e RDC 270/2005 quando armazenados até 60 dias em temperaturas de até 35 ºC.

No que tange a composição química dos óleos, as sementes dos frutos tucumã e pupunha apresentaram 90.42% e 88.66% de ácidos graxos saturados em sua composição, caracterizando-se como gordura ou manteiga. A polpa da pupunha, também apresentou ácidos graxos saturados, como os ácidos láurico (C12:0) e mirístico (C14:0). Isso reforça a recomendação para o consumo desses óleos, uma vez que exercem importante papel na promoção da saúde humana. Ademais, as gorduras obtidas das sementes de Tucumã e de Pupunha, por serem ricas em ácidos graxos saturados, são mais interessantes do ponto de vista industrial, podendo ser utilizadas nas mais diversas áreas.

Os óleos extraídos das sementes de tucumã e pupunha apresentaram os índices de qualidade estabelecidos para óleo vegetais dentro do esperado até 60 dias de armazenamento. Após esse período, os índices de acidez, peróxido e saponificação passam a apresentar valores indesejáveis, indicando o início do processo de deterioração do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, Y.; AHMAD, A. Impact of Processing on Nutritional and Antinutritional Factors of Legumes: a Review. Annals. *Food Science and Technology*, v. 19, n. 2, p. 199–215, 2018.

ALIMENTARIUS, Codex. Fats, Oils and related products. *Food Agricult. Organization, Rome*, 2003.

ANVISA. *Agencia Nacional De Vigilância Sanitária*. Farmacopeia Brasileira, volume 1. 5ª Ed. Brasília, 2010.

ANVISA, INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 87, DE 15 DE MARÇO DE 2021.

ANVISA. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999, Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p. 82 - 87, 1999.

ARAÚJO, J. M. A. Química de Alimentos: Teoria e Prática. Viçosa: UFV, 2011. 601p, 2011.

ARAUJO, M. L., SILVA, C. F. C., MELHORANÇA FILHO, A. L., DE SOUZA, R. M., OLIVEIRA, W. S. Atividade antimicrobiana do óleo de duas espécies (*Bactris gasipaes* Kunth e *Bactris dahlgreniana*) de pupunha frente ao crescimento de *Staphylococcus aureus*. *Ensaios e Ciência*. 16 (3). 2012.

ASBAHANI, A., MILADI, K., BADRI, W., SALA, M., ADDI, E. A., CASABIANCA, H., ELAISSARI, A. 2015. Essential oils: from extraction to encapsulation. *International journal of pharmaceutics*. 483 (2), 220-243. 2015.

AOCS Official Methods Bc 2-49, Moisture and Volatile Matter. Ibid. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*. 2003.

AOAC. AOAC INTERNATIONAL *Methods Committee Guidelines for Validation of Microbiological Methods for Food and Environmental Surfaces.* AOAC. Standards Development. AOAC INTERNATIONAL ALL RIGHTS RESERVED. 2012.

ARCON, R. P. Methods in Enzimology. *New York*, v. 19, p. 226- 234, 1979.

ARRUDA, H. S., PASTORE, G. M. Araticum (*Annona crassiflora* Mart.) as a source of nutrients and bioactive compounds for food and non-food purposes: A comprehensive review. *Food Research International, 123*, 450-480. 2019.

AZEVEDO, A. R., JALES, K. A., SILVA, A. J. L., LOPES, S. A., PASSOS, A. A. C. Avaliação físico-química de óleos com diferentes graus de insaturação submetidos à fritura de mandioca palito. *In VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação.* 2012.

AZEVEDO, S. C. M., VIEIRA, L. M., MATSUURA, T., SILVA, G. F. D., DUVOISIN, S., ALBUQUERQUE, P. M. Estudo da conservação das propriedades nutricionais da polpa de tucumã (*Astrocaryum aculeatum)* in natura em embalagens a vácuo. *Brazilian Journal of Food Technology*. 20. 2017.

BAKHSHABADI H.; MIRZAEI H.; GHODSVALI A.; JAFARI S. M.; ZIAIIFAR A. M.; FARZANEH V. O efeito do pré-tratamento por micro-ondas em algumas propriedades físico-químicas e bioatividade do óleo de sementes de cominho preto. *Ind Crops Prod* 97: 1-9. 2017.

BARCIA, M. T., PERTUZATTI, P. B., JACQUES, A. C., GODOY, H. T., ZAMBIARI, R. Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Percent Composition of Jambolão Fruits (*Syzygium cumini*). *The Natural Products Journal*, Shariah, v. 2, n.2, p. 129-138, 2012.

BARROS, R. G. C., ANDRADE, J. K. S., DENADAI, M., NUNES, M. L., NARAIN, N. Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. *Food Research International.* 102, 84-92. 2017.

BECKER, M. M., MANDAJI, C. M., CATANANTE, G., MARTY, J. L., NUNES, G. S. Mineral and bromatological assessment and determination of the antioxidant capacity and bioactive compounds in native Amazon fruits. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21. 2018.

BESSA, J. F. V., RESENDE, O., LIMA, R. R., DA SILVA LOPES, M. A., DE ALMEIDA, A. B. Análises químicas dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura durante o armazenamento em diferentes condições. *Brazilian Journal of Development*, *6*(7), 48170-48187. 2020.

BEZERRA, CV, RODRIGUES, A. M. C., OLIVEIRA, P. D., SILVA, D. A., SILVA, L. H. M. Silva. Technological properties of amazonian oil sand fats and their applications in the food industry. *Food chemistry*, 221, 1466-1473. 2017.

BLIGH, E. G., DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. C*anadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BORGES, L. L., LÚCIO, T. C., GIL, E. S. BARBOSA, E. F. Uma abordagem sobre métodos analíticos para determinação da atividade antioxidante em produtos naturais. *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, n. 12, p. 1-20, 2011.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*. Giorgia: v.28, n.1, pp 25-30, jun. 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 360 de 23 de dezembro de 2003: Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Diário Oficial da União, 2003.http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0360_23_12_2003.pdf/5d4fc713-9c66-4512-b3c1-afee57e7d9bc. Acesso em: 02 de junho de 2021.

BRASIL, R. V.; CAVALLIERI, A. L. F.; COSTA, A. L. M.; GONÇALVES, M. A. B. Caracterização física e química do óleo de pequi exposto a diferentes condições de armazenamento. In *VIII Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão-Conpeex.* 2011.

BRITO, R. S., ALVES, W. F. A. F., MOREIRA, J. G. V. Avaliação do efeito da inibição da antracnose do maracujazeiro com a utilização do óleo de Pupunha (*Bactris gasipaes*). *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, 4(2). 2017.

CAN-CAUICH, C. A., SAURI-DUCH, E., MOO-HUCHIN, V. M., BETANCUR-ANCONA, D., CUEVAS-GLORY, L. F. Effect of extraction method and specie on the content of bioactive compounds and antioxidant activity of pumpkin oil from Yucatan, Mexico. *Food chemistry*. 285. 186-193. 2019.

CASAS, L. L., DE JESUS, R. P., NETO, P. D. Q. C., CORRÊA, S. A. M. Aspectos nutricionais, químicos e farmacológicos de Tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer e *Astrocaryum vulgare* Mart.) Nutritional, chemical and pharmacological aspects of Tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer and *Astrocaryum vulgare* Mart.). *Brazilian Journal of Development*, *8*(2), 13667-13687. 2022.

CARNEIRO, A. B. A., PINTO, E. J. S., RIBEIRO, I. F., MAGALHÃES, M. R. G., MONTEIRO, M. D. A. B. Efeito da *Astrocaryum aculeatum* (Tucumã) na toxicidade da Doxorrubicina: modelo experimental in vivo. *Acta Paulista de Enfermagem*, 30(3), 233-239. 2017.

CHISTE, 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*, *99*, 103873. 2021.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Characterization of the pulp and kernel oils from *Syagrus oleracea*, *Syagrus romanzoffiana* and *Acrocomia aculeate*. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 76, n. 8, p. 1156-1161, 2011.

COSTA, B. E. T., SANTOS, O. V. D., CORRÊA, N. C. F., FRANÇA, L. F. D. Comparative study on the quality of oil extracted from two tucumã varieties using supercritical carbon dioxide. *Food Science and Technology*, 36 (2), 322-328. 2016.

COSTA, C. L, FRANÇA, E. T. R., SANTOS, D. S., COSTA, M. C. P., BARBOSA, M. D. C. L., NASCIMENTO, M. D. D. S. B. Caracterização físico-química de óleos fixos artesanais do coco babaçu (*Orbignya phalerata*) de regiões ecológicas do estado do Maranhão, Brasil. *Pesquisa em Foco*, *20*(1). 2015.

CUNHA, I. M. F., DE SOUZA, M. L., GONÇALVES, C. R., DE AMORIM SILVA, M. Síntese e caracterização do biodiesel metílico obtido a partir da transesterificação alcalina do óleo de urucum (*Bixa orellana* L.). *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, *15*(10), 11620-11643. 2023.

DABAJA, MZ., BIZZO, B. M., PEREIRA, E. B. Síntese de biodiesel a partir do óleo de açaí empregando lipase comercial imobilizada em suporte de baixo custo. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*. 16 (2). 2018.

FADDA, A., SANNA, D., SAKAR, E. H., GHARBY, S., MULAS, M., MEDDA, S. DURAZZO, A. Tecnologias inovadoras e sustentáveis para melhorar a estabilidade oxidativa dos óleos vegetais. *Sustentabilidade* , *14* (2), 849. 2022.

FARIA, J. V., VALIDO, I. H., PAZ, W. H., DA SILVA, F. M., DE SOUZA, A. D., ACHO, L. R., BATAGLION, G. A. Comparative evaluation of chemical composition and biological activities of tropical fruits consumed in Manaus, central Amazonia, Brazil. *Food Research International*, *139*, 109836. 2021.

FASCIOTTI, M., MONTEIRO, T. V., ROCHA, W. F., MORAIS, L. R., SUSSULINI, A., EBERLIN, M. N., CUNHA, V. S. Caracterização abrangente de triacilgliceróis de óleos e manteigas de 15 espécies oleaginosas amazônicas por ESI-HRMS/MS e comparação com óleos e gorduras comestíveis comuns. *Jornal Europeu de Ciência e Tecnologia Lipídica* , *122* (9), 2000019. 2020.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation*, 10-14, Geneva. 2008.

FERREIRA, A. S., JANNETTE, M. U. Estudo bioquímico da fermentação do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). *Científic@ - Multidisciplinary Journal*, v. 7, n. 2, p. 1-24, 2020.

FERREIRA, D. F. Sistema para análise de variância para dados balanceados - SISVAR. Lavras: UFLA, 92 p., 1999.

FRANZINI, V. I., SILVA, A., TAVARES, D. D. S., MACIEL, J. Resposta de mudas de tucumã à aplicação de doses de calcário e fósforo. *Enciclopédia Biosfera*, v.13 n.23. 2016.

FREIRE, P. C. M., MANCINI-FILHO, J., FERREIRA, T. A. P. D. C. Principais alterações físicas e químicas em óleos e gorduras utilizados em frituras: Regulamentação e efeitos na saúde. *Revista de Nutrição* , *26* (3), 353-358. 2013.

GIORDANO, E., VISIOLI, F. Long-chain omega 3 fatty acids: molecular bases of potential antioxidant actions. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 90 (1), 1-4. 2014.

GUNSTONE, F. Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses. *John Wiley & Sons*. 2011.

HIDALGO, P. S. P., NUNOMUTS, R. C. S., NUNOMURA, S. M. Plantas oleaginosas amazônicas: Química e atividade antioxidante de patauá (*Oenocarpusbataua* Mart.). *Revista Virtual de Química*. 8 (1). 130-140. 2016.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 27, n.1, p. 42-49, 1962.

HOMMA, A. K. O., DE MENEZES, A. J. E. A., DE CARVALHO, J. E. U., DE MATOS, G. B. Manejo e plantio de bacurizeiros (*Platonia insignis* Mart.): a experiência no manejo e domesticação de um recurso da biodiversidade amazônica. *Inclusão Social*, 12(1). 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*- 4ª Edição, 1ª Edição Digital/coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020. 2008.

KUMAR, A.; SAHU, C.; PANDA, P. A.; BISWAL, M.; SAH, R. P.; LAL, M. K.; BAIG, M. J.; SWAIN, P.; BEHERA, L.; CHATTOPADHYAY, K.; SHARMA, S. Phytic acid content may affect starch digestibility and glycemic index value of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 100, n. 4, p. 1598–1607, 2020.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.

LEONARDIS, A., CUOMO, F., MACCIOLA, V., LOPEZ, F. Influence of free fatty acid content on the oxidative stability of red palm oil. *Rsc Advances*, v. 6, n. 103, p. 101098-101104, 2016.

LINS, R. T. *Determinação de tocoferóis e carotenóides em frutas amazônicas: Implantação de uma metodologia*. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Belém. 80p. 2006.

LISBOA, M. C, WILTSHIRE, F. M. S., FRICKS, A. T., DARIVA, C., CARRIÈRE, F., LIMA, Á. S., SOARES, C. M. F. Potencial oleoquímico de plantas exóticas do Nordeste do Brasil. *Biochimie* , *178* , 96-104. 2020.

LONGO, I. A., DE ASSIS, R. P., TANAKA, V. G., GABRIEL, L. C., COQUEIRO, A., WATANABE, E. R. L. R., LEITE, P. D. S. G. Extração de óleo vegetal utilizando co-solvente em banho ultrassônico. *Brazilian Applied Science Review*, v. 4, n. 3, p. 1842-1847, 2020.

MARQUES, H. P., BARBOSA, S., NOGUEIRA, D. A., SANTOS, M. H., SANTOS, B. R., SANTOS-FILHO, P. R. Conteúdo de proteínas e compostos fenólicos em calos de Bacupari cultivados com glutamina e fontes de nitrogênio. *Brazilian Journal of Biology*. 78 (1), 41-46. 2018.

MATTHAUS, B., OZCAN, M., 2011. Determination of fatty acids, tocoferol, sterol contentes and 1,2- and 1,3-diacyglycerols in four diferente virgen olive oil. *Food Process Technology*, v. 2, n. 4, p. 1-4. 2011.

MELO, A. M., BARBI, R. C. T., COSTA, B. P., IKEDA, M., CARPINÉ, D., RIBANI, R. H. Valorização dos subprodutos agroindustriais do bacupari (*Garcinia brasiliensis* Mart.) através da produção de farinha com propriedades bioativas. *Biociência Alimentar*, *45*, 101343. 2022.

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/Innovative Science & Technology Journal*, 3(1), 13-17. 2017.

MELO, P. S.; SELANI, M. M.; GONÇALVES, R. H.; PAULINO, J. O.; MASSARIOLI, A. P.; ALENCAR, S. M.. Açaí seeds: an unexplored agro-industrial residue as a potential source of lipids, fibers, and antioxidant phenolic compounds. *Industrial Crops And Products*, v. 161, p. 113204, 2021.

MENDONÇA, A. P., ALMEIDA, F. D. A. C., OLIVEIRA, A. D. S., ROSA, J. C., ARAÚJO, M. E. R., SAMPAIO, P. D. T. B. Extração de óleo de andiroba por prensa: rendimento e qualidade de óleo de sementes submetidas a diferentes teores de água e temperaturas de secagem. *Scientia Forestalis*, *48*(125), e2995. 2020.

MOREIRA, M. E. C., NATAL, D. I. G., TOLEDO, R. C. L., RAMIREZ, N. M., RIBEIRO, S. M. R., ANJOS BENJAMIN, L., MARTINO, H. S. D. Bacupari peel extracts (*Garcinia*

brasiliensis) reduce high-fat diet-induced obesity in rats. *Journal of Functional Foods*, v. 29, p. 143-153, 2017.

MOURA, C. V. R., SILVA, B. C., CASTRO, A. G., MOURA, E. M., VELOSO, M. D. C., SITTOLIN, I. M., ARAUJO, E. C. E. Caracterização físico-química de óleos vegetais de oleaginosas adaptáveis ao Nordeste Brasileiro com potenciais para produção de biodiesel. *Revista virtual de química*, 11 (3), 573-595. 2019.

MUJTABA, M. A., CHO, H. M., MASJUKI, H. H., KALAM, M. A., ONG, H. C., GUL, M., YUSOFF, M. N. A. M. Critical review on sesame seed oil and its methyl ester on cold flow and oxidation stability. *Energy Reports*, *6*, 40-54. 2020.

NEGRI, T. C., BERNI, P. R. A., BRAZACA, S. G. C. Valor nutricional de frutas nativas e exóticas do Brasil. *Biosaúde*.18 (2). 2016.

NIKMARAM, N., LEONG, S. Y., KOUBAA, M., ZHU, Z., BARBA, F. J., GREINER, R., ROOHINEJAD, S. Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: An overview. *Food Control*, v. 79, p. 62-73, 2017.

OLIVEIRA, M.; LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Caracterização físico-química de manteigas de frutos amazônicos. *ForScience*, v. 9, n. 2, p. e00979, 19 out. 2021.

PARDAUIL, J. J., SOUZA, L. K., MOLFETTA, F. A., ZAMIAN, J. R., ROCHA FILHO, G. N., COSTA, C. E. F. Determination of the oxidative stability by DSC of vegetable oils from the Amazonian area. ***Bioresource technology***, *102*(10), 5873-5877. 2011.

PEREIRA, E., FERREIRA, M. C., SAMPAIO, K. A., GRIMALDI, R., MEIRELLES, A. J. A., MAXIMO, G. J. Physical properties of Amazonian fats and oils and their blends. *Food chemistry*. 278. 208-215. 2019.

PINTO, P. M. *Pós-colheita de abiu, bacupari e camu-camu, nativos da Região Amazônica, cultivados no Estado de São Paulo.* p. 145 f., 2013.

RAMALHO, H. F., SUAREZ, P. A. Z. A Quimica dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. *Revista Virtual de Quimica*, 2013.

RESTREPO, J., ESTUPINAN, J. A., COLMENARES, A. J. Estudio comparativo de las fracciones lipídicas de *Bactrisgasipaes Kunth* (chontaduro) obtenidas por extracción soxhlet y por extracciónconCO2 supercrítico. *Revista Colombiana de Química*. 45 (1). 5-9. 2016.

RODRIGUES, A. M., DARNET, S., SILVA, L. H. Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (Mauritia flexuosa), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucuma (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Poraqueiba paraensis*) and inaja (*Maximiliana maripa*) fruits. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 21, n. 10, p. 2000-2004, 2010.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MANCINI FILHO, J., MOREIRA, A. V. B. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema beta-caroteno/ácido linoleico. *Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*, 2006a.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C.

G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). *Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*, 2006b.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTSº+. *Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*, 2007a.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. G., PÉREZ - JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. *Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*, 2007b.

RUFINO, M. S., ALVES, R. E., BRITO, E. S., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F., MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food chemistry*, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SAHU, P., TRIPATHY, B., ROUT, S. Significance of anti-nutritional compounds in vegetables. *Agriculture and Rural Development: Spatial Issues, Challenges and Approaches*, p. 98, 2020.

SANTINONI, G. F. D.; MORAIS, R. A.; LEAL, G.F. Valorização agroindustrial do óleo de amêndoa de baru (*Dipteryx alata*) por meio de técnicas sustentáveis: estudo da qualidade nutricional, estabilidade oxidativa, perfil de ácidos graxos e tocoferol. *Biomassa Conv. Bioref*.. 2023.

SANTOS, B. W. C., FERREIRA, F. M., DE 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*, 45(2), 154-161. 2017.

SANTOS, M. M. R., FERNANDES, D. S., CÂNDIDO, C. J., CAVALHEIRO, L. F., SILVA, A. F., NASCIMENTO, V. A., HIANE, P. A. Physical-chemical, nutrition aland antioxidante properties of tucumã (*Astrocaryum huaimi* Mart.) fruits. *Semina: Ciências Agrárias*, 39:4.1517-1531. 2018.

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

SANTOS, Q. O. D. *Extração e propriedades físico-químicas de amido de frutos nativos da Região Amazônica.* Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) Fundação Universidade Federal de Rondônia. Departamento Engenharia de Alimentos. Ariquemes-RO. 2016.

SCHNEIDER, L. C., LEÃO, K. V., MACHADO, L. L., GUIMARÃES, A. R. D. 2020. Caracterização física e química de frutos de bacupari, *Salacia crassifolia* (Mart. Ex Schult.) G. Don, provenientes do município de Barreiras–BA/Physical and Chemical characterization of bacupari fruits, *Salacia crassifolia* (Mart. ExSchult.) G. Don, from the municipality of Barreiras–BA. *Brazilian Journal of Development*. 6 (3), 13942-13953. 2020.

SERRA, J. L., DA CRUZ RODRIGUES, A. M., DE FREITAS, R. A., DE ALMEIDA MEIRELLES, A. J., DARNET, S. H., DA SILVA, L. H. M. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. *Food research international*, *116*, 12-19. 2019.

SINHA, K.; KHARE, V.; SCIENTIST, J.; BHARTI, L. Review on: Antinutritional factors in vegetable crops. *The Pharma Innovation Journal*, v. 6, n. 12, p. 353–358, 2017.

SHARMA, K. P. Tannin degradation by phytopathogen's tannase: A Plant's defense perspective. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 21, p. 101342, 2019.

SCHUG, T. S., DE MORAES, L. S., DA COSTA, D. A., SOUZA, A. S., SILVEIRA, L. R., MENDONÇA, C. Avaliação de óleos vegetais refinados comercializados na cidade de Pelotas-RS. *Revista Perspectiva*, *47*(179), 53-60. 2023.

SINGH, T. C., JORGE**,** N. Perfil de ácidos graxos de óleos extraídos da polpa de pupunha *(Bactris gasipaes* Kunth*).* Anais do Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos. Campinas, Galoá. 2013.

SILVA, A. J. B. DA; SEVALHO, E. D. S.; MIRANDA, I. P. DE A. Potencial das palmeiras nativas da Amazônia Brasileira para a bioeconomia: análise em rede da produção científica e tecnológica. *Ciência Florestal*, v. 31, n. 2, p. 1020–1046. 2021.

SOUSA, W. C., MENEZES FILHO, A. C. P., ALVES, C. C. F., CRISTOFOLI, M., DE MELO CAZAL, C., FORIM, M. R., SOUZA CASTRO, C. F. Caracterização química, bioativa e antifúngica do óleo essencial dos pecíolos de *Protium ovatum* Engl. (Burseraceae). *Brazilian Journal of Science*, *1*(7), 26-36. 2022.

SOUZA, A. C. S., SILVA, R. G., ZIMMER, F. C., FUZINATTO, M. M. Produção e caracterização de farinha e óleo de eliminação de curimba (*Prochilodus lineatus*). *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, *6* (6), 40711-40730. 2020.

STACHIW, R., RIBEIRO, S. B., JARDIM, M. A. G., POSSIMOSER, D., ALVES, W. D. C., CAVALHEIRO, W. C. S. Potencial de produção de biodiesel com espécies oleaginosas nativas de Rondônia, Brasil. *Acta Amazônia, Manaus*, 46(1), 81-90. 2016.

STROHECKER, R., HENNING, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados: Paz Montalvo. *Madrid*. 428p, 1967.

SUN, B., RICARDO-DA-SILVA, J. M., SPRANGER, I. Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 46, n. 10, p. 4267-4274, 1998.

SWAIN, T., HILLIS, W. E. The phenolic constituents of Prunus domestica. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 10, n. 1, p. 63-68, 1959.

THAKUR, N. S., KUMAR, P. Anti-nutritional factors, their adverse effects and need for adequate processing to reduce them in food. *Agricinternational*, v. 4, n. 1, p. 56-60, 2017.

TOIVO, J., PHILLIPS, K., LAMPI, A. M., PIIRONEN, V. Determination of sterols in foods: Recovery of free, esterified, and glycosidic sterols. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 14, n. 6, p. 631-643, 2001.

TOTI, E., CHEN, C. Y. O., PALMERY, M., VILLAÑO VALENCIA, D., PELUSO, I. Non-provitamin A and provitamin A carotenoids as immunomodulators: recommended dietary allowance, therapeutic index, or personalized nutrition?. *Oxidative medicine and cellular longevity*, v. 2018, 2018.

VAGADIA, B. H., VANGA, S. K., RAGHAVAN, V. Inactivation methods of soybean trypsin inhibitor–A review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 64, p. 115-125, 2017.

VASCO, C., RUALES, J., KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food chemistry*, v. 111, n. 4, p. 816-823, 2008.

VASCONCELOS, M. P., SANCHES, F. L. F. Z. Efeito de tecnologia de frio para conservação de óleo da amêndoa de bacuri. *Multitemas*, 67-87. 2022.

VASHISHTH, R.; SEMWAL, A. D.; NAIKA, M.; SHARMA, G. K.; KUMAR, R. Influence of cooking methods on antinutritional factors, oligosaccharides and protein quality of underutilized legume Macrotyloma uniflorum. *Food Research International*, v. 143, p. 110299, 2021.

VILLELA, G. G., BACILA, M. TASTALDI, H. *Técnicas e experimentos de bioquímica.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.527. 1953.

WATERHOUSE, A. L. Determination of total phenolics. *Current protocols in food analytical chemistry*, v. 6, n. 1, New York: John Wiley & Sons. 2002.

ANEXO I - ARTIGO PUBLICADO

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

Critical Reviews in Food Science and Nutrition

ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: https://www.tandfonline.com/loi/bfsn20

Essential and fixed oils from Amazonian fruits: proprieties and applications

Andréia Ibiapina, Larissa da Silva Gualberto, Bianca Barros Dias, Bárbara Catarina Bastos Freitas, Glêndara Aparecida de Souza Martins & Antonio Alves Melo Filho

To cite this article: Andréia Ibiapina, Larissa da Silva Gualberto, Bianca Barros Dias, Bárbara Catarina Bastos Freitas, Glêndara Aparecida de Souza Martins & Antonio Alves Melo Filho (2021): Essential and fixed oils from Amazonian fruits: proprieties and applications, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, DOI: 10.1080/10408398.2021.1935702

To link to this article: https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1935702

Published online: 17 Jun 2021.

Submit your article to this journal

Article views: 79

View related articles

View Crossmark data

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=bfsn20

CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION
https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1935702

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

REVIEW

Essential and fixed oils from Amazonian fruits: proprieties and applications

Andréia Ibiapina[a], Larissa da Silva Gualberto[a], Bianca Barros Dias[a], Bárbara Catarina Bastos Freitas[a], Glêndara Aparecida de Souza Martins[a], and Antonio Alves Melo Filho[b]

[a]Laboratory of Kinetics and Process Modeling, Federal University of Tocantins, Palmas, TO, Brazil; [b]Federal University of Roraima, Boa Vista, RR, Brazil

ABSTRACT

The Amazon biome is rich in oilseed plant species, which have essential physical–chemical, nutritional and pharmacological properties, in addition to potential economic value for different biotechnological and industrial applications. In the extraction of fixed oils, some Amazon fruit that are oleaginous matrices are acquiring more prominence, such as tucumã (*Astrocaryum vulgare*), pupunha (*Bactris gasipaes*), buriti (*Mauritia flexuosa*), Brazil nut (*Bertholletia excelsa*), pracaxi (*Pentaclethra macroloba)*, patawa (*Oenocarpus bataua*), among others. These oilseed fruits have natural antioxidants, essential fatty acids, and good oxidative stability. The essential oils from these oilseed species have antibiotic and anti-inflammatory properties, in addition to the presence of natural antioxidants, such as carotenoids and tocopherols. Thus, Amazonian oilseed species are valuable resources. For these properties to be preserved during fruit processing, the process of extracting the oil is critical. More studies are needed on their properties and applications, seeking to add commercial value, and the optimization of oils and fats processing to obtain quality products. Therefore, this article aims to present Amazonian fruits' potential to obtain fixed and essential oils and possible application in the food industry.

KEYWORDS
Amazon biome; biodiversity; exotic oilseeds; vegetable oils

Introduction

The Amazon region has incredible biological biodiversity, both in animal and plant species. Vegetables have economic potential for several sectors, from extractive activities, food, and beverage processing to biofuels. However, the number of species in the region studied on an industrial scale is still low (Diniz et al. 2019; Lima and Portari 2019). Native fruits, which traditionally had local and seasonal consumption, gained attention from the domestic and foreign markets since 1988, with exposure of the Amazon forest to the world media (Homma et al. 2018).

Given this fruitful biodiversity, it is necessary to increase these fruits' value, which is still poorly characterized and explored by researchers (Negri, Berni, and Brazaca 2016). In nutritional terms, Amazonian fruits have abundant proteins, carbohydrates, fibers, lipids, vitamins, and minerals that provide an enriched diet. These fruits have large amounts of bioactive compounds and high antioxidant activity, both in the pulps and in the by-products produced by them, such as peels and seeds (Barros et al. 2017). These by-products may have a more significant amount and diversity of bioactive compounds than the edible portion (Can-Cauich et al. 2019).

The Brazilian Amazon region is also rich in oilseed plant species, with potential economic value for different industrial and biotechnological applications (Dabaja, Bizzo, and Pereira 2018). The vegetable oils and fats produced by these species have unique compositions, in addition to important physical–chemical and nutritional properties (Bezerra et al. 2017). It is estimated that 60 to 80% of the non-saponifiable fraction of fruits from the Amazon is bioactive compounds, predominantly unsaturated fatty acids, sterols, vitamin E, and carotenoids (Serra et al. 2019). Amazonian oils have great potential for medicinal, cosmetic, nutraceutical, and energy generation products and use in the food industry (Hidalgo, Nunomura, and Nunomura 2016).

Studies involving oleaginous fruits have been growing because they are possible alternative energy generation sources and present essential technological functions for the industry (Moura et al. 2019). The food industry shows an increasing demand for natural compounds to develop new preservatives against pathogenic microorganisms and those with deterioration capacity, as well as supporting the innovation of packages. These and other demands justify the exploitation of oilseed species that can contribute to the development of new technologies (Asbahani et al. 2015).

Thus, this review's objective is to present the potential for producing fixed and essential oils from different Amazonian fruits and possible design applications in the food industry.

CONTACT Glêndara Aparecida de Souza Martins glendarasouza@mail.uft.edu.br Federal University of Tocantins, Post Graduate Program in Food Science and Technology, Quadra 109 Norte, Avenida NS15, ALCNO-14 - Plano Diretor Norte, Palmas - TO, 77001-090, Brazil.

© 2021 Taylor & Francis Group, LLC