



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
Dezembro/2024

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: Prof^a. Dr^a. Glêndara
Aparecida de Souza Martins

Palmas-TO

Dezembro/2024

Ibiapina, Andréia.

Extração e análise da estabilidade do óleo fixo da polpa e semente dos frutos bacupari (*Rheedia gardneriana*), tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) e pupunha (*Bactris gasipaes*).

Orientador: Prof. Dr. Antonio Alves de Melo Filho

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Glêndara Aparecida de Souza Martins

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE, 2024.

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 ()	 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 ()	 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 ()	 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 ()	 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 ()	 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 repositório de Teses da Capes ou junto à biblioteca da Instituição Certificadora.

Palmas-TO, 10 de dezembro de 2024

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, Roraima, 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 ricos 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, Roraima, 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 (<i>Garcinia gardneriana</i>).....	15
Figura 2 - Tucumã (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	16
Figura 3 - Pupunha (<i>bactris gasipaes kunth</i>).....	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 °C.	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 °C.	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 °C.	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 °C.	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 (<i>Garcinia gardneriana</i> <i>Salacia crassifolia</i>).....	15
2.2	TUCUMÃ (<i>Astrocaryum aculeatum</i>)	16
2.3	PUPUNHA (<i>Bactris gasipaes</i>)	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”, “saptá” ou “bacopari” 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 al., 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 hipocalcemia (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

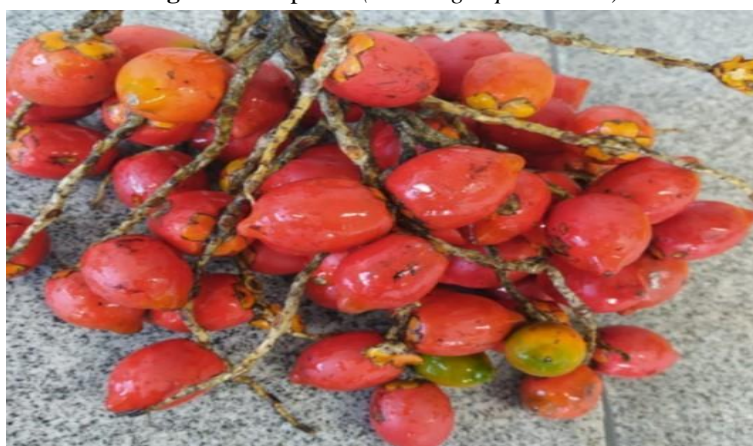
O fruto do tucumanzeiro apresenta boa produtividade em óleo, mesmo em solos ácidos, de média a baixa fertilidade natural (FRANZINI et al., 2016). A polpa apresenta um óleo de cor alaranjada, o que torna sua aplicação na indústria semelhante ao uso do azeite de dendê. O óleo de tucumã apresenta composição 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 despulpados 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. (2006^a), 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. (2007^a). Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol de Trolox} \cdot 100\text{g}^{-1}$ 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 n° 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-Ultrassônico 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 ($g \cdot 100g^{-1}$ de ácido oleico), índice de saponificação ($mg \text{ KOH} \cdot g^{-1}$ lipídios), índice de iodo ($g \text{ I}_2 \cdot 100g^{-1}$ lipídios), índice de peróxido ($meq \text{ O}_2 \cdot kg^{-1}$), 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, 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 ($35 \text{ }^\circ\text{C}$).

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 $35 \text{ }^\circ\text{C}$. 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 (amostra)	de 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 caprótico	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 mirfístico	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 erúico	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
Σ SFA	Ácidos graxos saturados	90,42±0,108	34,29±0,034	88,66±0,142	42,67±0,111
Σ MUFA	Ácidos graxos monoinsaturados	7,4±0,064	58,81±0,065	11,21±0,004	57,28±0,161
Σ PUFA	Ácidos graxos poli-insaturados	2,22±0,033	6,93±0,0001	0,10±0,001	3,03±0,006
Σ ω-3	Ômega-3	ND	5,54±0,001	ND	0,60±0,001
Σ ω-6	Ômega-6	2,22±0,033	1,38±0,001	0,10±0,001	2,43±0,010
Σ 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 °C.

Tempo (dias)	Amostra controle	Óleo da semente de Tucumã	Óleo da semente de Pupunha
0	1,466 ^c	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.

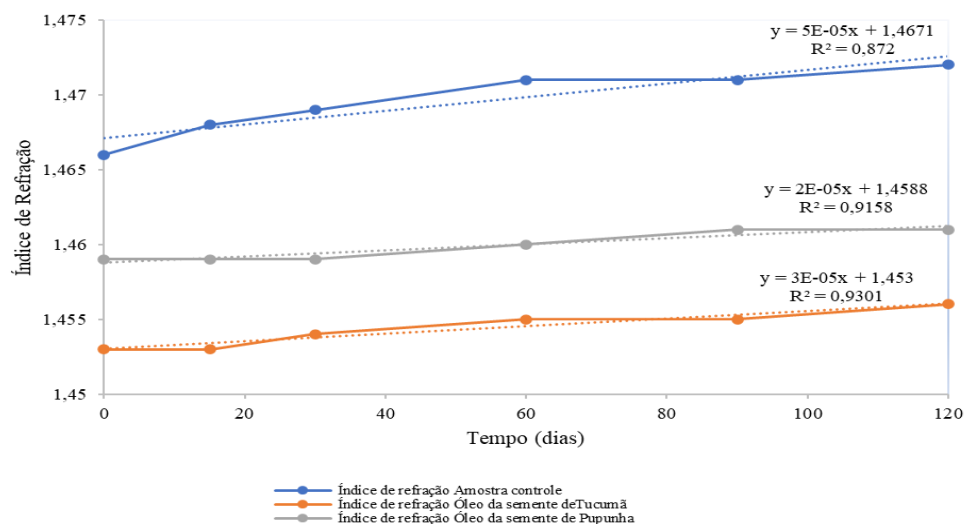


Tabela 12 - Índice de acidez para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 °C.

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.

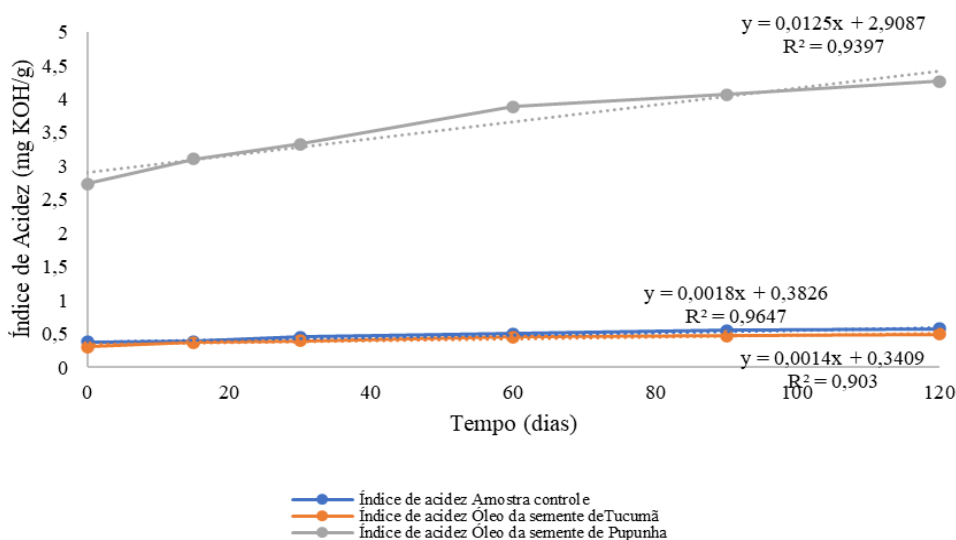


Tabela 13 - Dados de índice de peróxido para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 °C.

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 ^c	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.

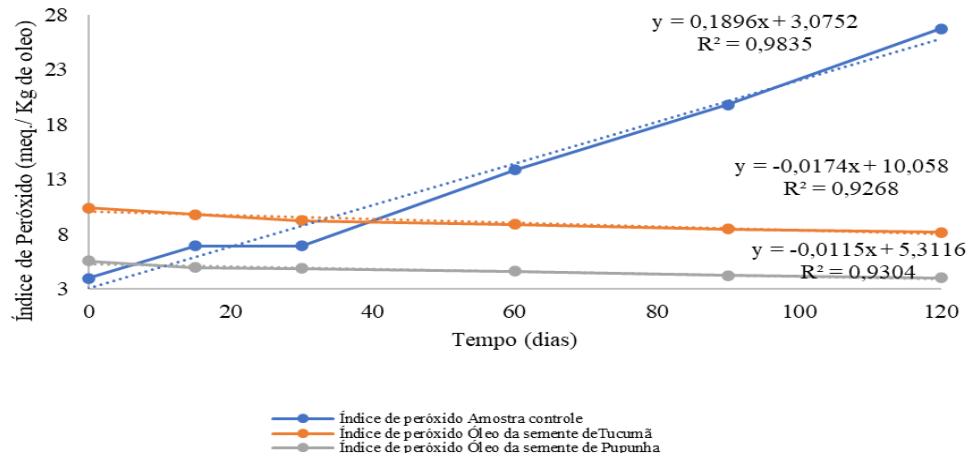
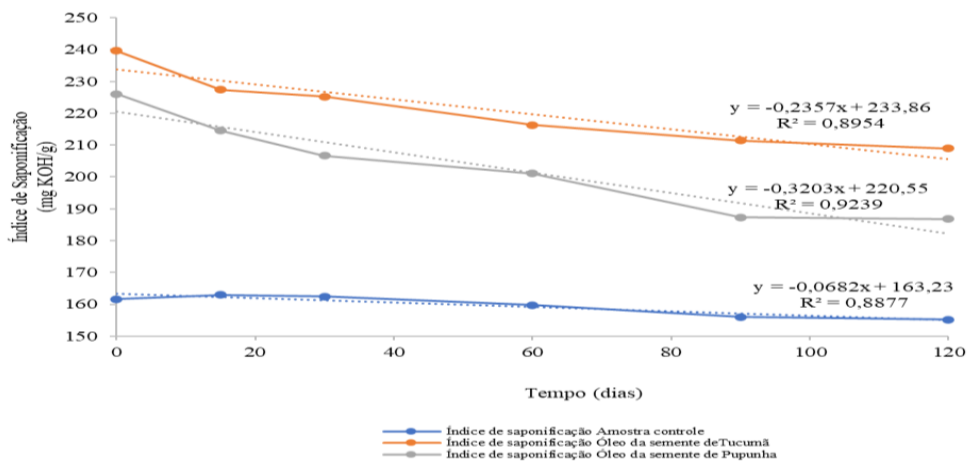


Tabela 14 - Dados de índice de saponificação para a amostra controle (óleo de soja) e os óleos extraídos da semente de tucumã e da semente de pupunha durante o armazenamento a 35 °C.

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, conseqüentemente, 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 patogênicos 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 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$) (MELO et al., 2021) e a do cupuaçu (33,64 $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$) (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 $0,98 \text{ mL} \cdot 100\text{g}^{-1}$ para a semente e $0,17 \text{ mL} \cdot 100\text{g}^{-1}$ 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 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 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 N° 87, de 15 de março de 2021 da Anvisa, os óleos e gorduras refinados devem possuir um valor máximo de acidez a $0,6 \text{ mg KOH.g}^{-1}$, 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: $32,22 \pm 0,16$ (Gordura de Ucuuba), $16,78 \pm 0,26$ (Gordura de bacuri), $36,5 \pm 1,53$ (Óleo de copaíba) e $21,70 \pm 0,26$ (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 (CH₃) 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 tocoferóis e carotenóides (PARDAUIL et al., 2011).

No contexto da presença de ômega-3, observou-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 nº 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 °C 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 (BAKHSABADI 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 $5,0 \text{ meq.Kg}^{-1}$ de óleo prescrito na Instrução Normativa nº 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 nº 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 °C.

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 n° 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*. *Ensaio 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 Enzymology*. 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. *Canadian 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.; BERSSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*. Georgia: 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 Doxorubicina: 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 Tiglia -- 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-diacylglycerols 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 Química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. *Revista Virtual de Química*, 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 extracción con CO₂ 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 ABTS^{o+}. *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 and antioxidant 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. *Agricinernational*, 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.

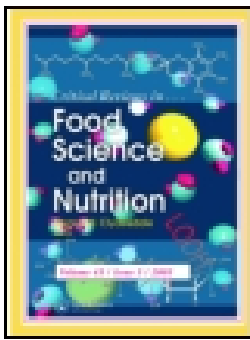
VASCONCELOS, M. P., SANCHES, F. L. F. Z. Efeito de tecnologia de frio para conservação de óleo da amêndoa de bacuri. *Multitemas*, 67-87. 2022.

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



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](https://doi.org/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 [↗](#)

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

^aLaboratory of Kinetics and Process Modeling, Federal University of Tocantins, Palmas, TO, Brazil; ^bFederal 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-Cauchic 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.

Amazonian fruits with potential for oil production

Bacupari (Garcinia gardneriana)

Bacupari (Figure 1) is considered a sweet and refreshing fruit, widely consumed fresh or processed with high energy value (78.69 Kcal/100 g). It has microbial, anti-inflammatory, anti-tumor activity (Schneider et al. 2020; Fernandez et al. 2021). It has a high content of carbohydrates (20.12 g/100 g), in addition to being a source of proteins (0.48 g/100 g), sugars (24.19%), ascorbic acid (0.90 mg/100 g) and phenolic compounds (104.58 to 264.43 mg EAG/100 g). Its lipid content is considerable for extracting essential oils (0.21 g/100 g) (Marques et al. 2018; Schneider et al. 2020). This species is a medium-sized tree found in forest formations on the Atlantic slope, mainly in the Amazon rainforest (Fernandez et al. 2021).

Tucumã (Astrocaryum vulgare mart.)

Tucumã (Figure 2) is highly nutritious, and its pulp is consumed both fresh and in processed form (Carneiro et al. 2017). The fruit is considered a source of lipids (40.49%), fibers (10.93 – 18.63%), vitamin C (14.35 mg/100g), minerals (2.58%), unsaturated fatty acids (68.77%), and high antioxidant potential (115.76 g/g DPPH). It is deemed ideal for food production for human consumption (Santos et al. 2018, Ferreira et al. 2008). Among the most abundant minerals in this fruit are iron, potassium, and manganese, making it an excellent mineral supplement, which can be used to control diseases such as iron deficiency anemia and hypokalemia (Santos et al. 2018). Tucumã is characterized by having low acidity (5.47 KOH/g), high β -carotene (11.600 μ g – 21.800 μ g/100g) content, and high energy value (412.73 Kcal/100g) (Azevedo et al. 2017) due to the average percentual of lipids present in its composition (40 – 62%) (Ferreira et al. 2008; Yuyama et al. 2008).

Pupunha (Bactris gasipaes)

Peach palm (Figure 3) is considered a highly nutritious and energetic fruit (391.86 kcal), with potential in the food industry associated with high content of carbohydrates (75.18%), proteins (3.96%), lipid index (8.22%), fibers (4.11%), carotene (194.69 μ g/g) and minerals (1.91%), in addition to presenting antimicrobial activity (Brito, Alves, and Moreira 2017; Girón and Santos 2016). Peach palm is also a palm tree native to the Amazon. Its fruit are consumed by the people of the region, which is well known for its use in the production of “palmito” as well as an essential source of fixed oil (Santos et al. 2017).

Açaí (Euterpe oleracea)

Açaí (Figure 4) is one of the most researched fruits in the Amazon due to its excellent properties in macronutrients. In addition to the antioxidant properties rich in functional compounds, the contents of polyphenols, flavonoids, phenolic acids and other compounds also stand out in this fruit

(Cedrim, Barros, and Nascimento 2018). This species has been considered as one of the new “superfruits” and also a functional food, because it is a source of energy (37.8 Kcal/100g), fibers (76.47), anthocyanins and minerals (0.41%), plus, high lipid composition (24.75%) and high content of important unsaturated fatty acids (70%), which helps in the prevention of several degenerative diseases (Nascimento et al. 2008).

Cupuaçu (Theobroma grandiflorum)

Cupuaçu (Figure 5) is a fruit widely consumed in its fresh and processed form. Despite having a high economic potential due to the use of the fruit in the food and cosmetics industries, it generates large amounts of waste, such as seeds, discarded in the environment, which are not explored and can supply various nutrients such as carbohydrates (26.4%), lipids (24.4%), fibers (22.2%), polyphenols (16.9%), proteins (14.2%) and minerals (5.2%) (Costa et al. 2020).

Buriti (Mauritia flexuosa)

Buriti (Figure 6) is a fruit of great interest in the food, cosmetic and pharmaceutical industry. It presents in its chemical composition compounds with important biological properties such as terpenoids, steroids, tocopherols, organic, phenolic and flavonoid acids, in addition to presenting about 20% of lipidic content rich in unsaturated fatty acids such as oleic acid (65.6%) and a high energy value (592 kcal). It is a highly nutritious fruit, with yellow-orange pulp and bittersweet flavor (Bataglion et al. 2020); it has an endocarp surrounded by a spongy material made of starch and oil with a reddish-brown hard shell similar to a scale (Milanez et al. 2018).

Pracaxi (Pentaclethra macroloba)

Pracaxi (Figure 7) is a fruit of high nutritional value and has several foods, medicinal properties and insecticides (acting in the inhibition of proteases) (Dantas et al. 2017). Commonly known as “Gavilán tree”, “pracaxi” or “pracachy”, this species is an Amazonian tree that has been gaining prominence due to the high potential for eco-sustainable exploration. It produces a pod-shaped fruit that contains between 3 and 8 seeds, from which it is possible to extract the fixed oil. The fruit has considerable amounts of nutrients such as lipids (53.42%), carbohydrates (25.17%), proteins (15.50%) and ash (1.90%) (Teixeira et al. 2020). Pracaxi oil has about 53% oleic acid, which is one of the factors responsible for attributing functional properties to food (Costa et al. 2014).

Murumuru (Astrocaryum murumuru mart.)

The murumuru (Figure 8) palm is widely distributed in the Amazon Basin and produces fruit with red and woody bark, composed of almond and pulp. In addition, it is a medium-sized palm that grows preferentially in lowland soils in the

Amazon region (Marronato et al. 2016; Corrêa et al. 2020). Despite its economic potential, murumuru is little explored commercially due to the amount of thorns arranged in the stem of the leaves of the plant, making management difficult. Murumuru seed can contain up to 24% oil, with lauric (44%), myristic (27%), oleic (11%) and palmitic (9%) fatty acids present (Silva et al. 2010). It's also possible to extract oil from the murumuru pulp, and one example of product that can be found in the market that use this pulp oil, is the Cheysoap. Cheysoap is a product based on saponified triglycerides used as an additive in the manufacture of soap (Meneguetti and Siviero 2019).

Brazil nut (*Bertholletia excelsa*)

Popularly known as Brazil nut (Figure 9), the species *Bertholletia excelsa* is a tree known worldwide and one of the main export products of the Amazon. Each fruit has about 18 seeds with a hard and rough skin. It is rich in nutrients such as lipids (67.52%), proteins (14.28%), carbohydrates (6.56%), fibers (3.64%) and minerals (3.65%) in addition to high energy value (691 kcal) (Balbi et al. 2014). It has high energy density and a wide variety of trace elements and bioactive compounds, which are related to health benefits, antioxidant capacity and prevention of nutritional deficiencies. Also, Brazil nut production is free from chemicals used in pest control, which is why it is considered organic.

Copaíba (*Copaifera langsdorfii*)

Copaiba (Figure 10) is known for its medicinal and pharmacological benefits. The pulp of copaiba has 85% of hydrochloride, 5.51% of protein, 1.58% of ash and a lipid content of 4.20%. In addition, it contains a total polyphenol content of 217.37 mg/g. The resinous oil of copaiba is composed of volatile substances, corresponding to about 90% of the mass of the oil resin, and the other group is composed of nonvolatile substances (Batista et al. 2016; Azevedo et al. 2020).

Copaifera L. stands out among oilseeds for its diversity in terms of use, as well as in species, with a total of 28 species reported. Of these, 16 are in Brazil, 9 of them in the Brazilian Amazon, in states such as Maranhão, Pará, Tocantins, Amapá and Mato Grosso, being the subject of studies that demonstrated different biological activities through fractions of essential oils (Gebara et al., 2016; Gurgel et al. 2019).

Fixed oils

The fixed oil present in Amazonian fruits can be found when extracted at room temperature in the form of oil (liquid) and fat (solid), which can be explained according to the degree of saturation of the fatty acid chain found. Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*) and pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) are examples of sources that supply oil at room temperature since they have a high content of monounsaturated

(41,36–48,39%) and polyunsaturated (13,15–31,73%) fatty acids (Pereira et al. 2019).

In contrast, species such as murumuru (*Astrocaryum murumuru*) and tucumã (*Astrocaryum vulgare*) provide solid fats rich in lauric and myristic fatty acids. Due to their high saturated fatty acid content (88,41% and 88,97%, respectively), these last two products are solid at room temperature (Pereira et al. 2019).

The fatty acid profiles of the main oilseeds in the Amazon have a high level of unsaturation, particularly in palm species. Oleic (C18:1) and linoleic (C18:2) acids are the most abundant fatty acids in some palm species, possibly at higher levels than other vegetable oils. They are also precursors of eicosanoids and regulators of intracellular signaling (Serra et al. 2019).

Bacupari oil can be obtained from both seed and pulp. It can be a good source for use in the cosmetic or food industry due to its emulsifying characteristics and high oxidative stability, and a fair number of compounds such as tocopherols and carotenoids (Serra et al. 2019). The seeds can contain 8 to 9% oil, which can treat wounds and tumors (Araújo et al. 2019).

Some oilseed matrices in the region are gaining more and more prominence, such as the tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). Tucumã is a native palm that produces fruit with pulp (53.2%) and seed (24.5%). While the tucumã fruit's pulp provides an orange oil rich in polyunsaturated fatty acids, the almond produces a fat-rich in saturated lauric fatty acids (Pardauil et al. 2017; Pereira et al. 2019).

The fruit of the tucumanzeiro has good productivity in oil, even in acidic soils, from medium to low natural fertility (Franzini et al. 2016). Tucumã oil has a lipid composition with mono and polyunsaturated fatty acids, such as oleic, linoleic, and linolenic acid, and, also the presence of saturated fatty acids, such as palmitic and stearic (Costa et al. 2016). Despite its great potential for oil production with high vitamin A content, the use of tucumã is still restricted to the consumption of traditional and urban low-income communities.

Pupunha fruit has high oil concentration, with high content of linoleic and linolenic polyunsaturated fatty acids, representing up to about 40% of the composition (Restrepo, Estupinan, and Colmenares 2016). The oil extracted from pupunha pulp has characteristics that promote health quality when ingested, such as preventing cardiovascular diseases (Santos et al. 2020). This fruit's oil has an antimicrobial function due to secondary metabolites present in its chemical composition (Araujo et al. 2012; Brito, Alves, and Moreira 2017).

According to Singh and Jorge (2013), the lipid fraction of pupunha pulp showed a yield of 22.07% in oil, which was formed by a fraction of 62.86% of unsaturated fatty acids, with oleic acid as the primary (48.65%), and 37.13% saturated fatty acids. Higher percentages of palmitic (33.75%) and linoleic (6.59%) acids were observed among the quantified fatty acids. Pupunha oil has sufficient stability to be used in a process such as frying and spraying crackers and

snacks, where it is used to maintain product quality and increase palatability (Singh and Jorge 2013).

Açaí oil is predominantly composed of unsaturated fatty acids, with emphasis on monounsaturated oleic acid (ω -9) and polyunsaturated, represented by linoleic (ω -6) and palmitoleic, as well as saturated acids, including stearic and palmitic (Souza et al. 2017). According to Rufino et al. (2011), the antioxidant capacity of açaí oil exceeds that found for other extra virgin oils and is a dietary fiber source. It presents an excellent potential for nutritional, industrial, and sanitary applications.

Açaí oil also has a high pharmacological potential due to its high antioxidant and phytochemical capacity; however, this product's intake must be controlled and monitored since this oil can also present cytotoxic characteristics to the liver and thyroid (Marques et al. 2019). In vitro and in vivo studies have shown that açaí oil in nanoemulsion with Tween 80 surfactant and ultrapure water can be considered an effective photosensitizer for melanoma treatment (Fuentes et al. 2017). The addition of açaí oil to lactating cows' diet increased the antioxidant activity in whey and milk. Moreover, it presented the ability to promote milk production and quality in dairy sheep under thermal stress (Santos et al. 2019).

From cupuaçu almonds an oil is obtained with a high percentage of unsaturated fatty acids and a smooth and pleasant flavor. It has active antioxidant substances, a low percentage of theobromine, and high content of unsaturated fatty acids (58.29%). It is considered a suitable product for the cosmetics, pharmaceutical, textile, chocolate, beverage, and food industries (Criollo, Criollo, and Aldana 2010). The most abundant fatty acid in Cupuaçu butter is oleic acid (C18:1) (43.17%), followed by stearic acid (C18:0) (33.91%). Cupuaçu seed has approximately 62% lipid content and has characteristics similar to cocoa butter (Azevedo, Kopcak, and Mohamed 2003, Serra et al. 2019).

Another attractive palm is the buriti (*Mauritia flexuosa* Mart), whose oil extracted from its fruit is characterized by being an essential source of proteins, energy, and vitamins. Pereira et al. (2018), when studied the antibiotic activity promoted by the fixed oil of buriti, found a higher content of unsaturated fatty acids (89.81%) when compared to saturated fatty acids (10.19%). The authors also demonstrated that buriti oil is a valuable source of oleic acid (89.81%). According to Speranza et al. (2016), due to its high content of oleic acid (65.6%) and low content of linoleic fatty acids (4.9%), buriti oil has more resistance to oxidation than most liquid oils. Besides, it is considered one of the richest known sources of β -carotene.

From the buriti pulp it is possible to extract the oil whose main components are palmitic (18.7%), stearic (1.5%), oleic (76.7%), linoleic (1.5%), linolenic (0.7%) and arachidic acid (0.5%) (Lima et al. 2017). The buriti fruit has about 1.7% lipids (Canuto et al. 2010), with a high carotene content (Willerding et al. 2012).

Oils such as buriti and pracaxi can be considered functional foods and are the right ingredients for functional food production due to natural antioxidants (methyl tocols and

carotenes) that can improve human health (Serra et al. 2019).

The pracaxi oil has different fatty acids in its chemical composition, emphasizing oleic (ω -9) (47.3–53.5%), linoleic (ω -6) (11.7–13.1%), behenic (16.1–25.5%), and lignoceric (12.5%) acids. Its seeds contain about 30% of oil on a dry basis, being used for various industrial purposes, such as cooking oil, manufacture of candles, preparation of medicines, cosmetics, lubricants, butter, and soaps (Teixeira et al. 2020; Oliveira, Silva, and Rocha 2019; Meneguetti and Siviero 2019).

From the seed of murumuru, it is possible to extract approximately 42% of a whitish and semi-solid fat called murumuru butter, which can be used as a drying agent in the paint industry, an emollient in the cosmetics industry, or for the manufacture of soaps and creams. The murumuru butter is rich in lauric (49.6%), myristic (28.25%), palmitic (6.53%), stearic (2.57%), linoleic (3.14%) and oleic (6.85%) acids, also having phytosterols, emphasizing the β -sitosterol. Furthermore, it presents potential as an alternative raw material for biodiesel production (Marronato et al. 2016; Corrêa et al. 2020; Lima et al. 2017). Furthermore, murumuru butter nanoparticles show an excellent potential for use as a system for encapsulating lipid-soluble bioactive compounds (Meneguetti and Siviero 2019; Serra et al. 2019).

The oil extracted from Brazil-nut represents about 65% of its composition, being rich in magnesium, thiamin, selenium, phenolic compounds, antioxidant properties, and, also, presenting a pleasant odor and light-yellow color (Martins, Santos, and Faria 2020; Costa, Santos, et al. 2020). It also has application in the cosmetics sector due to its emollient, nourishing, and lubricating action and in the food and handicraft sectors. (Balbi et al. 2014; Vilhena et al. 2020). Its high content of unsaturated fatty acids, linoleic acid, linolenic acid, β -tocopherol, and β -sitosterol gives the Brazil-nut antioxidant and cholesterol prevention properties (Chunhieng et al. 2008).

The relatively high level of polyunsaturated fatty acids in Brazil nut oil (40% on average) is largely due to the content of linoleic acid (about 41%). However, it has higher amounts of stearic acid (up to 12%) and lower amounts of oleic acid (about 30%), and is also considered relatively rich in saturated fatty acids, with about 26%. In addition, Brazil nut oils have high levels of squalene and low or moderate levels of total sterols (Maestri et al. 2020; Serra et al. 2019).

Among the known oil species are also açaí (*Euterpe oleracea*) and the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) Both species have more than 70% of unsaturated fatty acids in their composition and proven antioxidant potential. The most used means for extracting the Brazil nut's oil is the hydraulic or mechanical pressing with the almonds' previous heating. For açaí, the process is generally carried out without breaking seeds, using solvents or enzymes (Junior 2019; Vilhena et al. 2020).

Other sources reported by Junior (2019) are andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) and copaiba (*Copaifera langsdorffii*). Both fruits present oils that are popularly known due to their anti-inflammatory properties. However, unlike the

others, copaiba is a resinous species. The copaiba oil is extracted from the trunk of this plant and receives this name because it consists of a mixture of the oil with a non-volatile resinous part (Ferreira et al. 2017).

The resinous oil of the copaiba trunk is known for its anti-inflammatory, analgesic, healing, antipsoriatic, antigenotoxic properties, among others, in addition to its antioxidant capacity (Batista et al. 2016; Azevedo et al. 2020). The resin of copaiba oil accumulates in the cavities of the tree trunk from which it is extracted. After filtration, the oil appears in a consistent fluid state, with a yellow-brown to light green color, an aromatic odor, and a typically bitter taste (Aguilar et al. 2013).

Vegetable oils from the Amazon are extracted mainly by mechanical pressing of oilseeds, using a filter press apparatus. The basic processes for refining crude vegetable oils involve flaking, bleaching, de-acidification, and deodorization (Oliveira et al. 2016).

Jaramillo et al. (2019), in their study on the impact of the extraction model on the lipidomic profile of oils obtained from selected fruits from the Amazon, demonstrated that there is a significant difference in the composition of oils extracted by solvent when compared to those extracted by mechanical pressing. In the fruits studied, which were açaí, buriti, and patawa, solvent extraction helped increase diacylglycerides' concentration. Since diacylglycerides have surfactant activity, the oils extracted by the solvent can behave in different ways than the mechanically extracted oils.

The characterization of these fixed oils and fat's physical properties is essential to promote their industrial application. In general, these properties are directly related to the triacylglycerol (TAG) composition. An example is the oil viscosity, which increases with the triglyceride chain's length and decreases according to the unsaturation degree (Pereira et al. 2019; Oliveira et al. 2016).

According to Serra et al. (2019), Amazonian oils have high oxidative stability, such as buriti oil (69 h in OSI at 100 °C), due to the high content of saturated fatty acids, such as lauric, myristic, and palmitic. This composition positively influences variables such as melting point and saponification. In this sense, Table 1 presents some properties of fixed oils from Amazonian fruits.

Essential oils

Essential oils (EOs) are aromatic compounds produced as secondary metabolites by plants. They present in their composition complex mixtures of volatile and nonvolatile compounds, generally lipophilic and with low water solubility, classified into alcohols, aldehydes, esters, and ethers, ketones, oxides, phenols, terpenes, carotenoids, and flavonoids (Donsí and Ferrari 2016; Seow et al. 2014; Liaqat et al. 2019).

EOs can be extracted from petals, leaves, bark, roots, seeds, and resin by distillation, pressing, and solvent extraction. They are widely used in aromatherapy and are very popular in gastronomy, psychology, cosmetics, and perfumery. They are usually administered by inhalation, direct

ingestion, massage, and bathing. Essential oils are active against various microorganisms such as viruses, fungi, protozoa, and bacteria (Silva et al. 2019).

EOs are known for their antiseptic properties and their pleasant fragrance. They protect the plants against predators and pollinators' attraction through natural volatile fractions that evaporate at room temperature. Most of EOs are composed of derivatives of terpenoids or phenylpropanoids. However, the terpenoids are more abundant and have low molecular mass (Junior 2019).

According to Asbahani et al. (2015) and Seow et al. (2014), EOs are synthesized in various plant organs to protect against external agents, such as UV light, herbivores, insects, and pathogens. EOs can start to act when they are released by humidity variation or mechanical action. They are accumulated and stored in specialized structures and located on plants' surfaces, such as the secretory glands, or in internal cellular organs, such as vacuoles, due to these oils' high molecular reactivity (Dima and Dima 2015). In the search for natural and sustainable alternatives that can replace synthetic pesticides and fungicides, the EOs are gaining more and more space due to their antimicrobial, antiviral, and antifungal characteristics since they are biologically active and economically viable (Saxena, Sharma, and Maity 2020; Yun et al. 2018; Silva et al. 2019).

Several Amazonian fruits produce significant amounts of essential oils, such as andiroba, buriti, copaiba, cupuaçu, murumuru, patawa, and tucumã, as shown in Table 2. Among the EOS produced by Amazonian fruits, the EO of copaiba can be highlighted. Copaiba essential oil is a concentrated liquid obtained by steam distillation of copaiba's oleoresin. This oil is widely used in the cosmetics sector for its fragrant properties, as an odor fixer, as a component in the manufacture of creams, soaps, shampoos, and hair conditioners, and even in the food sector, as a flavoring agent in foods and beverages (Urasaki et al. 2020).

The chemical composition of the essential oil of buriti bark has been studied, putting the species in the spotlight based on advances in chemical-pharmacological knowledge. This is due to the presence of tannins and flavonoids in its extract, which are possibly responsible for the antimicrobial activity presented by the plant. In addition, it has antimicrobial power, with Minimum Inhibitory Concentration (MIC) $\geq 1024 \mu\text{g.mL}^{-1}$ for all standard and multiresistant bacterial strains, also presenting a synergistic effect on *Staphylococcus aureus* (Rezende et al. 2020).

The essential oil of copaiba has a bacteriostatic behavior and activity against *Staphylococcus aureus* with a minimum inhibitory control of $62.5 \mu\text{g mL}^{-1}$ (Marangon et al. 2016). Its essential oil is partially formed by compounds of volatile sesquiterpenes, mainly β -caryophyllene (50–52%), with smaller amounts of other eight sesquiterpenes (Aguilar et al. 2013).

Amazon oils in the food industry

With the increase in health implications related to the consumption of low nutritional value foods, the search for a

Table 1. Properties of fixed oils of Amazonian fruits obtained by different extraction methods.

Fruit	Extraction method	Approximate oil yield	Extracted oil properties	Main compounds identified	References
Tucumã (<i>Astrocaryum vulgare</i>)	Cold press	≈40%	High concentration of oleic acid; Presence of saturated fatty acids, such as palmitic and stearic.	Oleic acid - 62%; Palmitic acid - 23%; β-Carotene - 21.842,74 μg/100g Carotenoids - 1065–2100 ppm; Oleic acid - 64.14–73.81%; Palmitic acid - 22.60–26.49%.	Ferreira et al. (2008), Villela et al. (2014), Pardaul et al. (2017) Costa et al. (2016)
Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>)	Supercritical CO ₂	≈33%	High carotenoid content and pro-vitamin A activity; Anti-carcinogenic and antimicrobial; High content of unsaturated fatty acids and carotenoids	Oleic acid - 65.6%–68.8%; Palmitic acid - 19.2%–19.4%. Tocopherol content: 2364.1 mg / kg with 93% of the isomers α-tocopherol and γ-tocopherol. β-carotene: 781.6 mg / kg. Oxidative stability: 69 h in OSI at 100 °C.	Speranza et al. (2016), Pardaul et al. (2017), Serra et al. (2019), Elisia et al. (2013)
	Cold press	≈38%	Antioxidant potential; Healing, anti-inflammatory and antibiotic; High concentration of oleic acid, useful in the food industry as frying oil; High content of unsaturated agents; High content of tocopherols and carotenoids; High oxidation stability.	Oleic acid 77.5%; Palmitic acid - 18.9%; α-tocopherol - 641 μg/g. Oleic acid - 86.59%; Palmitic acid - 12.31%. Palmitic acid, - 18.7%; Stearic acid - 1.5%; Oleic acid - 76.7%. Linoleic acid - 72.16%. Linoleic acid - 18.84%; γ-tocopherol - 416.13 ± 2.69 ppm; α-tocotrienol - 93.53 ± 7.75 ppm. Oleic acid - 32.03%; Palmitic acid - 14.77%; Diterpenic acids and sesquiterpenes - 55–60%; Linoleic acid - 45.34%; Oleic - 30.96%; Palmitic acid - 12.71%. Sesquiterpenes - 76.5%.	Damet et al. (2011)
Pracaxi (<i>Pentadiethra macroloba</i>)	Bligh-dyer	≈38%	Source of vitamin A and vitamin E. Source of antioxidant compounds.		
	Microwave	≈37%	High concentration of oleic acid.		Mosquera et al. (2012)
	Soxhlet with hexane	≈22%	Presence of specific agents that favor the formation of biodiesel with high volatility		Lima et al. (2017)
Brazil nut (<i>Bertholletia excelsa</i>)	Cold press	≈36%	High concentration of vitamin E, carotenoids and antioxidant activity		Serra et al. (2019), Teixeira et al. (2020)
	Cold press	≈75%	High concentration of vitamin E, carotenoids and antioxidant activity		Freitas et al. (2007), Serra et al. (2019)
Copaiba (<i>Copaifera langsdorffii</i>)	Cold press	≈75%	Anti-inflammatory, antiseptic and antirheumatic; Atividade Antimicrobiana Antiblenorrhagic, anti-tetanus, anti-herpetic, anti-cancer, anti-tumor, anti-asthmatic		Junior (2019), Meneguetti and Siviero (2019), Stupp et al. (2008)
	Bligh-dyer	Not described	Antiinflammatory, antitumor, antimicrobial and healing activity; antiseptic and antitumor potential.		Veiga et al. (2007), Garcia and Yamaguchi (2012)
Andiroba (<i>Carapa guianensis</i> Aubl.)	Cold press	≈30–70%	Anti-inflammatory, antiseptic and antirheumatic, insecticides, antidiarrheal, antirheumatic, emollient, febrifuge, helminth, liver, purgative, repellent, tonic and vermifuge; High concentration of phenolic compounds		Junior (2019), Meneguetti and Siviero (2019)
Bacaba-de-leque (<i>Oenocarpus distichus</i>)	Supercritical CO ₂	≈45%			Cunha et al. (2019)
Noz sapucaia (<i>Lecythis pisonis</i>)	Supercritical propane	≈93%	High concentration of polyunsaturated agents and triglycerides	Oleic acid - 66%; Palmitic acid - 17%; Linoleic acid - 12%; The total content of phenolic compounds was 4.14 ± 0.30 mg GAE / g (mg of gallic acid equivalents / g of sample). Oleic acid - 42.18%; Linoleic acid - 35.83%; Palmitic acid - 15.22%. α-tocopherol - 78.5%.	Teixeira et al. (2018)
Patawa (<i>Oenocarpus batava</i>)	Bligh-Dyer	≈29%	Optimal ratio of saturated / unsaturated fatty acids. Source of vitamin E.		Damet et al. (2011)

Table 2. Properties of essential oils from Amazonian fruits.

Fruit	Extracted oil properties	References
Tucumã (<i>Astrocaryum vulgare</i>)	Anti-inflammatory, antioxidant, hypoglycemic and hepatoprotective effect	Rezende et al. (2020)
Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>)	Modulator of aminoglycoside activity Antimicrobial effect against <i>C. Gloeosporioides</i> and <i>Staphylococcus aureus</i>	Rezende et al. (2020) Ferreira et al. (2012), Batista et al. (2012)
Murumuru (<i>Astrocaryum murumuru</i>)	Antioxidant, anti-inflammatory and healing effect Potential inhibitor of phytopathogens	Silva et al. (2020), Batista et al. (2012) Meneguetti and Siviero (2019)
Copaiba (<i>Copaifera langsdorfii</i>)	Antimicrobial, emollient, bactericidal and anti-inflammatory activity Anti-bleenorrhagic, skin-healing, anti-inflammatory, diuretic and expectorant agent	Rezende et al. (2020), Marangon et al. (2016), Meneguetti and Siviero (2019) Silva et al. (2012)

Table 3. Potential sector application of different oils from Amazonian fruits.

Fruit	Oil	Industrial sector	References
Bacupari (<i>Garcinia gardneriana</i>)	Fixed	Cosmetics and food industries	Serra et al. (2019)
Tucumã (<i>Astrocaryum vulgare</i>)	Fixed	Cosmetics and food industries	Pardaul et al. (2017), Costa et al. (2016)
Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	Fixed	Cosmetics, food and pharmaceutical industries; chocolate production; textile sector	Serra et al. (2019)
Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>)	Fixed	Cosmetics and food industries; biofuels	Pardaul et al. (2017), Lima et al. (2017), Serra et al. (2019)
Pracaxi (<i>Pentaclethra macroloba</i>)	Essential	Cosmetics	Santos et al. (2021)
Murumuru (<i>Astrocaryum murumuru</i>)	Fixed	Biofuels	Serra et al. (2019)
	Fixed	Cosmetics and food industries; paints production; biofuels	Marronato et al. (2016), Corrêa et al. (2020), Serra et al. (2019)
Castanha-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>)	Fixed	Food industry	Serra et al. (2019)
Copaiba (<i>Copaifera langsdorfii</i>)	Fixed	Pharmaceutical industry	Junior (2019), Meneguetti and Siviero (2019)
	Essential	Cosmetics, food and pharmaceutical industries	Urasaki et al. (2020)
Babaçu (<i>Attalea speciosa</i>)	Fixed	Food industry	Serra et al. (2019)

varied diet with fruit and vegetables has gained more attention. Some plant constituents bring health benefits and are associated with bioactive compounds such as linolenic acids, linoleic acids, and fibers. These constituents have preventive and supporting functions in treating pathologies, especially chronic non-communicable diseases and cardiovascular diseases (Bankoff et al. 2017; Santos, Klauck, et al. 2019). Studies on Amazonian food sources have been carried out to diversify and raise food quality, both for local communities and the world public, since characteristics such as the levels of functional compounds and the presence of polyunsaturated fatty acids and phenolic compounds with antioxidant activity justify the use of fruits from the Amazon. This insertion of Amazonian food sources has been happening with the pulps production and various products as mixed juices, sweets, and enriched drinks (Santos, Klauck, et al. 2019).

The Amazon biome has many species with oleaginous potential, with oils and fats with excellent physicochemical properties. Some Amazonian products used by the food industry still have a strong relationship with extractivism in their production chains, such as Brazil nuts, andiroba, copaiba, murumuru, buriti, and babaçu (Diniz et al. 2019). In addition to their use in the food industries, Amazonian oils, both fixed and essential, are used by other industrial sectors (Table 3). Some matrices' qualities are already recognized, such as that of pracaxi oil, considered a natural source of benzene acid. Pracaxi oil has properties that allow the preparation of low-calorie products. The cupuaçu fat is

another example used in the food industry to prepare various products such as vegetable creams, margarine, chocolates, and special fats for frying, baking, and confectionery use (Bezerra et al. 2017).

According to Santos et al. 2017, oils and fats with high concentrations of ω -9 acids, followed by small concentrations of ω -3 and ω -6, can be obtained from açaí (pulp), ata brava (seeds), bacaba (green fruit pulp), buriti (pulp), buritirana (pulp), yellow murici (seeds), red murici (seeds), piçaba braba (pulp), tucumanzinho (pulp), red pupunha (pulp) and yellow pupunha (pulp), from different regions. For the authors, the tucumanzinho presented contents of ω -9 close to that of olive oil, indicating that the Amazonian biodiversity is capable of supplying fruits with essential fatty acids.

Challenges and future perspectives

The incentive for research to expand agricultural development possibilities with native plants can increase Amazonian oils fruits participation in the national and international markets without expanding deforestation. This stimulus will make it possible to recover already degraded areas through cultivation and provide socioeconomic inclusion to family farmers (Homma et al. 2012). Another fundamental point is the issues related to the environment and sustainability. Protecting the most significant amount of its area to guarantee biodiversity, water resources, global climate balance, and



Figure 1. Bacupari fruit (*Garcinia Gardneriana*).



Figure 4. Açaí (*Euterpe oleracea*).



Figure 2. Tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.).



Figure 5. Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) (Souza and Souza 2018).



Figure 3. Pupunha (*Bactris gasipaes*).

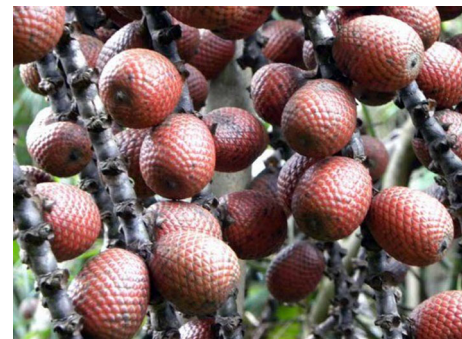


Figure 6. Buriți (*Mauritia flexuosa*) (Ferreira et al. 2018).

ensure the population's survival are significant challenges related to the Amazon biome (Homma et al. 2012).

Some of the Amazonian fruits can be considered as superfoods, as they are natural and of superior nutritional quality. This fact may represent a challenge related to important socio-environmental impacts, since the growing demand for superfoods and their by-products can be reversed in intensive agricultural production practices. The

increase in demand for açaí, for example, has led to the rapid expansion of plantations and considerable changes in the forest structure. Thus, more research is needed to ensure the development of a production scheme that supports both forest conservation and the production of these fruit (Magrach and Sanz 2020).

In a general context, some species' seasonality in the Amazon Region represents the common challenge of their availability in the off-season. The seasonality can be seen as an impulse to process these fruits to become available to the consumer throughout the year, without directly depending on seasonality. As highlighted by Homma et al. (2012),



Figure 7. Pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) (Silva and Durigan 2018).



Figure 8. Murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.) (Bezerra 2012).



Figure 9. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) (Cavalcanti 2014).



Figure 10. Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) (World of Oils 2020).

vegetable oil from plants such as andiroba, copaíba, tucumã, and others, shows itself as an excellent opportunity to generate jobs and income in Amazonian communities. This vegetable oil from Amazonian species can also produce less polluting and better-quality biodiesel.

It is important to consider that some fruit species have particular challenges related to their technological characteristics, such as the murumuru (*Astrocaryum murumuru*), which, despite its economic potential, is little explored commercially because of its thorns (Meneguetti and Siviero 2019). Another case is pupunha, which presents difficulties at the time of oil extraction due to the formation of an

emulsion with starch and water, making the use solvents necessary for its extraction.

Despite all the challenges, the Amazon oils are valuable resources with good prospects for industrial use and potential oxidative stability. Further studies are needed to optimize oils and fats processing to obtain a uniform quality product, and adding commercial value, such as applying new extraction methods and refining steps, when necessary. Also, in vivo tests on animals and humans are essential to assess the bioavailability of Amazonian fruit compounds (Serra et al. 2019).



Acknowledgements

The authors thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES, Brazil) and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, Brazil) for financial support.

Disclosure statement

The authors reported no potential conflict of interest.

ORCID

Andréia Ibiapina  <http://orcid.org/0000-0003-2523-9555>
 Larissa da Silva Gualberto  <http://orcid.org/0000-0002-7335-1771>
 Bianca Barros Dias  <http://orcid.org/0000-0002-2927-1491>
 Bárbara Catarina Bastos Freitas  <http://orcid.org/0000-0002-5059-4383>
 Glêndara Aparecida de Souza Martins  <http://orcid.org/0000-0002-3813-1028>

References

- Aguilar, C. A. L., K. R. D. S. Lima, M. C. Manno, F. B. Tavares, V. P. D. Souza, and D. L. Fernandes Neto. 2013. Effect of copaiba essential oil on broiler chickens' performance. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 35 (2):145–51. doi: [10.4025/actascianimsci.v35i2.15376](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i2.15376).
- Araújo, F. O., M. E. C. Moreira, C. F. Lima, R. C. L. Toledo, A. R. de Sousa, M. P. Veloso, and H. S. D. Martino. 2019. Bacupari (*Garcinia brasiliensis*) extract modulates intestinal microbiota and reduces oxidative stress and inflammation in obese rats. *Food Research International* 122:199–208. doi: [10.1016/j.foodres.2019.04.012](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.012).
- Araujo, M. L., C. F. C. Silva, A. L. Melhorança Filho, R. M. de Souza, and W. S. Oliveira. 2012. Atividade antimicrobiana do óleo de duas espécies (*Bactris gasipaes* Kunth e *Bactris dahlgreniana*) de pupunha frente ao crescimento de *Staphylococcus aureus*. *Ensaio e Ciência* 16 (3):21–27.
- Asbahani, A. E., K. Miladi, W. Badri, M. Sala, E. H. A. Addi, H. Casabianca, and A. Elaissari. 2015. Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics* 483 (1–2): 220–43. doi: [10.1016/j.ijpharm.2014.12.069](https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069).
- Azevedo, V. S., A. S. Araújo, M. B. Sousa, M. S. Barros, and J. A. Rocha. 2020. Prospecção Científica e Tecnológica da Tuberculose no Maranhão e o Uso Medicinal da *Copaifera Langsdorffii* no Tratamento. *Cadernos de Prospecção* 13 (3):707.
- Azevedo, A. B. A., U. Kopcak, and R. S. Mohamed. 2003. Extraction of fat from fermented cupuaçu seeds with supercritical solvents. *The Journal of Supercritical Fluids* 27 (2):223–37. doi: [10.1016/S0896-8446\(02\)00240-1](https://doi.org/10.1016/S0896-8446(02)00240-1).
- Azevedo, S. C. M., L. M. Vieira, T. Matsuura, G. F. D. Silva, S. Duvoisin, and P. M. Albuquerque. 2017. Estudo da conservação das propriedades nutricionais da polpa de tucumã (*Astrocaryum*

- aculeatum) in natura em embalagens a vácuo. *Brazilian Journal of Food Technology* 20: 1–9. doi: [10.1590/1981-6723.10716](https://doi.org/10.1590/1981-6723.10716).
- Balbi, M. E., P. T. P. S. Penteado, G. Cardoso, M. G. Sobral, and V. R. Souza. 2014. Castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* BONPL.): Composição química e sua importância para saúde. *Visão Acadêmica* 15 (2):51–63.
- Bankoff, A. D. P., M. Arruda, and I. M. G. P. Bispo, M. P. Rodrigues. 2017. Doenças Crônicas não Transmissíveis: História familiar, hábitos alimentares e sedentarismo em alunos de graduação de ambos os sexos. *Revista Saúde e Meio Ambiente* 5 (2):37–56.
- Barros, R. G. C., J. K. S. Andrade, M. Denadai, M. L. Nunes, and N. Narain. 2017. Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. *Food Research International* 102:84–92. doi: [10.1016/j.foodres.2017.09.082](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.082).
- Bataglian, G. A., W. Henrique, A. A. X. Adrião, J. M. R. Albuquerque, F. M. A. Silva, I. A. N. Numa, and H. H. F. Koolen. 2020. Bioactive compounds of Buriti Fruit (*Mauritia flexuosa* Lf). In *Bioactive compounds in underutilized fruits and nuts*, eds. H. N. Murthy, and V. A. Bapat, 1–36. Cham: Springer.
- Batista, A. G., A. S. Ferrari, D. C. Cunha, J. K. Silva, C. B. B. Cazarin, L. C. Correa, M. A. Prado, L. B. Carvalho-Silva, E. A. Esteves, and M. R. Maróstica Júnior. 2016. Polyphenols, antioxidants, and antimutagenic effects of *Copaifera langsdorffii* fruit. *Food Chemistry* 197: 1153–9. doi: [10.1016/j.foodchem.2015.11.093](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.093).
- Batista, J. S., R. G. Olinda, V. B. Medeiros, C. M. F. Rodrigues, A. F. Oliveira, E. S. Paiva, C. I. A. Freitas, and A. C. Medeiros. 2012. Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. *Ciência Rural* 42 (1):136–41. doi: [10.1590/S0103-84782011005000155](https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000155).
- Bezerra, V. S. 2012. Considerações sobre a palmeira murumuruzeiro (*Astrocaryum murumuru* Mart.). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Accessed May 7, 2021. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84961/1/AP-2012-Comunicado-tecnico-130-Murumuru.pdf>.
- Bezerra, C. V., A. M. C. Rodrigues, P. D. Oliveira, D. A. Silva, and L. H. M. Silva. 2017. Technological properties of amazonian oil sand fats and their applications in the food industry. *Food Chemistry* 221: 1466–73. doi: [10.1016/j.foodchem.2016.11.004](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.004).
- Brito, R. S., W. F. A. Alves, and J. G. V. Moreira. 2017. Avaliação do efeito da inibição da antracnose do maracujazeiro com a utilização do óleo de Pupunha (*Bactrisgasipaes*). *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological* 4 (2):43–50.
- Can-Cauch, C. A., E. Sauri-Duch, V. M. Moo-Huchin, D. Betancur-Ancona, and L. F. Cuevas-Glory. 2019. Effect of extraction method and specie on the content of bioactive compounds and antioxidant activity of pumpkin oil from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry* 285: 186–93. doi: [10.1016/j.foodchem.2019.01.153](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.153).
- Canuto, G. A. B., A. A. O. Xavier, L. C. Neves, and M. D. T. Benassi. 2010. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Revista Brasileira de Fruticultura* 32 (4):1196–205. doi: [10.1590/S0100-29452010005000122](https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000122).
- Carneiro, A. B. A., E. J. S. Pinto, I. F. Ribeiro, M. R. G. Magalhães, M. Neto, and M. B. Azevedo. 2017. Efeito da *Astrocaryum aculeatum* (Tucumã) na toxicidade da Doxorubicina: Modelo experimental in vivo. *Acta Paulista de Enfermagem* 30 (3):233–239. doi: [10.1590/1982-0194201700036](https://doi.org/10.1590/1982-0194201700036).
- Cavalcanti, L. R. B. 2014. Castanha-do-brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Accessed May 9, 2021. <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/1652001/castanha-do-brasil>.
- Cedrim, P. C. A. S., E. M. A. Barros, and T. G. Nascimento. 2018. Antioxidant properties of acai (*Euterpeoleracea*) in the metabolic syndrome. *Brazilian Journal of Food Technology* 21: e2017092. doi: [10.1590/1981-6723.09217](https://doi.org/10.1590/1981-6723.09217).
- Chunhieng, T., A. Hafidi, D. Pioch, J. Brochier, and M. Didier. 2008. Detailed study of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) oil micro-compounds: Phospholipids, tocopherols and sterols. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 19 (7):1374–80. doi: [10.1590/S0103-50532008000700021](https://doi.org/10.1590/S0103-50532008000700021).
- Corrêa, A. P. L., R. R. C. Bastos, G. N. R. Filho, J. R. Zamian, and L. R. V. Conceição. 2020. Preparation of sulfonated carbon-based catalysts from murumuru kernel shell and their performance in the esterification reaction. *RSC Advances* 10 (34):20245–56. doi: [10.1039/D0RA03217D](https://doi.org/10.1039/D0RA03217D).
- Costa, B. E. T., O. V. D. Santos, N. C. F. Corrêa, and L. F. D. França. 2016. Comparative study on the quality of oil extracted from two tucumã varieties using supercritical carbon dioxide. *Food Science and Technology* 36 (2):322–8. doi: [10.1590/1678-457X.0094](https://doi.org/10.1590/1678-457X.0094).
- Costa, M. N. F. S., M. A. P. Muniz, C. A. B. Negrão, C. E. F. Costa, M. L. N. Lamarão, L. Morais, J. O. C. Silva Júnior, and R. M. R. Costa. 2014. Characterization of Pentaclethra macroloba oil. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 115 (3):2269–75. doi: [10.1007/s10973-012-2896-z](https://doi.org/10.1007/s10973-012-2896-z).
- Costa, R. S. D., O. V. D. Santos, S. C. D. S. Lannes, A. A. Casazza, B. Aliakbarian, P. Perego, and J. O. C. Silva. 2020. Bioactive compounds and value-added applications of cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) agroindustrial by-product. *Food Science and Technology* 40 (2):401–7. doi: [10.1590/1516-8913.101119](https://doi.org/10.1590/1516-8913.101119).
- Costa, T., C. M. Veronezi, and N. Jorge. 2020. Chemical and bioactive properties of the oils from Brazilian nuts. *Scientia Agraria Paranaensis* 19 (2):180–6. doi: [10.18188/sap.v19i1.24152](https://doi.org/10.18188/sap.v19i1.24152).
- Criollo, J., D. Criollo, and A. S. Aldana. 2010. Fermentación de la almendra de copoazú (*Theobromagrandiflorum* [Willd. ex Spreng.] Schum). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 11 (2):107–15. doi: [10.21930/rcta.vol11_num2_art200](https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art200).
- Cunha, V. M. B., M. P. Silva, S. H. B. Sousa, P. N. Bezerra, E. G. O. Menezes, N. J. N. Silva, and R. N. Carvalho Junior. 2019. Bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus* Mart.) oil extraction using supercritical CO₂ and bioactive compounds determination in the residual pulp. *The Journal of Supercritical Fluids* 144:81–90. doi: [10.1016/j.supflu.2018.10.010](https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.10.010).
- Dabaja, M. Z., B. M. Bizzo, and E. B. Pereira. 2018. 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):1–11. doi: [10.5892/ruvrd.v16i2.5016](https://doi.org/10.5892/ruvrd.v16i2.5016).
- Dantas, A. R., L. C. Marangon, M. C. Guedes, A. L. P. Feliciano, and A. C. L. Guedes. 2017. Spatial distribution of a population of *Pentaclethra macroloba* (willd.) kuntze in a floodplain forest of the amazon estuary. *Rev. Árvore Viçosa* 41(4):1–11.
- Darnet, S. H., L. H. M. Silva, A. M. C. Rodrigues, and R. T. Lins. 2011. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the amazon region. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 31 (2):488–91. doi: [10.1590/S0101-20612011000200032](https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000200032).
- Dima, C., and S. Dima. 2015. Essential oils in foods: Extraction, stabilization, and toxicity. *Current Opinion in Food Science* 5:29–35. doi: [10.1016/j.cofs.2015.07.003](https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.07.003).
- Diniz, M. B., M. J. T. Diniz, A. L. Ferreira, M. L. C. Barrios, and E. B. F. Lima. 2019. Região Amazônica: Biodiversidade E Possibilidades De Transformação Industrial. *Cadernos CEPEC* 6:1–6. doi: [10.18544/cepec.v6i1-6.7037](https://doi.org/10.18544/cepec.v6i1-6.7037).
- Donsi, F., and G. Ferrari. 2016. Essential oil nanoemulsions as antimicrobial agents in food. *Journal of Biotechnology* 233:106–20. doi: [10.1016/j.jbiotec.2016.07.005](https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.07.005).
- Elisia, I., J. W. Young, Y. V. Yuan, and D. D. Kitts. 2013. Association between tocopherol isoform composition and lipid oxidation in selected multiple edible oils. *Food Research International* 52 (2): 508–14. doi: [10.1016/j.foodres.2013.02.013](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.013).
- Fernandez, C. M. M., F. B. Lorenzetti, C. C. Iwanaga, K. Zanoli, L. P. S. Bernuci, J. P. P. Andrade, and B. P. Dias. 2021. Chemical composition and seasonal variation of the essential oils of leaves of *Garcinia gardneriana* (Planchon & Triana) Zappi (Clusiaceae). *Australian Journal of Crop Science* 15 (1):1–8. doi: [10.21475/ajcs.21.15.01.1800](https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.01.1800).
- Ferreira, E. S., V. G. Lucien, A. S. Amaral, and C. S. Siqueira. 2008. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart)*. *Alimentos e nutrição* 19 (4):427–33.
- Ferreira, J. B., Y. Y. B. Neves, G. D. O. Nascimento, A. D. Figueiredo, and N. Venturin. 2012. Óleos essenciais no controle de

- Colletotrichum gloeosporioides, agente causal da antracnose em palmáceas. *Enciclopédia Biosfera* 8 (14):751–60.
- Ferreira, L. S., M. R. P. Santos, L. C. Figueira, K. M. R. Nagata, C. M. R. Remédios, and F. F. Sousa. 2017. Caracterização de óleos vegetais da Amazônia por espectroscopia de absorção. *Scientia Plena* 13 (1):1–7. doi: [10.14808/10.14808/sci.plena.2017.012704](https://doi.org/10.14808/10.14808/sci.plena.2017.012704).
- Ferreira, M. G. R., C. J. Costa, C. U. B. Pinheiro, E. R. B. Souza, and C. O. Carvalho. 2018. *Mauritia flexuosa*: Burity. Accessed May 9, 2021. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190231/1/cap-burity.pdf>.
- Franzini, V., A. Silva, D. D. S. Tavares, and J. Maciel. 2016. Resposta de mudas de tucumã à aplicação de doses de calcário e fósforo. *Embrapa Amazônia Oriental*. Artigo em periódico indexado (ALICE).
- Freitas, S. P., O. F. Silva, I. C. D. Miranda, and M. A. S. Coelho. 2007. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha-do-Brasil com etanol. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 27:14–7. doi: [10.1590/S0101-20612007000500002](https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000500002).
- Fuentes, V. M., L. A. Muehlmann, J. P. F. Longo, J. R. Silva, M. L. Fascineli, P. Souza, and C. M. Lucci. 2017. Photodynamic therapy mediated by acai oil (*Euterpe oleracea* Martius) in nanoemulsion: A potential treatment for melanoma. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 166:301–10. doi: [10.1016/j.jphotobiol.2016.12.002](https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.12.002).
- Garcia, R. F., and M. H. Yamaguchi. 2012. Óleo de copaíba e suas propriedades medicinais: Revisão bibliográfica. *Saúde e Pesquisa* 5(1): 137–46.
- Girón, J. M., and L. E. O. Santos. 2016. Determinación de la concentración de pigmentos carotenoides en harina de residuos de chontaduro (*Bactris gasipa*). *Producción + Limpia* 11 (1):85–93.
- Gurgel, E. S. C., M. S. Oliveira, M. C. Souza, S. G. Silva, M. S. Mendonca, and A. P. S. Souza. 2019. Chemical compositions and herbicidal (phytotoxic) activity of essential oils of three *Copaifera* species (Leguminosae-Caesalpinioideae) from Amazon-Brazil. *Industrial Crops and Products* 142:111850. doi: [10.1016/j.indcrop.2019.111850](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111850).
- Hernandez, I., L. Alegre, and S. Munné-Bosch. 2004. Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions. *Tree Physiology* 24 (11):1303–11. doi: [10.1093/treephys/24.11.1303](https://doi.org/10.1093/treephys/24.11.1303).
- Hidalgo, P. S. P., R. C. S. Nunomura, and S. M. Nunomura. 2016. Plantas oleaginosas amazônicas: Química e atividade antioxidante de pataú (*Oenocarpus bataua* Mart.). *Revista Virtual de Química* 8 (1): 130–40. doi: [10.5935/1984-6835.20160009](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20160009).
- Homma, A. K. O., A. J. E. A. Menezes, J. E. U. Carvalho, and G. B. Matos. 2018. Manejo e plantio de bacurizeiros (*Platoniainsignis* Mart.): A experiência no manejo e domesticação de um recurso da biodiversidade amazônica. *Inclusão Social* 12 (1):48–57.
- Homma, A. K. O., A. R. Alves, S. D. M. Alves, A. A. Franco, and H. W. A. Pena. 2012. *Environmental sustainable in agriculture and food security in the Brazilian Amazon*. *Embrapa Amazônia Oriental*. Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Ecological Economics And Rio+ 20: Challenges And Contributions For A Green hoeconomy, 2012, Rio de Janeiro. Conference proceedings. Rio de Janeiro: ISEE, 2012.
- Jaramillo, J. E. C.C., M. P. C. Bautista, O. A. A. Solano, L. E. Achenie, and A. F. G. Barrios. 2019. Barrios. Impact of the Mode of Extraction on the Lipidomic Profile of Oils Obtained from Selected Amazonian Fruits. *Biomolecules* 9 (8):329. doi: [10.3390/biom9080329](https://doi.org/10.3390/biom9080329).
- Junior, N. D. S. B. 2019. *Análise da estrutura da cadeia produtiva de óleos vegetais florestais: um estudo no estado do Pará, Amazônia Brasileira*.
- Liaquat, I., N. Riaz, Q. U. Saleem, H. M. Tahir, M. Arshad, and N. Arshad. 2019. Toxicological Evaluation of Essential Oils from Some Plants of Rutaceae Family. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 9:6–352.
- Lima, M. C., and G. V. Portari. 2019. Composição centesimal e compostos antioxidantes de dois frutos do Cerrado brasileiro. *Ceres* 10(1).
- Lima, R. P., P. T. S. Luz, M. Braga, P. R. S. Batista, C. E. F. Costa, J. R. Zamian, and G. N. Rocha Filho. 2017. Murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.) butterandoilsof buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) andpracaxi (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze) can be used for biodiesel production: Physico-chemical properties and thermal and kinetic studies. *Industrial Crops and Products* 97: 536–44. doi: [10.1016/j.indcrop.2016.12.052](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.052).
- Maestri, D., M. C. Cittadini, R. Bodoira, and M. Martínez. 2020. Tree nut oils: Chemical profiles, extraction, stability, and quality concerns. *European Journal of Lipid Science and Technology* 122 (6): 1900450. doi: [10.1002/ejlt.201900450](https://doi.org/10.1002/ejlt.201900450).
- Magrath, A., and M. J. Sanz. 2020. Environmental and social consequences of the increase in the demand for 'superfoods' world-wide. *People and Nature* 2 (2):267–78. doi: [10.1002/pan3.10085](https://doi.org/10.1002/pan3.10085).
- Marangon, C. A., P. M. F. Leite, M. A. V. Rodrigues, V. C. A. Martins, A. M. G. Plepis, and M. Nitschke. 2016. *Influência dos óleos de copaíba e buriti em emulsões de quitosana/gelatina sobre Staphylococcus aureus*. In: Anais. Foz do Iguaçu.
- Marques, E. D. S., J. G. Froder, P. R. D. Oliveira, F. F. Perazzo, P. C. P. Rosa, I. O. Gaivão, and E. L. Maistro. 2019. Cytotoxic effects of *Euterpe oleracea* fruit oil (açai) in rat liver and thyroid tissues. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 29 (1):54–61. doi: [10.1016/j.bjp.2018.12.001](https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.12.001).
- Marques, H. P., S. Barbosa, D. A. Nogueira, M. H. Santos, B. R. Santos, and P. R. Santos-Filho. 2018. Proteic and phenolics compounds contents in Bacupari callus cultured with glutamine and nitrogen sources. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia* 78 (1):41–6. doi: [10.1590/1519-6984.03416](https://doi.org/10.1590/1519-6984.03416).
- Marronato, A., T. S. Almeida, J. P. Mota, C. A. Oliveira, C. Rosado, and M. V. R. Velasco. 2016. Comparison of sunscreens containing titanium dioxide alone or in association with cocoa, Murumuru Or Cupuaçu Butters. *Journal Biomedical and Biopharmaceutical Research* 13 (2):229–44. doi: [10.19277/bbr.13.2.141](https://doi.org/10.19277/bbr.13.2.141).
- Martins, Q. S., L. M. S. Santos, and J. L. B. Faria. 2020. Raman spectra and ab-initio calculations in *Bertholletia excelsa* oil. *Vibrational Spectroscopy* 106:102986. doi: [10.1016/j.vibspec.2019.102986](https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2019.102986).
- Meneguetti, N. F. S. P., and A. Siviero. 2019. Potencial biotecnológico de espécies vegetais oleaginosas ocorrentes em comunidades extrativistas do Acre. *Embrapa Acre-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)*. In: A. Siviero, R. C. dos Santos, E. P. L. Mattar (Org.). *Conservação e tecnologias para o desenvolvimento agrícola e florestal no Acre*. Rio Branco, AC: Ifac, 2019. Cap. 4, p. 115–146.
- Milanez, J. T., L. C. Neves, R. C. Colombo, M. Shahab, and S. R. Roberto. 2018. Bioactive compounds and antioxidant activity of buriti fruits, during the postharvest, harvested at different ripening stages. *Scientia Horticulturae* 227:10–21. doi: [10.1016/j.scienta.2017.08.045](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.045).
- Mosquera, D. M., J. E. Cardona, R. H. Gutiérrez, and M. S. Hernández. 2012. Obtención de aceites vegetales provenientes de especies Amazónicas mediante la técnica de extracción asistida por microondas (EAM). *Vitae* 19 (1):S57–S59.
- Moura, C. V. R., B. C. Silva, A. G. Castro, E. M. Moura, M. D. C. Veloso, I. M. Sittolin, and E. C. E. Araujo. 2019. Caracterização físico-química de óleos vegetais de oleaginosas adaptáveis ao Nordeste Brasileiro com potenciais para produção de biodiesel. *Revista Virtual de Química* 11 (3):573–95. doi: [10.21577/1984-6835.20190044](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190044).
- Nascimento, R. J. S. D., S. Couri, R. Antoniassi, and S. P. Freitas. 2008. Fatty acids composition of açai pulp oil obtained by enzymatic technology and hexane. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30 (2):498–502. doi: [10.1590/S0100-29452008000200040](https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000200040).
- Negri, T. C., P. R. A. Berni, and S. G. C. Brazaca. 2016. Valor nutricional de frutas nativas e exóticas do Brasil. *Biosaúde* 18 (2):82–96.
- Oliveira, P. D., L. A. Araujo, L. H. Silva, and A. M. Rodrigues. 2016. Predicting temperature-dependent viscosity of amazonian vegetable oils and their mixtures from fatty acid composition. *International Journal of Food Properties* 19 (9):1972–82. doi: [10.1080/10942912.2015.1090448](https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1090448).
- Oliveira, W. S., J. A. M. Silva, and C. A. M. Rocha. 2019. Prospecção Científica e Tecnológica da Utilização do Óleo de Pracaxi. *Cadernos de Prospecção* 12 (5):1560–1571.

- Pardaul, J. J., F. A. Molfetta, M. Braga, L. K. Souza, N. R. Geraldo Filho, J. R. Zamian, and C. E. F. Costa. 2017. Characterization, thermal properties and phase transitions of amazonian vegetable oils. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 127 (2):1221–9. doi: [10.1007/s10973-016-5605-5](https://doi.org/10.1007/s10973-016-5605-5).
- Pereira, E., M. C. Ferreira, K. A. Sampaio, R. Grimaldi, A. J. A. Meirelles, and G. J. Maximo. 2019. Physical properties of Amazonian fats and oils and their blends. *Food Chemistry* 278: 208–15. doi: [10.1016/j.foodchem.2018.11.016](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.016).
- Pereira, Y. F., M. S. Costa, S. R. Tintino, J. E. Rocha, F. F. G. Rodrigues, M. K. S. B. Feitosa, and E. O. Sousa. 2018. Modulation of the Antibiotic Activity by the *Mauritia flexuosa* (Buriti) Fixed Oil against Methicillin-Resistant *Staphylococcus Aureus* (MRSA) and Other Multidrug-Resistant (MDR) Bacterial Strains. *Pathogens* 7 (4):98.
- Restrepo, J., J. A. Estupinan, and A. J. Colmenares. 2016. Estudio comparativo de las fracciones lipídicas de *Bactris gasipaes* Kunth (chontaduro) obtenidas por extracción Soxhlet y por extracción con CO₂ supercrítico. *Revista Colombiana de Química* 45 (1):5–9. doi: [10.15446/rev.colomb.quim.v45n1.57199](https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v45n1.57199).
- Rezende, A. A., G. M. P. Melo, L. M. A. Bertipaglia, and W. J. Melo. 2020. Avaliação in vitro de óleos essenciais de copaíba, buriti e tucumã para controlar *Staphylococcus aureus*. Produção e Controle de Produtos Naturais 2. In *Produção e controle de produtos naturais* 2. ed. R. R. S. Silva-Matos, V. R. Cardoso, K. V. Cordeiro, 26–38. Ponta Grossa, Brazil: Editora Atena.
- Rufino, M. S. M., J. P. Jiménez, S. Arranz, R. E. Alves, E. S. Brito, M. S. Oliveira, and F. Saura-Calixto. 2011. Açaí (*Euterpe oleracea*) ‘BRS Pará’: A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil. *Food Research International* 44 (7): 2100–6. doi: [10.1016/j.foodres.2010.09.011](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.011).
- Santos, D. D. S., V. Klauck, G. Campigotto, D. F. Alba, J. H. Reis, R. R. Gebert, and R. Wagner. 2019. Benefits of the inclusion of açai oil in the diet of dairy sheep in heat stress on health and milk production and quality. *Journal of Thermal Biology* 84:250–8. doi: [10.1016/j.jtherbio.2019.07.007](https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.07.007).
- Santos, F. D. R. P., M. G. B. Santos, V. B. Lucena, and J. A. Chaves. 2021. Características físico-químicas de um sérum desenvolvido à base do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) para pele idosa. *Revista Enfermagem Atual in Derme* 95 (33):1–15.
- Santos, M. D. F. G. D., R. E. Alves, E. S. D. Brito, S. D. M. Silva, and M. R. S. D. Silveira. 2017. Quality characteristics of fruits and oils of palms native to the Brazilian Amazon. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39: 1–6.
- Santos, M. M. R., D. S. Fernandes, C. J. Cândido, L. F. Cavalheiro, A. F. Silva, V. A. Nascimento, and P. A. Hiane. 2018. Physical-chemical, nutritional and antioxidant properties of tucumã. (*Astrocaryum huaimi* Mart.) Fruits. *Semina: Ciências Agrárias* 39 (4):1517–31.
- Santos, O. V. D., S. D. Soares, P. C. S. Dias, S. D. P. D. A. Duarte, M. P. L. D. Santos, and F. D. C. A. D. Nascimento. 2020. Chromatographic profile and bioactive compounds found in the composition of pupunha oil (*Bactris gasipaes* Kunth): implications for human health. *Revista de Nutrição* 33: 1–12. doi: [10.1590/1678-9805202033e190146](https://doi.org/10.1590/1678-9805202033e190146).
- Santos, O. V., J. R. R. N. Carvalho, C. E. F. Costa, and S. C. S. Lannes. 2019. Chemical, chromatographic-functional, thermogravimetric-differential and spectroscopic parameters of the sapucaia oil obtained by different extraction methods. *Industrial Crops and Products* 132: 487–96. doi: [10.1016/j.indcrop.2019.02.043](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.043).
- Santos, R. C., A. A. Melo Filho, E. A. Chagas, J. A. Takahashi, I. F. Monteiro, L. C. Holanda, and A. C. G. R. Melo. 2018. Chemical characterization of oils and fats from amazonian fruits by ¹H NMR. *Chemical Engineering Transactions* 68: 235–240.
- Saxena, A., L. Sharma, and T. Maity. 2020. Enrichment of edible coatings and films with plant extracts or essential oils for the preservation of fruits and vegetables. In *Biopolymer-Based Formulations*, ed. K. Pal, I. Banerjee, P. Sarkar, D. Kim, W.-P. Deng, N. K. Dubey, K. Majumder, 859–80. Elsevier.
- Schneider, L. C., K. V. Leão, L. L. Machado, and A. R. D. Guimarães. 2020. 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):13942–53.
- Seow, Y. X., C. R. Yeo, H. L. Chung, and H. G. Yuk. 2014. Plant essential oils as active antimicrobial agents. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54 (5):625–44. doi: [10.1080/10408398.2011.599504](https://doi.org/10.1080/10408398.2011.599504).
- Serra, J. L., A. M. C. Rodrigues, R. A. Freitas, A. J. A. Meirelles, S. H. Darnet, and L. H. M. Silva. 2019. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocopherols, total carotenoids and chemical composition. *Food Research International* 116:12–9. doi: [10.1016/j.foodres.2018.12.028](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.028).
- Silva, A. G., P. F. Puziol, R. N. Leitão, T. R. Gomes, R. Scherer, M. L. L. Martins, and L. C. Cavalcanti. 2012. Application of the Essential Oil from Copaiba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) for Acne Vulgaris: a Double-Blind, Placebo Controlled Clinical Trial. *Alternative Medicine Review* 17 (1):69–75.
- Silva, A. J., L. P. Oliveira, J. C. D. P. Rezende, and I. S. Saraiva. 2019. Avaliação da atividade antimicrobiana de óleos essenciais obtidos de diferentes fabricantes. *Sinapse Múltipla* 8 (1):33–40.
- Silva, D. C. F., F. L. A. Carvalho, G. P. S. Maciel, G. C. Castro, L. S. Borges, L. S. Sena, and R. C. Moura. 2020. Óleo de buriti como alternativa aos antibióticos melhoradores de desempenho em dietas para frangos de corte. In *Estudos em zootecnia e ciência animal* 2, ed. G. Krah, 83–94. Ponta Grossa, Brazil: Editora Atena.
- Silva, E. P. O., L. H. Castro, R. M. Bianggio, and M. Beltrane Júnior. 2010. Estudo das características físico-químicas e classificação de fitoingredientes na espécie *Astrocaryum murumuru* (*murumuru*). In: Encontro Latino Americano de Iniciação científica. São José dos Campos. *Biodiversidade: conservação, Preservação e Recuperação* 12 (8):1–3.
- Silva, J. L., and M. F. B. Durigan. 2018. Valorização e uso popular do óleo de pracaxi [*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Available in: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1104243/1/FOLDERpracaxiSimpAgro20182.pdf>. Access in: 09 may 2021.
- Singh, T. C., and N. Jorge. 2013. 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.
- Souza, A. G. C., and M. G. Souza. 2018. Enxertia de borbúlia em placa em cupuaçuzeiro. Embrapa Amazônia Ocidental. Accessed May 9, 2021. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184581/1/122018-Final.pdf>.
- Souza, B. F. F., H. O. Carvalho, I. M. Ferreira, E. L. Cunha, A. S. Barros, T. Taglialegna, and J. C. T. Carvalho. 2017. Effect of the treatment with *Euterpe oleracea* Mart. oil in rats with Triton-induced dyslipidemia. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 90:542–7. doi: [10.1016/j.biopha.2017.04.005](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.04.005).
- Speranza, P., A. O. Falcão, J. A. Macedo, L. H. M. Silva, A. M. C. Rodrigues, and G. A. Macedo. 2016. Amazonian Buriti oil: Chemical characterization and antioxidant potential.: Chemical characterization and antioxidant potential. *Grasas y Aceites* 67 (2):e135. doi: [10.3989/gya.0622152](https://doi.org/10.3989/gya.0622152).
- Stupp, T., R. A. Freitas, M. R. Sierakowski, F. C. Deschamps, A. Wisniewski, and M. W. Biavatti. 2008. Characterization and potential uses of *Copaifera langsdorffii* seeds and seed oil. *Bioresource Technology* 99 (7):2659–63.
- Teixeira, G. L., L. G. Maciel, S. Mazzutti, C. B. Gonçalves, S. R. S. Ferreira, and J. M. Block. 2020. Composition, thermal behavior and antioxidant activity of pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) seed oil obtained by supercritical CO₂. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 24:101521. doi: [10.1016/j.bcab.2020.101521](https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101521).
- Teixeira, G. L., S. M. Ghazani, M. L. Corazza, A. G. Marangoni, and R. H. Ribani. 2018. Assessment of subcritical propane, supercritical CO₂ and Soxhlet extraction of oil from sapucaia (*Lecythis pisonis*) nuts. *The Journal of Supercritical Fluids* 133:122–32. doi: [10.1016/j.supflu.2017.10.003](https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.10.003).
- Urasaki, Y., C. Beaumont, M. Workman, J. N. Talbot, D. K. Hill, and T. L. Te. 2020. Fast-Acting and Receptor-Mediated Regulation of Neuronal Signaling Pathways by Copaiba Essential Oil. *International*

- Journal of Molecular Sciences* 21 (7):2259. doi: [10.3390/ijms21072259](https://doi.org/10.3390/ijms21072259).
- Veiga, V. V., E. C. Rosas, M. V. D. Carvalho, M. Henriques, and A. C. Pinto. 2007. Chemical composition and anti-inflammatory activity of copaiba oils from *Copaifera cearensis* Huber ex Ducke, *Copaifera reticulata* Ducke and *Copaifera multijuga* Hayne—A comparative study. *Journal of Ethnopharmacology* 112 (2):248–254. doi: [10.1016/j.jep.2007.03.005](https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.03.005).
- Vilhena, A. E. G., R. L. C. Schwartz, P. T. S. Bezerra, and D. D. S. B. Brasil. 2020. Physical and chemical characterization of Pará chestnut oil extracted by hydraulic pressing. *Brazilian Applied Science Review* 4 (3):859–865. doi: [10.34115/basrv4n3-009](https://doi.org/10.34115/basrv4n3-009).
- Villela, A. A., B. J. D'Alembert, L. P. Rosa, and M. V. Freitas. 2014. Status and prospects of oil palm in the Brazilian Amazon. *Biomass and Bioenergy* 67:270–278. doi: [10.1016/j.biombioe.2014.05.005](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.05.005).
- Willerding, A. L., F. G. M. R. Carvalho Neto, A. M. Gama, and C. R. F. Carioca. 2012. Hydrolytic activity of bacterial lipases in Amazonian vegetable oils. *Química Nova* 35 (9):1782–1786. doi: [10.1590/S0100-40422012000900015](https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000900015).
- World of Oils. 2020. Aceite de Copaíba: conocido como “Aceite de la Vida”. Accessed May 9, 2021. <http://mundodosoleos.com/blogs/news/oleo-de-copaiba-oleo-da-vida?lang=es>.
- Yun, J., C. Wu, X. Li, and X. Fan. 2018. Improving the microbial food safety of fresh fruits and vegetables with aqueous and vaporous essential oils. In *Natural and Bio-Based Antimicrobials for Food Applications*, ed. X. Fan, H. Ngo, and C. Wu, 87–117. Washington DC: American Chemical Society.
- Yuyama, L. K. O., R. N. Maeda, L. Pantoja, J. P. L. Aguiar, and H. A. Marinho. 2008. Processamento e avaliação da vida de prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28 (2):408–412. doi: [10.1590/S0101-20612008000200021](https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000200021).