



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E
ANTIMICROBIANA DO ÓLEO BRUTO E DA FARINHA DA TORTA DA AMÊNDOA
DE INAJÁ (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude)**

RECIFE

2022

JUCIANNE MARTINS LOBATO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E
ANTIMICROBIANA DO ÓLEO BRUTO E DA FARINHA DA TORTA DA AMÊNDOA
DE INAJÁ (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, para a obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Dr^a. Tânia Lúcia Montenegro Stamford

RECIFE

2022

Catálogo na fonte:
Bibliotecária: Elaine Freitas, CRB4:1790

L796c	Lobato, Jucianne Martins Caracterização físico-química, atividade antioxidante e antimicrobiana do óleo bruto e da farinha da torta da amêndoa de inajá (<i>Maximiliana maripa</i> (Aubl.) Drude) / Jucianne Martins Lobato. – 2022. 71 p. : il. Orientadora: Tânia Lúcia Montenegro Stamford. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Recife, 2022. Inclui referências. 1. Óleo de palmeira. 2. Resíduos sólidos. 3. Farinha. 4. Alimento funcional. I. Stamford, Tânia Lúcia Montenegro (orientadora). II. Título. 612.3 CDD (23.ed.) UFPE (CCS 2022 - 245)
-------	--

JUCIANNE MARTINS LOBATO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E
ANTIMICROBIANA DO ÓLEO BRUTO E DA FARINHA DA TORTA DA AMÊNDOA
DE INAJÁ (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, para a obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos Alimentos.

Aprovada em: 10 / 02 / 2022

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Thayza Christina Montenegro Stamford
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Dr. Francisco Humberto Xavier Júnior
Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Dr^a. Natália Ferrão Castelo Branco Melo
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

***Com carinho, aos meus pais
Maria e José Reinaldo pelo exemplo, incentivo e amor.***

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar sempre presente na minha vida, iluminando e abençoando as minhas escolhas e por conceder que meus sonhos se tornem realidade, mostrando que por meio dele todas as coisas são possíveis.

Aos meus amados pais, Maria das Neves e José Reinaldo Lobato, por todos os ensinamentos, pelo incentivo, dedicação, paciência, amor e apoio para percorrer os meus sonhos e que me dão forças para prosseguir em minha caminhada. Sem vocês nunca teria sido possível sonhar.

Às minhas queridas irmãs, Lucianne e Giselly, pelo companheirismo, compreensão e carinho. Sinto-me orgulhosa e privilegiada por ter pessoas tão especiais como vocês, que estão sempre prontas para alegrar o meu dia.

Ao meu avô, José Pedro Lobato, por acreditar na minha capacidade, por sempre me apoiar nas conquistas dos meus sonhos, compartilhar as minhas conquistas com um sorriso e ser exemplo de homem íntegro, alegre e inspirador.

À minha orientadora, Tânia Stamford, pelo acolhimento, generosidade e confiança concedida durante o mestrado. A oportunidade de aprender com a senhora foi uma das melhores experiências que vivenciei. O carinho e as palavras de incentivo sempre encorajadoras mostram uma orientadora sem igual. Obrigada por sua disposição, paciência, auxílio e ensinamentos durante o mestrado, a senhora é inspiração.

À professora Thayza Stamford, pelo carinho, paciência e ensinamentos. Obrigada pelas conversas cheias de sorrisos, pela ajuda durante as análises. A senhora foi essencial para o andamento da pesquisa e para que eu sonhasse cada vez mais em prosseguir como pesquisadora.

Aos professores Antônio Félix, Humberto Xavier e Jaciana Aguiar, por toda gentileza e colaboração na realização das análises para que este trabalho fosse desenvolvido, que foi de grande valia para o aprimoramento da dissertação.

À Gerlane Lima, pelo apoio, troca de conhecimentos, ajuda com as rotinas do laboratório, com os experimentos e disponibilidade em contribuir com as análises. Você foi importante do começo ao fim da pesquisa.

Aos meus amigos, Maria Rita, Zildene, Jason, Stefany, Diêgo e Douglas pela amizade, companheirismo, paciência, incentivo e momentos compartilhados juntos.

À banca examinadora por aceitar o convite e pelas sugestões para melhoria da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, pela oportunidade concedida, qualidade de ensino, capacitação e conhecimento técnico e científico para a realização deste sonho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, os meus sinceros agradecimentos.

“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou o teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a minha destra fiel” (ISAÍAS 41:10, 1990, p. 935)”.

RESUMO

O processamento do óleo das amêndoas de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude), espécie nativa encontrada na Amazônia brasileira gera resíduos agroindustriais, que geralmente são descartados ou utilizados para alimentação animal. Entretanto, estes tipos de subprodutos são fontes de compostos bioativos, apresentando um grande potencial na formulação de alimentos funcionais e sustentáveis. Portanto, o presente estudo objetivou caracterizar o óleo bruto e a farinha da torta residual das amêndoas de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) obtidos por prensagem a frio quanto às suas propriedades físico-químicas e biológicas. O óleo da amêndoa de inajá foi extraído por prensagem a frio e caracterizado quanto ao rendimento, índice de acidez, iodo, refração, peróxido, perfil lipídico por cromatografia gasosa acoplada a detector de ionização de chama e qualidade nutricional. As análises realizadas na farinha foram: composição centesimal, atividade de água, cor e valor calórico. O óleo bruto e farinha da torta da amêndoa de inajá foram avaliadas quanto a estabilidade termo-oxidativa por análise termogravimétrica (TGA), calorimetria exploratória diferencial (DSC) e espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), atividade antioxidante por inibição do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrihidrazil) e ABTS (2,2'-azino-bis(3- etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) e antimicrobiana por microdiluição frente as cepas *Bacillus cereus* ATCC 10876, *Enterococcus faecium* ATCC 6569, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Listeria monocytogenes* ATCC 7664, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 e *Salmonella typhimurium* ATCC 1408 e espécies fúngicas *Aspergillus niger* URM 7282 e *Colletotrichum siamenses* CMM 4077. Os índices de acidez (2,07 mg NaOH/g), peróxido (5,54 meq/Kg) e refração (1,455) do óleo de inajá indicaram que atendeu os parâmetros para ser comercializado. O perfil de ácidos graxos demonstra que o óleo de inajá é uma fonte de saturados, destacando-se o láurico (50,39%), mirístico (19,68%) e palmítico (7,17%). A farinha de inajá apresentou baixo teor de umidade (2,45%), teor elevado de proteínas de 11,83%, lipídios de 46,25% e carboidratos de 37,30%, podendo ser utilizada na formulação de diferentes produtos alimentícios. Esse material apresentou boa estabilidade oxidativa e térmica. A atividade antioxidante do óleo foi superior pelo método ABTS (25,96%) em comparação com o DPPH (13,61%) na concentração de 500 µg/mL,

enquanto que a farinha obteve 16,69% para DPPH. O óleo da amêndoa de inajá apresentou atividade antimicrobiana frente a *S. aureus*, *B. cereus* na concentração de 0,12 mg/mL e o extrato aquoso da farinha de 0,012 mg/mL. O óleo exibiu ação antifúngica contra *A. niger* e *C. siamenses* em concentrações inferiores com 0,04 e 0,06 mg/mL. Portanto, o óleo e a farinha de inajá possuem elevado valor nutricional, boa estabilidade oxidativa e térmica e propriedade antioxidante e antimicrobiana, sendo uma nova possibilidade no desenvolvimento de alimentos funcionais sustentáveis, podendo contribuir para a redução dos impactos ambientais, agregação de valor aos produtos regionais e promoção da saúde dos consumidores.

Palavras-chave: óleo de palmeira; resíduos sólidos; farinha; alimento funcional.

ABSTRACT

The processing of oil from inajá seeds (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude), a native species found in the Brazilian Amazon, generates agro-industrial residues, which are usually discarded or used for animal feed. However, these by-products are sources of bioactive compounds, that present a great potential in the formulation of functional and sustainable foods. Therefore, the present study aimed to characterize the crude oil and the residual cake flour of inajá seeds (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) obtained by cold pressing regarding their physicochemical and biological properties. Inajá seeds oil was extracted by cold pressing and characterized in terms of yield, acidity index, iodine, refraction, peroxide, lipid profile by gas chromatography coupled to flame ionization detector and nutritional quality. The analyzes performed on the flour were: centesimal composition, water activity, color and caloric value. Crude oil and flour from inajá seed cake were evaluated in terms of thermo-oxidative stability by thermogravimetric analysis (TGA), differential scanning calorimetry (DSC) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and antioxidant activity (DPPH radical (1,1-diphenyl-2-picrihydrazil) and ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), and antimicrobial activity by microdilution assay against *Bacillus cereus* ATCC 10876, *Enterococcus faecium* ATCC 6569, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Listeria monocytogenes* ATCC 7664, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 and *Salmonella typhimurium* ATCC 1408, and fungal species *Aspergillus niger* URM 7282 and *Colletotrichum siamenses* CMM 4077. The acidity (2.07 mg NaOH/g), peroxide (5.54 meq/Kg) and refraction (1.455) indexes of inajá oil indicated that it met the parameters to be commercialized. The fatty acid profile shows that inajá oil is a source of saturated fatty acids, especially lauric (50.39%), myristic (19.68%) and palmitic (7.17%). The inajá seed flour presented low moisture content (2.45%), protein content of 11.83%, lipids of 46.25% and carbohydrates of 37.30%, being able to be used in the formulation of different food products as well as good oxidative and thermal stability. The antioxidant activity of the oil was higher by the ABTS method (25.96%) compared to the DPPH (13.61%) at a concentration of 500 µg/mL, while the flour obtained 16.69% for DPPH. Inajá seed oil showed antimicrobial activity against *S. aureus*, *B. cereus* at a concentration of 0.12 mg/mL and the aqueous extract of flour at 0.012 mg/mL. However, the oil exhibited antifungal action against *A. niger* and *C. siamenses* at lower concentrations, with 0.04 and 0.06 mg/mL.

Therefore, inajá oil and flour have high nutritional value, good oxidative and thermal stability and antioxidant and antimicrobial properties, being a new possibility in the development of sustainable functional foods, which can contribute to the reduction of environmental impacts, adding value to products regional and consumer health promotion.

Keywords: palm oil; solid waste; flour; functional food.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	(A) Palmeira Inajazeiro (<i>Maximiliana maripa</i> (Aubl.) Drude) e (B) Cacho do inajazeiro no município de Pedro do Rosário, Maranhão, Brasil (C) Frutos de inajá com e sem casca.....	19
Figura 2 -	Espectrometria de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) do óleo da amêndoa de inajá.....	50
Figura 3 -	Espectrometria de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) da farinha da torta da amêndoa de inajá.....	51
Figura 4 -	Curva de TGA do óleo da amêndoa de inajá.....	52
Figura 5 -	Curva de TGA da farinha da torta da amêndoa de inajá.....	53
Figura 6 -	Curva de DSC da farinha da torta da amêndoa de inajá.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Composição centesimal da amêndoa de inajá.....	21
Tabela 2 -	Composição mineral da amêndoa de inajá.....	21
Tabela 3 -	Perfil de ácidos graxos do óleo da amêndoa de inajá.....	22
Tabela 4 -	Perfil físico-químico do óleo da amêndoa de inajá.....	23
Tabela 5 -	Compostos bioativos do óleo da amêndoa de inajá.....	23
Tabela 6 -	Parâmetros físico-químicos do óleo da amêndoa de inajá.....	42
Tabela 7 -	Composição de ácidos graxos do óleo extraído da amêndoa de inajá.....	44
Tabela 8 -	Índice de qualidade nutricional do óleo da amêndoa de inajá.....	46
Tabela 9 -	Caracterização físico-química da farinha da torta da amêndoa de inajá.....	47
Tabela 10 -	Atividade antioxidante do óleo da amêndoa de inajá nas concentrações entre 15,63 a 500 µg/mL para o radical ABTS expressos em % de sequestro e em equivalência ao TROLOX (TEAC).....	54
Tabela 11 -	Atividade antioxidante do óleo e extrato aquoso da farinha de inajá nas concentrações entre 500 a 15,63 µg/mL para o radical DPPH expressos em % de sequestro do radical DPPH e em equivalência ao TROLOX (TEAC).....	55
Tabela 12 -	Concentração Bactericida Mínima (CBM) do óleo e da farinha de inajá.....	56
Tabela 13 -	Concentração Fungicida Mínima (CFM) do óleo da amêndoa de inajá e da farinha.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LEAAL - Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

EUA - Estados Unidos

µg - Microgramas

g - Grama

mg - Miligrama

mL - Mililitro

NaOH - Hidróxido de sódio

VCT - Valor Calórico Total

Aw - Atividade de água

CG-FID - Cromatografia gasosa acoplada a detector de ionização de chama

DEQ - Departamento de Engenharia Química

IA - Índice de aterogenicidade

IT - Índice de trombogenicidade

FTIR - Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier

DSC - Calorimetria Exploratória Diferencial

TGA - Análise termogravimétrica

CIM - Concentração Inibitória Mínima

ABTS - 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico

DPPH - 2,2-difenil-1picril-hidrazila

SRL - Sequestro de Radicais Livres

CBM - Concentração Bactericida Mínima

CFM - Concentração Fungicida Mínima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	INAJAZEIRO (<i>Maximiliana maripa</i> (Aubl.) Drude).....	19
2.2	COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA AMÊNDOA E ÓLEO DA AMÊNDOA DE INAJÁ.....	21
2.3	ÓLEOS VEGETAIS.....	24
2.3.1	Subprodutos da extração de óleos vegetais.....	24
2.3.2	Aplicações de óleos vegetais e subprodutos em produtos alimentícios.....	25
3	HIPÓTESE.....	29
4	OBJETIVOS.....	30
4.1	OBJETIVO GERAL.....	30
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	30
5.	MÉTODOS.....	31
5.1	MATERIAL.....	31
5.2	OBTENÇÃO DO ÓLEO DAS AMÊNDOAS DE INAJÁ.....	31
5.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO E DA FARINHA DA TORTA DA AMÊNDOA DE INAJÁ.....	31
5.3.1	Óleo extraído da amêndoa de inajá.....	31
5.3.1.1	Rendimento.....	31
5.3.1.2	Índice de acidez.....	32
5.3.1.3	Índice de iodo.....	32
5.3.1.4	Índice de peróxido.....	33
5.3.1.5	Índice de refração.....	33
5.3.2	Farinha da torta da amêndoa de inajá.....	33
5.3.2.1	Rendimento.....	33
5.3.2.2	Umidade.....	34
5.3.2.3	Atividade de água.....	34
5.3.2.4	Cor.....	34
5.3.2.5	Acidez e pH.....	34
5.3.2.6	Sólidos solúveis totais.....	35
5.3.2.7	Cinzas.....	35
5.3.2.8	Proteínas.....	35
5.3.2.9	Lipídeos.....	36
5.3.2.10	Carboidratos.....	36
5.3.2.11	Valor Calórico Total (VCT).....	36
5.3.3	Análise do perfil de ácidos graxos do óleo.....	37
5.3.4	Índice de qualidade nutricional do óleo obtido.....	37
5.4	ESTABILIDADE OXIDATIVA.....	38

5.5	ESTABILIDADE TÉRMICA.....	38
5.6	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	38
5.6.1	Método ABTS (2,2"-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)...	38
5.6.2	Capacidade de sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH)	39
5.7	ATIVIDADE ANTIMICROBIANA.....	39
5.7.1	Microrganismos.....	40
5.7.2	Preparação da amostra.....	40
5.7.3	Ensaio da Concentração Inibitória Mínima (CIM).....	40
5.8	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	41
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
6.1	CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO BRUTO DA AMÊNDOA DE INAJÁ.....	42
6.1.1	Caracterização físico-química do óleo da amêndoa de inajá.....	42
6.1.2	Perfil de ácidos graxos do óleo extraído da amêndoa de inajá.....	44
6.1.3	Qualidade nutricional do óleo da amêndoa de inajá.....	45
6.2	APROVEITAMENTO TECNOLÓGICO DA TORTA RESIDUAL PARA OBTENÇÃO DE FARINHA.....	47
6.2.1	Rendimento e caracterização da farinha da torta da amêndoa de inajá..	47
6.3	ESTABILIDADE OXIDATIVA DO ÓLEO E DA FARINHA DE INAJÁ.....	49
6.4	ESTABILIDADE TÉRMICA DO ÓLEO E DA FARINHA DE INAJÁ.....	52
6.5	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE <i>in vitro</i> DO ÓLEO E DA FARINHA DE INAJÁ.....	54
6.6	ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO E DA FARINHA DE INAJÁ.....	56
7.	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

As palmeiras são uma das principais fontes de renda de produtos florestais não madeireiros. Dentre estas destacam-se as oleaginosas, pois podem proporcionar melhorias na qualidade de vida, sobretudo em regiões de baixa renda através da exploração dos seus frutos para o desenvolvimento de produtos alimentícios, tornando-se um apoio para os agricultores locais (GOMES et al., 2016; STACHIW et al., 2016).

O inajazeiro (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) é uma palmeira oleaginosa pertencente à família Arecaceae, nativa do norte do Brasil, ocorrendo principalmente nos Estados do Pará, Amazonas e Maranhão. Produz cachos de frutos comestíveis com a polpa na cor laranja que podem ser consumidos frescos ou cozidos e é a base da bebida vinho inajá (FERNANDEZ et al., 2016). A produção, em média, é de 1.500 a 2.000 frutos por cacho, podendo alcançar 5.000 frutos (EMBRAPA, 2020).

Os subprodutos do inajá, principalmente, a polpa e amêndoa, são poucos consumidos pela população e geralmente utilizados para alimentação animal. A amêndoa contém 6 a 46% de óleo através da extração por técnicas convencionais e modernas (RODRIGUES, 2019). O óleo apresenta uma coloração quase incolor e elevado teor de ácido láurico e fitoesteróis (ANTONIASSI et al., 2015).

O óleo da amêndoa de inajá é uma fonte de fitoesteróis e carotenóides e apresenta propriedade antioxidante, indicando que possui aplicabilidade tecnológica em produtos alimentícios, farmacêuticos e cosméticos (SINGH, 2015). Os óleos vegetais com ação antioxidante são responsáveis pela neutralização da velocidade das reações oxidativas no organismo, prevenindo o aparecimento de diversas doenças e contribuindo com uma maior longevidade (SILVA et al., 2017).

O aproveitamento de óleos oriundos de palmeiras nativas, como inajá, poderá contribuir para a economia a nível nacional através da produção destinada ao setor alimentício para fabricar cremes, maioneses, sorvetes e ser explorado como agente emulsificante e conservante natural (LI et al., 2020). Além disso, por ser um alimento abundante no país, pode ser ofertado como baixo custo ao consumidor.

O processamento do óleo da amêndoa de inajá por prensagem mecânica gera grandes quantidades de resíduos agroindustriais, destacando-se a torta, sendo descartada ou utilizada como ração animal. Por serem ricas fontes de compostos

fenólicos, subprodutos de processamento de óleo poderiam ter melhores aplicações como ingredientes alimentares nutracêuticos e / ou funcionais, bem como nas indústrias farmacêuticas e cosméticas. No entanto, até o momento, vários subprodutos de processamento de óleos vegetais permanecem subvalorizados, apesar de suas interessantes potencialidades para a fabricação de alimentos com valor agregado (SILVA et al., 2021).

A inserção de óleos vegetais e subprodutos como da amêndoa de inajá na formulação de alimentos pode melhorar a qualidade nutricional e sensorial. No entanto, torna-se necessário investigar a composição química e propriedades biológicas para que seja validado a comestibilidade como um ingrediente seguro e alternativo (BOSE et al., 2021). Portanto, o presente estudo objetivou caracterizar o óleo bruto e a farinha da torta residual das amêndoas de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) obtidos por prensagem a frio quanto às suas propriedades físico-químicas e biológicas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INAJAZEIRO (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude)

Maximiliana maripa (Aubl.) Drude é uma palmeira pertencente a família Arecaceae (Palmae), popularmente conhecida como inajazeiro ou inajá, nativa da região amazônica, podendo ser encontrada no Estado do Pará chegando até o Maranhão. Produz cachos que contém frutos comestíveis que são largamente comercializados nas feiras do norte do país (PASSOS et al., 2014; MODOLO, 2017).

A palmeira apresenta um estipe solitário e ereto com até 25 m de altura, comum em capoeiras com terrenos bem drenados, sendo encontrada em diversos tipos de ambientes como argilo-arenosos até solos secos e pobres de nutrientes, além disso, tem um rápido crescimento em clareiras, podendo se regenerar de forma espontânea em florestas secundárias (Figura 1) (VIANA et al., 2014).



Figura 1 - (A) Palmeira Inajazeiro (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) e (B) Cacho do inajazeiro no município de Pedro do Rosário, Maranhão, Brasil (C) Frutos de inajá com e sem casca. **Fonte:** Autoria própria.

As folhas são pinadas com cerca de 20 folhas, inseridas em filas verticais. As pinas são lineares, eretas, agrupadas e dispostas em ângulos diferentes; pecíolo e bainha persistente, pecíolo e raque com os bordos cortantes. A inflorescência é intrafoliar, o eixo central do cacho é a ráquis, os ramos laterais são as ráquulas, onde as flores estão presas, sendo cobertas pelas espatas (MATOS, 2010).

A frutificação do inajazeiro ocorre durante todo o ano, podendo sofrer variações devido fatores climáticos no qual afeta de forma positiva a queda dos frutos maduros, contribuindo assim, na dispersão natural dos mesmos (PIRES et al.,

2016). Os frutos são compostos por duas grandes partes: pericarpo e sementes. O pericarpo é formado pelo epicarpo, mesocarpo e endocarpo (MATOS et al., 2017).

As sementes são constituídas pelo endocarpo e amêndoa. O endocarpo apresenta superfície lisa e brilhante, de coloração marrom-clara. É totalmente aderido ao tegumento, dificultando a separação da amêndoa; de consistência córnea, duro e espesso. A amêndoa possui forma oblonga, quando única ou apresenta forma e tamanho diferentes, quando em número de duas ou três (ARAÚJO et al., 2000).

As folhas e o tronco do inajazeiro são utilizadas com frequência na cobertura de pequenas construções e de forma temporária para casas de animais, depósitos de utensílios e ferramentas, porque estas partes são consideradas frágeis e a oferta natural não favorece a utilização em larga escala. Com relação aos frutos, estes são utilizados na alimentação dos animais (BRITO, 2018).

Os frutos apresentam polpa e grãos oleosos e são comercializados em mercados locais, na sua forma fresca ou cozida com a farinha de mandioca. Ao contrário de outras palmeiras de uso econômico no Brasil, como o açaí (*Euterpe oleracea*), os frutos do inajá ainda são pouco investigados como alimento, podendo ser explorados como fonte de renda para a agroindústria da população local (TEIXEIRA et al., 2018; BARBI et al., 2020).

A polpa oleosa deve-se ao elevado teor de lipídios (15,78%), indicando ser uma fonte potencial para obtenção de óleos vegetais e uma alternativa para contribuir com a economia regional, entretanto é propício à deteriorações oxidativas, influenciando as características químicas e sensoriais. O teor de umidade, proteínas e cinzas foi 6,73%; 4,69% e 4,39% (DUARTE, 2008; ARAÚJO et al., 2019; SAHRAEE et al., 2019; BARBI et al., 2020).

Além disso, apresenta diversos compostos bioativos, como carotenóides (35,29 µg/g), flavonóides amarelos (14,47 mg 100g⁻¹) e vitamina C (24,46 mg 100g⁻¹), conferindo-lhe elevada capacidade antioxidante e quantidade considerável de amido, principal fonte de energia da dieta humana, e suas propriedades físico-químicas são cruciais para o sabor final de vários alimentos (DUARTE, 2008; SANTOS et al., 2017; BARBI et al., 2018; ARAÚJO et al., 2019).

Apesar da elevada atividade antioxidante e do valor nutricional do inajá, a maioria dos agricultores não consideram a palmeira como recurso produtivo, porque não conhecem características, por exemplo, tempo de frutificação, fazendo uso dos frutos apenas como composto orgânico empregado nos plantios, pois quando caem

no chão formam uma camada de detritos, que sofrerão ataques de fungos e bactérias, provocando a decomposição, sendo uma fonte de matéria orgânica na adubação ou cultivo de outras espécies (EMBRAPA, 2014; NAGAISHI et al., 2019).

2.2 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA AMÊNDOA E DO ÓLEO DA AMÊNDOA DE INAJÁ

A amêndoa de inajá é uma matéria-prima consumida de forma *in natura*, obtida a partir das sementes, sendo aproveitada como alimento energético e potencial fonte oleífera (MOZOMBITE, 2016). Além disso, representa uma boa fonte de proteína e fibras insolúveis, pois demonstrou um teor significativo e superior a polpa do fruto de inajá que contém 2,35% de proteína e 6,92% de fibras insolúveis (Tabela 1) (SINGH, 2015).

Tabela 1. Composição centesimal da amêndoa de inajá.

Parâmetro	%
Umidade	2,60 ± 0,07
Cinzas	1,33 ± 0,01
Carboidratos	1,77
Proteínas	5,29 ± 0,05
Lipídios	45,85 ± 0,31
Fibras solúveis	4,47 ± 0,11
Fibras insolúveis	38,69 ± 0,02
Fibras totais	43,16
Valor calórico total	606,45

Fonte: Singh (2015)

Com relação ao teor de lipídios, a amêndoa de inajá apresenta uma quantidade superior em comparação com a polpa (44,55%). O consumo da amêndoa fornece quantidades significativas dos macronutrientes importantes para a dieta humana e um aporte calórico elevado. Vale salientar que é rica em potássio, magnésio e sódio, podendo contribuir para atingir o valor de ingestão diária recomendado (Tabela 2) (SINGH, 2015).

Tabela 2. Composição mineral da amêndoa de inajá.

Minerais	mg/100 g
Cálcio	15,12 ± 0,07
Potássio	27,81 ± 0,14
Magnésio	41,05 ± 0,12
Sódio	45,67 ± 0,29
Fósforo	3,88 ± 0,11
Boro	0,21 ± 0,01
Cobre	1,01 ± 0,10
Ferro	0,85 ± 0,03
Manganês	2,62 ± 0,06

Selênio tr
Zinco 2,17 ± 0,08
tr: <0,05 mg/100 g. **Fonte:** Singh (2015)

O óleo da amêndoa de inajá pode ser obtido pelo método de prensagem mecânica e com hexano em soxhlet, apresentando um rendimento de 52,7% (RODRIGUES, 2019). O óleo de inajá apresenta qualidade nutricional semelhante a outros óleos de amêndoas, como coco catolé e babaçu, devido a predominância do ácido láurico, como ácido graxo saturado majoritário (Tabela 3) (GOUVEIA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019).

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos do óleo da amêndoa de inajá.

Ácidos graxos	Número de carbonos	%
Ácido caprílico	C8:0	2,90
Ácido cáprico	C10:0	3,01
Ácido láurico	C12:0	41,00
Ácido mirístico	C14:0	22,02
Ácido palmítico	C16:0	9,62
Ácido esteárico	C18:0	3,41
Ácido oléico	C18:1	12,10
Ácido linoleico	C18:2	3,20
Ácido linolênico	C18:3	-

Fonte: Rodrigues (2019)

O ácido láurico pode auxiliar no fortalecimento imunológico do recém-nascido através da liberação de interleucina-2 (IL-2), através da indução da capacidade da medula óssea de fabricar mais linfócitos, proporcionando benefícios para pacientes com imunidade comprometida e age como anti-inflamatório pela inibição da síntese local de prostaglandina (PGE2) e interleucina-6 (IL-6), que são mediadores pró-inflamatórios (SILVA et al., 2007; COSTA et al., 2010; FREITAS, 2016).

Óleos vegetais são consideradas fontes promissoras para o setor alimentício, pois podem ser úteis para revalorizar recursos renováveis de baixo custo, reduzir resíduos industriais e fornecer impactos econômicos e ambientais positivos (CÓNTRERAS-GÁMEZ et al., 2020), e o óleo de inajá destaca-se como uma fonte nativa e com elevado valor nutricional para o mercado e consumidor brasileiro.

O óleo da amêndoa de inajá originário da Amazônia brasileira é um subproduto que ainda não foi explorado na área alimentícia, como no preparo de frituras e temperos, e na farmacêutica no desenvolvimento de nutracêuticos ou medicamentos, devido os poucos estudos a cerca da sua composição química, propriedades biológicas e aplicabilidade que pode ofertar ao consumidor.

De acordo com os valores preconizados para óleos vegetais comestíveis obtidos por prensagem a frio e não refinados, a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 270, o índice de acidez do óleo de inajá encontra-se elevado e o índice de saponificação em conformidade com os padrões estabelecidos pelo Codex Alimentarius, pois apresentou valores inferiores a 4,0 mg NaOH/g e 265 mg KOH/g (Tabela 4) (BRASIL, 2005; NASCIMENTO, 2015).

Tabela 4. Perfil físico-químico do óleo da amêndoa de inajá.

Parâmetro	Óleo
Índice de acidez	60,04 mg NaOH/g
Índice de saponificação	207,84 mg KOH/g
Índice de peróxido	5,353 meq/Kg
Densidade	916,9 Kg/m ³
Viscosidade	25,48 mm ² /s

Fonte: Nascimento (2015)

O índice de peróxido recomendado para óleos vegetais é de 15 meq/Kg, e o óleo da amêndoa obteve um teor inferior ao valor proposto. Quanto a densidade foi elevada e apresentou uma baixa viscosidade em comparação com outros óleos vegetais comestíveis, como babaçu (*Orbygnia barbosiana*) e buriti (*Mauritia flexuosa* L.) (NASCIMENTO, 2015; ARAÚJO et al., 2016).

Dentre os compostos bioativos, os fitoesteróis estão em maior predominância, seguido dos carotenóides no óleo de inajá. Os óleos comestíveis são a principal fonte de ingestão diária de fitoesteróis, entretanto durante a fritura ocorre a oxidação e a degradação térmica, reduzindo o conteúdo de fitoesteróis. O óleo de inajá pode contribuir para melhorar as propriedades tecnológicas de produtos alimentícios (Tabela 5) (SINGH, 2015; BAI et al., 2021).

Tabela 5. Compostos bioativos do óleo da amêndoa de inajá.

Compostos bioativos	Teor
Carotenoides totais (µg β-caroteno/g)	6,87 ± 0,17
Compostos fenólicos totais (mg EAG/g)	1,82 ± 0,01
Fitosteróis (mg/100 g)	85,96 ± 0,20
Vitamina A (RAE/g)	0,57 ± 0,01

Fonte: Singh (2015)

Os fitoesteróis proporcionam diversos benefícios para a saúde humana na concentração de 2 g/dia principalmente na prevenção de doenças cardiovasculares através da redução do colesterol da lipoproteína de baixa densidade (LDL) circulante e possuem propriedades anti-inflamatórias (CABRAL et al., 2017). O óleo de inajá é uma estratégia para a indústria alimentícia para produção de nanoemulsões como agente emulsificante e produção de nanopartículas lipídicas sólidas.

O emprego de óleos vegetais fontes de compostos bioativos proporciona agregar valor aos produtos alimentícios, pois além de apresentarem elevado valor nutricional, podem contribuir quanto às propriedades de prevenção de doenças. No entanto, sua composição e propriedade pode variar dependendo da fonte alimentar (MA et al., 2021).

2.3 ÓLEOS VEGETAIS

A produção e o consumo de óleos vegetais estão aumentando constantemente devido a procura dos consumidores por alimentos funcionais e nutritivos. Estima-se que a produção per capita de óleos vegetais obteve um acréscimo de 1,5% em relação ao período 2013-2015 e deve ampliar para mais de 40 milhões de toneladas até 2025 (FAO, 2016; MAJCHRZAK et al., 2018).

Os óleos vegetais são líquidos naturais que são comumente extraídos de frutos ou sementes de plantas por procedimentos mecânicos ou extração com solventes orgânicos, desempenham funções como o fornecimento de energia, manutenção da temperatura corporal, proteção dos tecidos do corpo, transporte de vitaminas lipossolúveis e etc (MORENO-GONZÁLEZ et al., 2014; XU et al., 2015).

As propriedades bioativas, como antioxidante, anti-inflamatória, antibacteriana, anticâncer e antiviral são um dos principais benefícios funcionais dos óleos vegetais. Tais propriedades são atribuídas à presença de compostos em sua estrutura, como tocoferóis, polifenóis e β -caroteno. Alimentos com atividades biológicas mais elevadas são mais desejáveis pelos consumidores (RUIZ RUIZ et al., 2017; KASEKE et al., 2020).

Entretanto, os óleos vegetais possuem uma alta volatilidade e instabilidade química à exposição ao calor, umidade, luz ou oxigênio. Dessa forma, podem ser degradado durante o processamento, transporte, armazenamento e até consumo de produtos contendo tais substâncias a ponto de serem ineficazes, ou mesmo perigosas com a formação de derivados tóxicos que são responsáveis pelo aparecimento de diversas patologias (TUREK et al., 2013; HADARUGA et al., 2014).

2.3.1 Subprodutos da extração de óleos vegetais

O processamento de amêndoas para a produção de óleos comestíveis gera diferentes tipos de subprodutos, como a polpa fibrosa (mesocarpo), casca dura

(endocarpo), casca fina marrom (exocarpo) e a água de lavagem (quando as amêndoas são branqueadas). A torta é o principal resíduo sólido oriundo do processamento por prensagem mecânica a frio (SUNIL et al., 2015; SMERIGLIO et al., 2016).

A torta da amêndoa é um subproduto fonte de proteínas, antioxidantes, fibras, vitaminas, minerais e contém elevado teor de óleo residual. Porém, geralmente é usada para alimentação animal e na adubação orgânica, sendo um produto com baixo valor comercial, tornando-se fundamental agregar valor a este tipo de subproduto para que a produção de óleos vegetais seja um processo econômico e sustentável (KARAMAN et al., 2015; SOUZA, 2020).

A produção de óleos gera cerca de 10 a 30% de subproduto, chamada de torta que devido à sua composição química e propriedades tecnológicas, pode ser aplicada no enriquecimento de diferentes produtos alimentares ou como fonte para a produção de diferentes ingredientes, sendo uma alternativa para evitar a monotomia e escassez de alimentos (KARAMAN et al., 2015; SUNIL et al., 2015).

A incorporação de subprodutos da indústria de prensagem a frio em produtos alimentícios pode resolver os problemas existentes relacionados à sustentabilidade alimentar, porque fornecem alimentos mais saudáveis e redução dos impactos ambientais. A torta é uma potencial substituta para farinha, gordura e/ou açúcar podendo aumentar a funcionalidade de alimentos com baixas quantidades de proteínas, fibras dietéticas, minerais e compostos fenólicos (GOKSEN et al., 2021).

2.3.2 Aplicações de óleos vegetais e subprodutos em produtos alimentícios

Por representar um componente importante da dieta humana, os óleos vegetais, são utilizados como ingredientes funcionais na formulação de produtos alimentícios, devido o elevado teor de ácidos graxos essenciais e nutrientes. No entanto, o valor nutricional varia de acordo com o tipo de matriz, técnica de extração, método de processamento e condições de armazenamento (LI et al., 2020).

Os óleos vegetais são geralmente utilizados como óleo de cozinha, saladas, enriquecimento de alimentos com a finalidade de aumentar as suas propriedades funcionais, antimicrobianos naturais para aumentar a vida de prateleira e conferir propriedades tecnológicas ao produto. Porém, são sensíveis a condições adversas, como estresse de oxidação, altas temperaturas, etc (DELSHADI et al., 2020).

A aplicação de óleos vegetais como conservantes naturais deve-se as propriedades antibacteriana e antioxidante, e representa uma nova alternativa para as indústrias de alimentos, podendo ser utilizado na substituição de conservantes químicos e produção de embalagens ou coberturas comestíveis em produtos alimentícios, aumento da vida útil e prevenção de doenças de origem alimentar (GUO et al., 2021).

Além disso, vem sendo inseridos em uma gama de alimentos, como os produtos lácteos, cárneos e panificados para agregar sabor e textura. Os produtos lácteos adicionados com óleos vegetais, como orégano e alecrim-pimenta em requeijão cremoso e queijo coalho caprino, apresentam elevado valor nutricional e excelente aceitação pelos consumidores, podendo ser introduzidos no mercado (SANTOS, 2017; TRINTIM et al., 2018).

Com relação aos produtos panificados, a introdução de óleos vegetais, como semente de uva em cookie integral, canola e oliva em pão, e girassol em bolo, aumenta o conteúdo de ômega-3 como também confere propriedade antioxidante e prolonga a estabilidade, ou seja, o emprego de óleos vegetais em diferentes tipos de alimentos é uma ferramenta eficaz que permite obter produtos com uma melhor qualidade tecnológica (CHIARELI et al., 2017; OSUNA et al., 2018; TONON, 2019).

A torta apresenta uma alta qualidade nutricional e vem sendo utilizada na fabricação de farinhas em substituição parcial da farinha de trigo na formulação de produtos panificados mais populares entre os consumidores, como muffins, biscoitos e bolos, proporcionando aproveitamento e valorização dos subprodutos gerados pela indústria alimentícia na produção de óleos comestíveis (GOKSEN et al., 2021).

Dentre os cárneos que podem ser utilizados para o emprego de óleos comestíveis e subprodutos da extração, destaca-se o hambúrguer, pois a adição de farinha de subproduto melhora as características tecnológicas de rendimento e encolhimento do processamento como também uma boa aceitabilidade e retardo da oxidação lipídica dos hambúrgueres (SELANI et al., 2016; LEÃO, 2017).

A indústria alimentícia vem buscando por alternativas no aprimoramento nutricional em produtos cárneos, principalmente na substituição dos antioxidantes sintéticos por substâncias naturais, como os óleos e extratos vegetais, pois apresentam atividade antioxidante tão boa quanto os antioxidantes sintéticos, aumento da vida de prateleira, qualidade nutricional e tecnológica e demanda dos consumidores por ingredientes naturais com propriedades bioativas (LEÃO, 2017).

O emprego do óleo e farinha da torta residual na fortificação de alimentos lácteos, por exemplo, o queijo proporciona aumento do conteúdo de ferro, zinco e cálcio. Vale ressaltar que a biodisponibilidade do cálcio é mais elevada em comparação com zinco e ferro da torta fermentada em estado sólido. O aumento da biodisponibilidade dos minerais deve-se ao elevado teor de proteína da torta, demonstrando que constitui uma excelente fonte deste nutriente (DUHAN et al., 2020).

Por apresentar característica de textura aceitável na formulação de diversos tipos de alimentos, a torta obtida da extração de óleos comestíveis representa uma estratégia inovadora e de baixo custo para formular produtos mais saudáveis, devido o elevado valor nutricional e para explorar as potencialidades tecnológicas, nutricionais e funcionais dos produtos de panificação que são consumidos em todo o mundo, através do enriquecimento (NUNZIO et al., 2020).

O aproveitamento de óleos e subprodutos na formulação de alimentos, promove ganhos financeiros, valorização e ameniza os problemas associados ao descarte dos resíduos produzidos no ambiente, que envolvem alto custo e tem grande capacidade poluidora. Quanto a composição confere benefícios à saúde devido os teores de compostos bioativos, tais como antioxidantes (TONON, 2019).

A qualidade nutricional e sensorial dos óleos vegetais é prejudicada em formulações alimentícias durante o processo de fritura, pois são rapidamente oxidados durante o processamento no qual ocorre degradação dos ácidos graxos poliinsaturados como n-3 e 9 e geração de produtos tóxicos relacionados com o desenvolvimento de doenças como aterosclerose e câncer (HECK et al., 2021).

Dentre os fatores a ser considerado na aplicação industrial dos óleos vegetais comestíveis, destaca-se a estabilidade à oxidação. A estabilidade oxidativa é definida como a resistência à oxidação durante o processamento e armazenamento, podendo ser avaliada usando vários índices de oxidação, que incluem índice de peróxido, ácidos graxos livres, índice de acidez, dependendo da composição química e condições de cultivo (KASEKE et al., 2020).

A inserção de resíduos agroindustriais em produtos alimentícios constitui uma opção de reaproveitamento sustentável e de reincorporação à cadeia de abastecimento alimentar, pois geralmente são descartados em aterros sanitários, causando emissões de gases de efeito estufa. O crescimento promissor em escala comercial do uso de subprodutos agroindustriais, promove novas oportunidades de

investimentos pela indústria alimentícia que atenda tanto às preocupações econômicas, sociais, ambientais e de saúde (WINANS et al., 2017; FREITAS et al., 2021). No entanto, são necessários estudos sobre as aplicações dos resíduos provenientes da extração de óleos vegetais em diferentes tipos de alimentos.

3 HIPÓTESE

O óleo bruto e a farinha da torta da amêndoa de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl. Drude) obtido por prensagem a frio apresenta elevado valor nutricional, propriedades antioxidante e antimicrobiana, viabilizando sua utilização na produção de alimentos.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar o óleo bruto e a farinha da torta residual das amêndoas de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) obtidos por prensagem a frio quanto às suas propriedades físico-químicas e biológicas.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar a extração do óleo fixo da amêndoa de inajá por prensagem mecânica;
- ✓ Caracterizar físico-quimicamente o óleo *in natura* e a farinha da torta residual da amêndoa de inajá;
- ✓ Determinar o perfil de ácidos graxos do óleo de inajá obtido por prensagem mecânica;
- ✓ Verificar a estabilidade oxidativa e térmica do óleo *in natura* e farinha da torta residual da amêndoa de inajá;
- ✓ Analisar a atividade antioxidante e antimicrobiana do óleo *in natura* e da farinha da torta residual de inajá.

5 MÉTODOS

5.1 MATERIAL

Os frutos de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) foram coletados manualmente entre o período de agosto a dezembro de 2020 na cidade de Pedro do Rosário-MA. Foram selecionados de acordo com o estágio de maturação, sendo marrom amarelado, com ausência visual de contaminações e danos. Após a coleta, os frutos foram higienizados em água corrente e imersos em solução de hipoclorito de sódio (250 ppm/L) durante 10 minutos e, em seguida, lavados em água corrente (NETO et al., 2019).

5.2 OBTENÇÃO DO ÓLEO DAS AMÊNDOAS DE INAJÁ

As sementes foram separadas da polpa com o auxílio de faca inox, e submetidas à secagem em estufa (Nova Ética, modelo 400/8D) com temperatura de 105 °C durante 24 horas e resfriadas em bandeja de plástico no Laboratório de Análise de Sementes do Instituto Agronômico de Pernambuco (LAS-IPA) e, procedeu-se a quebra manual das sementes para a retirada das amêndoas.

A extração do óleo das amêndoas secas e íntegras foi realizada em miniprensa de bancada (Piteba) com capacidade de 5 kg/h a temperatura ambiente no Laboratório de Etnofarmacologia Aplicada do Departamento de Antibióticos (LEA-UFPE). O óleo foi centrifugado durante 10 minutos a 5000 rpm (MPW, modelo 351) para separação dos resíduos sólidos. O óleo foi armazenado em frascos de vidro âmbar a - 20 °C.

5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO E FARINHA DA TORTA DA AMÊNDOA DE INAJÁ

5.3.1 Óleo extraído da amêndoa de inajá

O óleo extraído da amêndoa de inajá foi caracterizado quanto ao rendimento, índice de acidez, iodo, peróxido e refração (IAL 2008; AOCS, 2009; SILVEIRA et al., 2017), no Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos (LEAAL-UFPE).

5.3.1.1 Rendimento

Para determinação do rendimento da extração, as amêndoas e o óleo obtido foram pesados em uma balança analítica (Ohaus). O rendimento do óleo extraído foi calculado a partir da relação entre a massa das amêndoas secas e o teor de óleo, conforme a Equação 1 e os dados expressos em porcentagem (SILVEIRA et al., 2017):

$$\text{Equação 1: } \%R = (MO / MA) \times 100$$

Onde:

MO = Massa do óleo (g)

MA = Massa das amêndoas (g)

5.3.1.2 Índice de acidez

O índice de acidez do óleo foi quantificado por titulação com NaOH a 0,1 M. Foram pesados cerca de 2g da amostra líquida e homogênea em um erlenmeyer de 125 mL. Adicionou-se 25 mL de éter-álcool (2:1) neutro, adicionou-se 2 gotas de indicador fenolftaleína e foi realizada a titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1 M até o aparecimento da coloração rósea, com a mesma permanecendo durante 30 segundos. Para o cálculo do índice de acidez foi utilizada a Equação 2 (IAL, 2008).

$$\text{Equação 2: } IA = \left(\frac{\text{mg KOH óleo}}{g} \right) = \frac{V \times F \times 5,61}{p}$$

Onde:

V= volume gasto na titulação;

F= fator de correção da solução de hidróxido de sódio;

P= amostra (g).

5.3.1.3 Índice de iodo

Para análise de triglicerídeos e de ácidos graxos livres e seus produtos hidrogenados no óleo extraído, foi calculado o índice de iodo a partir da composição de ácidos graxos insaturados obtidos a partir da análise por cromatografia em fase gasosa (AOCS, 2009), conforme a Equação 3:

$$\text{Equação 3: } IV \text{ (g I}_2\text{/100g)} = (\% \text{ á. Palmítoleico} \times 0,950) + (\% \text{ á. Oleico} \times 0,860) + (\% \text{ á. Linoleico} \times 1,732) + (\% \text{ á. Linolênico} \times 2,616)$$

5.3.1.4 Índice de peróxido

Em um frasco erlenmeyer de 250 mL foi pesado 5 g da amostra, adicionado 30 mL da solução ácido acético-cloroformio 3:2 e agitado até a dissolução da amostra. Em seguida, foi acrescentado 0,5 mL da solução saturada de KI e deixado em repouso ao abrigo da luz por um minuto, adicionado 30 mL de água e titulado com solução de tiossulfato de sódio 0,1 N ou 0,01 N, com constante agitação até o desaparecimento da coloração amarela. Cerca de 0,5 mL de solução de amido indicadora foi acrescentado e titulado após o desaparecimento da coloração azul. Foi preparado uma prova em branco, nas mesmas condições e titulado. O índice de peróxido foi calculado conforme a Equação 4 (IAL, 2008).

$$\text{Equação 4: } IP = \frac{(A - B) \times N \times f \times 1000}{P}$$

Onde:

A = mL da solução de tiossulfato de sódio 0,1 gasto na titulação da amostra

B = mL da solução de tiossulfato de sódio 0,1 gasto na titulação do branco

N = normalidade da solução de tiossulfato de sódio

f = fator da solução de tiossulfato de sódio.

P = amostra (g)

5.3.1.5 Índice de refração

O índice de refração foi medido com uso de refratômetro de bancada (Modelo MODEIIausJENA) a 40°C. Os resultados foram expressos em °Brix.

5.3.2 Farinha da torta da amêndoa de inajá

Para obtenção da farinha, a torta da amêndoa de inajá obtida prensagem a frio foi triturada em liquidificador multiprocessador (Arno) para realização das análises físico-químicas: rendimento, umidade, atividade de água, cor, acidez, pH, sólidos solúveis, cinzas, carboidratos, proteínas, lipídios e valor calórico total (VCT), conforme o Instituto Adolfo Lutz (2008).

5.3.2.1 Rendimento

Para determinação do rendimento, a farinha da torta da amêndoa foi pesada em uma balança analítica (Shimadzu, modelo BL3200H) antes e após a secagem e trituração. O rendimento foi calculado de acordo com a Equação 5, e expresso em porcentagem (VARGAS et al., 2012):

$$\text{Equação 5: } \% R = \frac{F}{P} \times 100$$

R = Rendimento

F = Quantidade de farinha obtida

P = Quantidade de polpa utilizada

5.3.2.2 Umidade

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico, em estufa com circulação de ar, à temperatura de 105 °C. Foram pesados cerca de 5g da amostra, em triplicata, em uma cápsula de porcelana previamente tarada e em seguida foi submetida a secagem durante 3 horas à 105 °C. O teor de umidade (%) foi calculado utilizando a Equação 6 (IAL, 2008).

$$\text{Equação 6: Umidade (\%)} = \frac{100 \times N}{P}$$

N = n° de gramas de umidade

P = n° de gramas de amostra.

5.3.2.3 Atividade de água

A análise da atividade de água (aw) da farinha da torta de inajá foi realizada em um analisador de aw portátil (Tecnal Novasina) a 25,9 °C ± 0,05.

5.3.2.4 Cor

A medição instrumental da cor da amostra foi feita a partir de um colorímetro (Konica minolita, modelo B8205073) e os resultados expressos conforme o sistema CIELAB. Os parâmetros de cor determinados foram L*, a* e b*.

5.3.2.5 Acidez e pH

A determinação da acidez total titulável foi por meio da titulação que consistiu na pesagem de 7 g da amostra, diluída em 100 mL de água destilada e adicionada 0,3 mL de solução de fenoltaleína, e em seguida, procedeu-se a titulação com solução de Hidróxido de Sódio 0,1M (NaOH) sob agitação constante, até coloração rósea persistente por 30 segundos (IAL, 2008).

O pH foi avaliado através do método potenciométrico. Pesou-se de 10 g da amostra acrescentado com 100 mL de água destilada a 25 °C, posteriormente, foi realizada a agitação durante 30 minutos. Logo depois de 10 minutos de decantação, realizou-se a leitura do pH (IAL, 2008).

5.3.2.6 Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais foram obtidos por meio de leitura direta em refratômetro de bancada. Foram adicionou-se 2 gotas da amostra no prisma do aparelho e realizou-se a leitura. Os resultados foram expressos em °Brix (IAL, 2008).

5.3.2.7 Cinzas

A determinação do resíduo mineral fixo (cinzas) foi pelo método gravimétrico preconizado pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram pesados cerca de 4 g da amostra em cadinhos previamente secos em mufla a 550 °C. Os cadinho com as amostras foram colocados em mufla a 250°C por 4 horas, para carbonização da amostra. Após este período, a temperatura da mufla foi elevada a 550 °C, até incineração completa da amostra. Posteriormente, os cadinhos contendo a amostra incinerada foram transferidos para o dessecador durante 30 minutos e em seguida pesados. O teor de cinzas foi obtido pela Equação 7:

$$\text{Equação 7: Cinzas (\%)} = 100 \times N / P$$

N = n° de gramas de cinzas

P = n° de gramas de amostra.

5.3.2.8 Proteínas

O teor de proteínas da amostra foi analisado pelo método de Micro-Kjeldahl clássico que consistiu em 3 etapas: digestão, destilação e titulação. Foram pesadas

3 g de amostra em papel de seda e transferida para tubo de Kjeldhal. Cerca de 5 mL de ácido sulfúrico e 2 g de mistura catalítica foram adicionados na amostra. O branco foi obtido por meio da exclusão da amostra do experimento. O percentual de proteínas presente na amostra foi calculado utilizando a Equação 8 (IAL, 2008):

$$\text{Equação 8: Pr (\%)} = (V \times 0,14 \times f \times 100) \cdot P^{-1} \quad (5)$$

V = volume de ácido sulfúrico utilizado menos volume de NaOH utilizado na titulação.

f = fator de conversão de N para proteína

P = nº de gramas de amostra

5.3.2.9 Lipídeos

A fração lipídica foi analisada pelo método de extração intermitente de Soxhlet, utilizando o hexano como solvente. Foram pesados 3 g de amostra, em cartuchos de Soxhlet e em seguida, colocados em aparelho extrator de Soxhlet. O extrator foi acoplado a balões de fundo chato previamente tarados a 105°C e pesados. Posteriormente, foram adicionados 150 mL de hexano nos balões contendo as amostras e mantidos em chapa elétrica sob aquecimento de 60 °C para extração contínua por 4 horas. Após a extração, o hexano foi recuperado e o balão com o resíduo extraído foi transferido para a estufa a 105°C, durante 1 hora, e resfriado em dessecador por 30 minutos em temperatura ambiente e pesado (IAL, 2008). O teor de lipídeos (%) foi obtido pela Equação 9:

$$\text{Equação 9: Lipídeos (\%)} = 100 \times N / P$$

N = nº de gramas de lipídeos

P = nº de gramas de amostra.

5.3.2.10 Carboidratos

O teor de carboidratos foi obtido por meio da diferença, subtraindo de 100% do teor de proteínas, lipídios, cinzas e umidade (IAL, 2008).

5.3.2.11 Valor Calórico Total (VCT)

O VCT foi determinado pela soma das calorias (kcal) fornecidas por carboidratos, lipídios e proteínas, multiplicando-se seus valores em gramas pelos fatores 4 Kcal, 9 Kcal e 4 Kcal, respectivamente (WATT et al., 1963).

5.3.3 Análise do perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos do óleo *in natura* da amêndoa de inajá foi determinado por cromatografia gasosa acoplada a detector de ionização de chama (CG-FID) no Laboratório de Cromatografia Instrumental do Departamento de Engenharia Química (DEQ-UFPE). Previamente, a amostra foi submetida à reação de transesterificação sob às seguintes condições: 10 g de óleo via rota metílica na proporção de 1:20 v/v, utilizando como catalizador o hidróxido de potássio a 1%, e posteriormente, foi centrifugado por 5 minutos a 5000 rpm a 25 °C. O sobrenadante foi filtrado em PTFE (0,22 µm), separado e analisado em um cromatógrafo a gás acoplado (Ciola e Gregory, modelo CG Máster) com coluna capilar de sílica fundida DB-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm) com temperatura inicial do forno a 120 °C, programação da coluna até 180 °C (20 °C/min); temperatura do injetor a 200 °C; temperatura do detector a 200 °C; gás de arraste (hélio) e velocidade linear de 1 mL/min. A identificação dos ácidos graxos do óleo de inajá foi por meio da integralização das áreas dos picos, com conversão em percentual dos ácidos graxos detectados (RODRIGUES, 2019).

5.3.4 Índice de qualidade nutricional do óleo obtido

A qualidade nutricional do óleo de inajá foi avaliada a partir dos dados do perfil lipídico, sendo: teor total de saturados, monoinsaturados, poli-insaturados, índice de saturados e insaturados, aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) (SILVA et al., 2002) através das Equações 10 e 11, respectivamente.

$$\text{Equação 10: } IA = \frac{C_{12:0} + 4 \times C_{14:0} + C_{16:0}}{\sum AGMI + \sum \omega 6 + \sum \omega 3}$$

$$\text{Equação 11: } IT = \frac{C_{14:0} + C_{16:0} + C_{18:0}}{0,5 \times \sum AGMI + 0,5 \times \sum \omega 6 + 3 \times \sum \omega 3}$$

Onde:

$\sum AGMI$ = somatório dos ácidos graxos monoinsaturados;

$\Sigma\omega_6$ = somatório dos ácidos graxos ω_6 ;

$\Sigma\omega_3$ = somatório dos ácidos graxos ω_3 .

5.4 ESTABILIDADE OXIDATIVA

O óleo *in natura* e a farinha da torta da amêndoa de inajá, foram submetidos à análise da estabilidade oxidativa por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), em espectrômetro Prestige-21 FTIR (Shimadzu, Kyoto, Japão) com espectro registrado entre 500 a 4000 cm^{-1} , com resolução de 4 cm^{-1} e 20 scans. Os dados foram analisados em software IR Solution, versão 1.40 (Shimadzu, Kyoto, Japão).

5.5 ESTABILIDADE TÉRMICA

A estabilidade térmica das amostras foi determinada por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e por Análise Termogravimétrica (TGA) (STA 449F3, NETZSCH GmbH & Co, Selb, Alemanha). Em cadinhos de alumínio, foram adicionados 5 mg da amostra, seguindo os parâmetros de medições a partir da temperatura ambiente até 400 °C usando uma taxa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹. Os sensores e cadinhos foram mantidos sob fluxo constante de nitrogênio (70 mL.min⁻¹)

5.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante *in vitro* do óleo *in natura* e da farinha da torta da amêndoa de inajá, foram avaliadas os métodos: ABTS e DPPH no Laboratório de Cultura de Células do Departamento de Antibióticos (LCC-DA/UFPE).

5.6.1 Método ABTS (2,2"-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

O ensaio pela capacidade de captura do radical 2,2"-azino-bis (3-etilbenzenotiazolina-6-sulfônico) (ABTS) foi analisada por meio do preparo da solução de ABTS, adicionada de 88 μL de persulfato de potássio a 140 mM, dissolvido em água deionizada e mantida em temperatura ambiente na ausência de luz por 16 horas. Posteriormente, a solução foi dissolvida em etanol, sendo

adicionado 200 µL em placa de 96 poços, seguida, de 20 µL da amostra e submetida à temperatura ambiente por 6 minutos no escuro, tendo sua absorbância analisada à 734 nm. O ensaio controle foi realizado a partir da solução contendo água, utilizada como branco. A curva padrão foi preparada usando Trolox em diferentes concentrações (2,5-200 µmol.L⁻¹) e os resultados expressos em µmol de equivalente de Trolox por g de óleo (µmol TE.g⁻¹) (RASERA et al., 2019). O sequestro dos radicais de ABTS foi calculado a partir da Equação 12 abaixo:

$$\text{Equação 12: ABTS (\%)} = \text{Abs Cont} - \text{Abs Am} / \text{Abs Cont} \times 100$$

Abs Cont = Absorbância controle

Abs Am = Absorbância da amostra

5.6.2 Capacidade de sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH)

Para determinação da atividade antioxidante pelo seqüestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) foi utilizada a metodologia descrita por Brand-Williams et al., (1995). Em solução metanólica de DPPH 60 µmol/L foi adicionado 3,9 mL da amostra, em seguida, foi realizada uma diluição seriada das amostras a partir de 1 mg/mL (15,6; 31,3; 62,5; 125; 250; 500 µg/mL) e protegida da luz por 30 minutos. Em um espectrofotômetro UV/Vis (Agilent, Varian® 50 Bio), foi realizada a leitura da absorbância a 515 nm. Foi utilizado como controle negativo (branco), a solução aquosa de DMSO/TWEEN 80 (1%). O sequestro dos radicais DPPH foi obtido por meio Equação 13:

$$\text{Equação 13: \% Seq DPPH} = \text{Abs Cont} - [\text{Abs Am} - \text{Abs Inf. Cor}] / \text{Abs Cont} \times 100$$

Abs Cont = Absorbância do controle

Abs Am = Absorbância da amostra

Abs Inf. Cor = Absorbância da influência da cor

O valor de IC₅₀ (concentração do antioxidante necessária para reduzir 50% do radical DPPH•) foi obtido por meio da regressão linear e a equivalência ao Trolox (TEAC) foi calculada através da razão entre IC₅₀ do Trolox /IC₅₀ da amostra.

5.7 ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

5.7.1 Microrganismos

Para determinação da atividade antimicrobiana foram utilizados microrganismos patogênicos de origem alimentar: *Bacillus cereus* ATCC 10876, *Enterococcus faecium* ATCC 6569, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Listeria monocytogenes* ATCC 7664, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 e *Salmonella typhimurium* ATCC 1408. As espécies fúngicas utilizadas foram: *Aspergillus niger* URM 7282 e *Colletotrichum siamenses* CMM4077.

5.7.2 Preparação da amostra

O preparo do óleo para o ensaio da concentração inibitória mínima consistiu na pesagem de 1 g da amostra em balança semianalítica (Ohaus, modelo PA214CP) no qual foi adicionada em solução contendo Tween e dimetilsufóxido (DMSO) na razão de 1:1, posteriormente, foi acrescentado 4 mL de água destilada, seguida, da homogeneização da solução em vortex mixer (Kasvi Basic, modelo K452820). O extrato aquoso da farinha foi preparado a partir da diluição de 1 g em 50 mL de água destilada, homogeneizada e submetida a centrifugação por 5000 rpm por 5 minutos.

5.7.3 Ensaio da Concentração Inibitória Mínima (CIM)

O ensaio da Concentração Inibitória Mínima (CIM) foi determinado pelo teste de microdiluição em microplacas contendo 96 poços com fundo chato no Laboratório de Microbiologia Aplicada (LAMAq-UFPE). Em cada poço foi inserida o óleo *in natura* e farinha de inajá em uma microplaca adicionada de meio BHI para bactérias e outra de Caldo Sabouraud para fungos, em seguida, foi acrescentado de 20 µL do inóculo microbiano e fúngico, de forma que o volume final de cada poço fosse de 100 µL com intervalo de diluição de 12-4 mg/mL da amostra em cada linha da microplaca. O ensaio CIM foi realizado em duplicata. Os microrganismos testes foram cultivados à 37 °C por 24 horas para bactérias e 28 °C por até 5-7 dias para fungos. Após a incubação, foi adicionado a concentração de 30 µL de resazurina em cada poço, e posteriormente as microplacas foram transferidas para a estufa a 37 °C (ALVES et al., 2008). A análise de comprimento de onda foi realizada por espectrofotometria na absorbância de 550 nm e 630 nm.

A microplaca foi submetida à leitura de absorbância em um leitor de microplacas (Thermo Plate), antes e após a aplicação do revelador resazurina. Após 1 hora foi realizada a análise e mudança de cor das amostras, onde a coloração azul indica ausência de crescimento microbiano enquanto que as variações de rosa e roxo apontam a presença de células viáveis para crescimento.

Após a determinação da CIM, as microplacas que apresentaram o crescimento visível, foram cultivadas em placas de Petri contendo agar BHI/agar Sabouraud, sendo transferidos 10 µL das cavidades da microplaca (sem resazurina) para as placas de petri e incubadas a 37 °C/28 °C, por 24 horas/até 72h para fungos.

5.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os ensaios foram realizados em triplicata e expressos como uma média e submetidos às análises estatísticas utilizando os testes de estatística descritiva (média estimada $\pm$ desvio padrão). Foi utilizado o software *Origin* (versão 8.6) para a construção dos espectros de estabilidade oxidativa e curvas termogravimétricas. Os dados obtidos foram expressos em tabelas e gráficos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO BRUTO DA AMÊNDOA DE INAJÁ

6.1.1 Caracterização físico-química do óleo da amêndoa de inajá

Os resultados das análises físico-químicas do óleo da amêndoa de inajá obtido por prensagem a frio encontram-se na Tabela 6. O percentual de rendimento (31,84%), demonstra que o óleo de inajá possui viabilidade na substituição de óleos comestíveis, pois apresentou rendimento superior ao encontrado para o óleo de girassol (22%), ouricuri (20%) e amêndoas de baru (7,7%) (RABONATO et al., 2016; SILVEIRA et al., 2018; BARBOSA et al., 2020; VERRUCK, 2020).

Tabela 6. Parâmetros físico-químicos do óleo da amêndoa de inajá.

Parâmetro	Óleo
Rendimento (%)	31,84 ±1,05
Índice de acidez (mg NaOH/g)	2,07±0,24
Índice de iodo (g I ₂ .100g ⁻¹)	11,62±1,95
Índice de peróxido (mEq/Kg)	5,54±0,19
Índice de refração a 40°C	1,455±0,00

*Resultados expressos em média ± desvio padrão

A aplicação por prensagem a frio vem sendo utilizada na produção de óleos, pois é um método seguro, econômico e com mínimo impacto sobre o meio ambiente. O consumo de óleos prensados a frio proporciona um maior teor de antioxidantes e substâncias bioativas, como carotenóides, fitoesteróis e polifenóis em comparação com os refinados. Porém, o rendimento é menor quanto às outras técnicas de extração convencionais (CAKALOGLU et al., 2018; GROSSHAGAUER et al., 2019).

O óleo bruto da amêndoa de inajá obtido atendeu os parâmetros exigidos para óleos vegetais comestíveis para índice de acidez, peróxido e refração preconizados pelo *Codex Alimentarius Commission* (2017) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2005), indicando que pode ser comercializado como extra virgem e ingrediente funcional em produtos alimentícios.

Valores inferiores aos encontrados pela presente pesquisa foram reportados por Rodrigues (2019) e Pontes et al., (2020) para o óleo da amêndoa de inajá quanto ao índice de acidez (1,1 e 1,99 mg NaOH/g). Entretanto, para outros óleos comestíveis, como buriti e coco babaçu apresentaram 2,64 e 0,12 mg NaOH/g para acidez e para peróxido 2,37 e 5,73 mEq/Kg, respectivamente (SALES et al., 2020; SOARES et al., 2021).

O óleo de inajá apresentou uma considerável estabilidade hidrolítica e oxidativa, sendo comprovada pela conformidade do índice de acidez no qual o nível máximo permitido para consumo humano é de 4 mg NaOH.g⁻¹ (BRASIL, 2005). A acidez é resultante do processo de rancificação durante a produção e estocagem dos óleos vegetais, podendo acarretar alterações nutricionais e sensoriais e afetar a aceitação pelos consumidores (VIEIRA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020).

Quanto ao índice de iodo, é um parâmetro associado ao grau de insaturação dos óleos no qual valores inferiores apontam processos oxidativos, responsáveis pela ruptura de duplas ligações. O óleo de inajá apresentou teor abaixo em comparação com outros óleos, como casca de laranja (75,68) e moringa (67,53), devido o elevado conteúdo de ácidos graxos saturados, que estão relacionados à estabilidade oxidativa e característica de solidificar a temperatura ambiente (RAMADAN et al., 2018; SOBHANI et al., 2018; OZCAN et al., 2019).

O conteúdo de peróxido indica boa qualidade e bom estado de conservação do óleo da amêndoa de inajá. Durante a oxidação dos óleos, são formados os primeiros produtos, conhecidos como hidroperóxidos, ou seja, a quantidade de peróxidos demonstra o estado deteriorativo e a qualidade da matéria-prima. No entanto, o processo de extração a frio não compromete a qualidade do produto e não causa processos oxidativos (SIQUEIRA et al., 2016; SOARES et al., 2021).

O índice de refração está ligado ao grau de insaturação do óleo, aumentando de acordo com número de ligações duplas presentes na molécula. É afetado por fatores, tais como: teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamento térmico (CARVALHO, 2017). O óleo de inajá obteve refrigência baixa em comparação com os óleos de capáíba (1,501), buriti (1,466), coco (1,456) e tucumã (1,456), contendo poucas ligações duplas na cadeia hidrocarbonada (ALVES et al., 2015). Porém atendeu os parâmetros de qualidade estabelecidos pelo *Codex Alimentarius Commission* (2017), sugerindo uma composição apropriada para o consumo.

As características físico-químicas dos óleos vegetais sofrem variações conforme a variedade da planta, condições climáticas e de pós-colheita, influenciando nos índices de acidez, iodo, peróxido e refração (SOARES et al., 2021). O óleo da amêndoa de inajá apresenta boa qualidade relacionado à conservação, devido a conformidade dos parâmetros exigidos para comercialização. Além disso, observou-se que o óleo bruto apresenta característica de se solidificar em temperatura ambiente.

6.1.2 Perfil de ácidos graxos do óleo extraído da amêndoa de inajá

Os resultados sobre a composição de ácidos graxos mostram que o óleo da amêndoa de inajá contém majoritariamente ácidos graxos saturados, destacando-se o láurico (50,39%), mirístico (19,68%) e palmítico (7,17%), conforme demonstrado na Tabela 7. Os ácidos graxos saturados estão presentes em laticínios com alto teor de gordura, carne e alguns óleos vegetais, como óleo de palma e coco (SORKHEH et al., 2016). O ácido esteárico não apresentou valores significativos para caracterizá-lo como majoritário (1,49%).

Tabela 7. Composição de ácidos graxos do óleo extraído da amêndoa de inajá.

Ácido graxo	%
Ácido caprílico (C8:0)	5,61±0,90
Ácido cáprico (C10:0)	3,92±0,11
Ácido láurico (C12:0)	50,39±0,27
Ácido mirístico (C14:0)	19,68±0,06
Ácido palmítico (C16:0)	7,17±0,20
Ácido palmitoléico (C16:1)	0,00±0,00
Ácido esteárico (C18:0)	1,49±0,08
Ácido oléico (C18:1)	9,94±0,02
Ácido linoleico (C18:2)	1,78±0,11
Ácido linolênico (C18:3)	0,00±0,00

O ácido láurico é o principal ácido graxo saturado presente no óleo da amêndoa de inajá. Alguns estudos encontraram resultados semelhantes em relação ao teor de ácido láurico em óleos comestíveis, como guariroba (50,58%) e babaçu (50,80%), usando diferentes métodos de extração. Entretanto para óleos de moringa (2,17%) e palmiste (45,58%), o óleo de inajá obteve valor superior (OLIVEIRA et al., 2016; COSTA et al., 2019; OZCAN et al., 2019; WENCESLAU et al., 2021).

O alto teor de ácido láurico no óleo da amêndoa de inajá indica propriedades antimicrobianas e cosméticas, uma vez que óleos vegetais fontes deste tipo de ácido graxo saturado demonstraram ação contra bactérias gram positivas e negativas e *Propionibacterium acnes*, responsável pela inflamação da acne (OLIVEIRA et al.,

2016; ANZAKU et al., 2017; FISCHER, 2020). Por ser uma fonte de ácido láurico, o óleo de inajá é interessante para aplicações tecnológicas, que incluem a produção de nanopartículas, coberturas comestíveis e antibiótico natural.

Ácido mirístico é o segundo ácido graxo mais presente no óleo da amêndoa de inajá, confirmando que é composto principalmente (mais de 50%) de ácidos graxos saturados de cadeia média corroborando com os resultados do estudo desenvolvido por Azevedo et al. (2021) para óleo de coco virgem (19,58%) e submetido ao cozimento com valor semelhante ao óleo de inajá.

Em comparação com outros óleos comestíveis, o óleo de inajá demonstrou conteúdo de ácido oléico inferior ao girassol (84,12%), milho (28,4%) e soja (21,8%). Óleos com alto teor de ácido oléico são aplicados em alimentos devido ao seu efeito hipocolesterolêmico e tem uma estabilidade oxidativa muito maior do que os ácidos graxos poliinsaturados, podendo ser usados para cozinhar e fritar, pois toleram altas temperaturas e neutralizam a geração de compostos de oxidação durante a fritura (MAKI et al., 2015; PU et al., 2016; BELON et al., 2021; ROMANO et al., 2021).

O teor de ácido palmítico foi encontrado em quantidade relativamente alta no óleo de inajá, sendo valor diferente dos relatados por Wang et al., (2019), que estudaram cinco tipos de óleos de amêndoas selvagens: *Prunus pedunculata*, *P. triloba*, *P. mongolica*, *P. tenella* e *P. tangutica* com concentrações de 1,5%, 1,8%, 2,4%, 3,1% e 5,0% respectivamente. No entanto, os óleos de palma (41,28%), girassol (10,13%) e de algas (6,03%) apresentaram teor superior de ácido palmítico (WAGHMARE et al., 2018).

Óleos vegetais com altas concentrações de ácidos graxos saturados são desejados pela indústria de alimentos, principalmente para evitar a necessidade de processos de hidrogenação e transesterificação na produção de margarinas e produtos relacionados (SORKHEH et al., 2016). Desta forma, o óleo da amêndoa de inajá pode atender o aumento da demanda dos consumidores por óleos de alta qualidade tecnológica, sendo uma opção para diversificar a alimentação e aumentar da produção de fontes regionais.

6.1.3 Qualidade nutricional do óleo da amêndoa de inajá

Os índices de qualidade nutricional do óleo da amêndoa de inajá estão expostos na Tabela 8. A proporção elevada de ácidos graxos saturados do óleo da amêndoa de inajá é superior a outros óleos comestíveis, como semente de uva

(16,4%), macadâmia (16,1%), abacate (14,6%), abóbora (14,5%), castanha-do-pará (14,9%), girassol (12,8%), amendoim (12,7%) e canola (11,3%). Entretanto, possui uma quantidade menor de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados em comparação com estes óleos (HERCULANO et al., 2021).

Tabela 8. Índice de qualidade nutricional do óleo da amêndoa de inajá.

Ácidos graxos	Óleo da amêndoa de inajá
Saturados	59,05
Monoinsaturados	11,72
Poli-insaturados	1,78
Índice I/S	0,22
Índice de aterogenicidade (IA)	10,09
Índice de trombogenicidade (IT)	4,19
I/S: Índice Insaturados/Saturados	

A elevada concentração de saturados presentes no óleo associado ao baixo valor de insaturados aponta boa resistência à oxidação. A resistência a oxidação é uma característica desejável em óleos e gorduras, pois garante estabilidade durante os severos tratamentos térmicos aplicados na indústria alimentícia e consequentemente a manutenção da qualidade nutricional e sensorial dos produtos (BAUER et al., 2020).

A relação I/S demonstra as propriedades nutricionais dos óleos comestíveis, pois uma maior proporção de poli-insaturados pode prevenir o aumento do peso corporal em dietas ricas em gorduras. A relação I/S do óleo de inajá foi inferior ao observado por Santos et al., (2021) para o óleo da noz da amêndoa tropical ou do mar (0,61) e superior ao verificado para o óleo da amêndoa de coco catolé (0,04) (GOUVEIA et al., 2018).

Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) estão relacionados com a qualidade nutricional dos ácidos graxos em óleos comestíveis, indicando o potencial de estímulo à agregação plaquetária. Quanto menor os valores de IA e IT na dieta, maior será o potencial do lipídeo em proteger o organismo contra o surgimento de doenças cardiovasculares (PINTO et al., 2018).

O óleo de inajá obteve IA superior e IT inferior ao encontrado em uma pesquisa realizada por Santos et al., (2021) para o óleo de noz da amêndoa tropical, com IA (0,62) e IT (1,38) respectivamente. Porém, em outro estudo por Gouveia et al., (2018), verificaram que o óleo da amêndoa do coco catolé apresentou IA (10,01) e IT (4,52), sendo semelhantes ao óleo de inajá, mostrando uma boa relação de ácidos gordos mais favorável em termos de saúde.

As atividades dos ácidos graxos estão particularmente relacionadas à formação e manutenção de membranas celulares, respostas pró e antiinflamatórias do sistema imunológico, bem como seu funcionamento como antioxidantes e na proteção contra o desenvolvimento de patologias. A aplicação desses parâmetros na seleção de lipídios dietéticos com melhor qualidade nutricional pode ser útil na redução de doenças cardiovasculares e outras doenças crônicas não transmissíveis (PINTO et al., 2018).

6.2 APROVEITAMENTO TECNOLÓGICO DA TORTA RESIDUAL PARA OBTENÇÃO DE FARINHA

6.2.1 Rendimento e caracterização da farinha da torta da amêndoa de inajá

Os resultados da composição físico-química da farinha da torta resultante da extração do óleo da amêndoa de inajá, por meio de prensagem mecânica, encontram-se na Tabela 9. O elevado rendimento da farinha da torta demonstra viabilidade para ser aproveitada na produção de produtos destinados à alimentação humana, podendo ser aplicada principalmente no desenvolvimento ou enriquecimento de produtos panificados, como biscoitos, cookies, pães e bolos.

Tabela 9. Caracterização físico-química da farinha da torta da amêndoa de inajá.

Parâmetro	Farinha
Rendimento (%)	94,32±0,03
Umidade	2,45±0,09
Atividade de água a 25,9 °C± 0,05	0,24±0,00
L*	43,96±1,44
a*	5,0±0,24
b*	6,0±0,39
Acidez	10,72±0,21
pH	5,65±0,01
Sólidos solúveis	4,0±0,00
Cinzas	2,16±0,07
Carboidratos	37,30±0,19
Proteínas	11,83±0,01
Lipídios	46,25±0,19
Valor Calórico Total	612,81±0,86

A torta é o principal subproduto do processo de extração de óleos vegetais por prensagem, é usada para ração animal ou fertilizantes agrícolas. É rica em proteínas, lipídios, fibra alimentar, compostos fenólicos e minerais, e portanto, vem sendo explorada na formulação de alimentos funcionais, como cookie, pão, bolo, queijo e etc. No entanto, a composição depende do cultivo, condições ambientais e extração do óleo (XU et al., 2020; GARCIA-MENDOZA et al., 2021).

Com relação à umidade, observou-se que a farinha da torta da amêndoa de inajá apresentou valor inferior ao encontrado para a farinha da torta obtida da extração do óleo de pequi (3,9%). Baixos valores de umidade, são importantes pois inibem reações indesejáveis com menor velocidade e inibição do crescimento microbiano, proporcionando aumento da estabilidade e vida de prateleira do produto (FLAUZINO, 2020).

A atividade de água (A_w) da farinha indica que é um alimento com A_w intermediária no qual apresenta um menor risco ao desenvolvimento de bactérias patogênicas, por exemplo, salmonelas e *Clostridium botulinum*. Farinhas com A_w com valores inferiores a 0,60, dificilmente são meios propícios ao crescimento microbiano (SOUZA et al., 2020). Silva et al., (2021) analisaram a farinha do bagaço de malte e verificaram A_w de 0,28 superior ao encontrado para a farinha de inajá.

Os parâmetros instrumentais de cor, luminosidade L^* e cromaticidade a^* da farinha de inajá foram superiores aos valores encontrados para farinha do bagaço de malte (SILVA et al., 2021). De acordo com o valor de L^* , a farinha da torta da amêndoa de inajá pode ser considerada mais escura. O valor positivo a^* indica uma tonalidade mais avermelhada, enquanto que b^* exibe uma coloração amarelada.

A acidez, pH e sólidos solúveis da farinha obteve quantidade maiores a farinha de pupunha que continha 0,15; 5,74 e 1,70 (SOUZA et al., 2022). A farinha de inajá pode ser classificada como ácida (soluções com pH <6 são consideradas ácidas) e contém teor de sólidos solúveis baixo. Farinhas com pH baixos ou próximos da neutralidade reduzem o risco reações enzimáticas e não enzimáticas e contaminação microbiológica (GUIMARÃES et al., 2020; SILVA et al., 2021).

Os valores de cinzas correspondem ao conteúdo mineral presente nas amostras. A farinha de inajá apresentou porcentagem de cinzas inferior com outros estudos realizados com a farinha da torta residual do pequi (3%), girassol (5,2%) e coco (1,06%) (FLAUZINO, 2020; DU et al., 2021; NÁTHIA-NEVES et al., 2021). Para outros tipos de farinhas geralmente consumidas pela população, como a mandioca, a presente pesquisa obteve um elevado teor de cinzas (GUIMARÃES et al., 2020).

A quantidade de carboidratos da farinha de inajá é elevada em comparação com a farinha da torta de girassol (66,6%) e baru (11,57%) (PINELI et al., 2015; NÁTHIA-NEVES et al., 2021). Segundo Singh (2015), as amêndoas de inajá apresentam 1,77 g / 100 g de carboidratos. Ao contrário dos cereais, as amêndoas

não são amiláceas, portanto, não apresentam propriedades funcionais do amido na massa (PINELI et al., 2015).

A farinha da torta da amêndoa de inajá apresentou alto valor de proteínas, quantidade superior a outras farinhas de resíduos da extração de óleos vegetais. Du et al., (2021) obteve 6,55% de proteínas para a farinha de coco desengordurada e Resende et al., (2019) para farinha do farelo da polpa desengordurada de buriti encontrou 6,20%. O alto teor de proteínas da farinha de inajá pode contribuir para a estrutura da massa na substituição da farinha de trigo, tendo em vista que durante o cozimento, as proteínas coagulam e suplementam o glúten (PINELI et al., 2015).

A extração de óleos vegetais por prensagem a frio apresenta cerca de 55% de eficiência em comparação com outros métodos, como solvente a quente (MALACRIDA et al., 2018). A farinha de inajá mostrou quantidade significativa de óleo (46,25%), podendo indicar que não houve uma extração eficiente do óleo. Náthia-Neves et al., (2021) ao avaliar a farinha da torta residual do girassol (1,1%), obteve valor baixo ao da farinha de torta de inajá por prensagem, ou seja, o subproduto do inajá é composto principalmente de lipídios.

O alto valor calórico total da farinha de inajá deve-se o maior teor de lipídios, sendo superior ao observado por Pineli et al., (2015) para a farinha da torta da amêndoa de baru no qual foi 271 kcal. A farinha de inajá pode contribuir para elevar o valor energético nas formulações de panificação e superar limitações quanto aos impactos tecnológicos e nutricionais do uso de fontes de lipídios.

As variações na composição nutricional de produtos alimentícios em diferentes estudos realizados, deve-se ao emprego de diversas metodologias como também o uso de espécies frutíferas de distintas regiões, as quais apresentam particularidades climáticas e de cultivo (FLAUZINO, 2020). Portanto, a farinha da torta residual da extração do óleo de inajá é uma importante fonte de nutrientes.

6.3 ESTABILIDADE OXIDATIVA DO ÓLEO E DA FARINHA DE INAJÁ

Os espectros FTIR obtidos para o óleo bruto e farinha da torta da amêndoa de inajá estão expostos nas Figuras 2 e 3. Foram identificadas três principais regiões no espectro do óleo de inajá: $3100-2805\text{ cm}^{-1}$; $1770-1615\text{ cm}^{-1}$ e $1150-850\text{ cm}^{-1}$. Observou-se nenhuma banda próximo de 3344 cm^{-1} do grupo hidroperóxido, confirmando que o óleo de inajá não sofreu oxidação (FERREIRA et al., 2012).

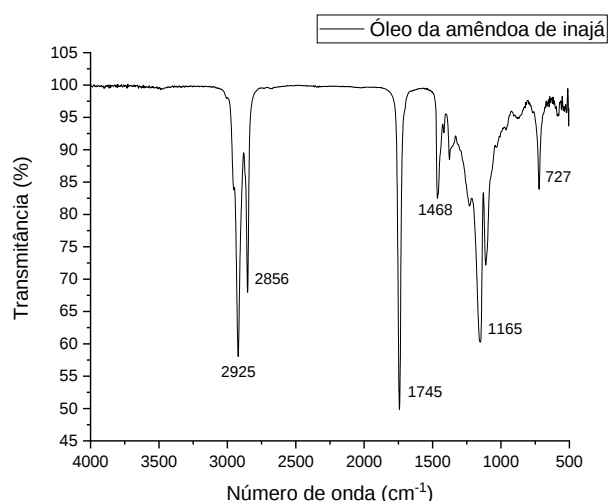


Figura 2. Espectrometria de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) do óleo da amêndoa de inajá.

A banda de estiramento C–H insaturado foi detectada nos espectros de infravermelho do óleo (3000 cm^{-1}). A vibração de alongamento das ligações éster de triacilglicerol (C=O), encontra-se em 1745 cm^{-1} , e as bandas relacionadas à vibração de estiramento de ligação C–O dos grupos éster são verificadas em 1165 cm^{-1} . Além disso, as bandas 2925 , 2856 , 1468 e 727 cm^{-1} estão associadas com as distintas vibrações de estiramento do metileno (–CH_2) (FERREIRA et al., 2012).

O alto teor de ácidos graxos saturados do óleo de inajá (59,05%) podem ser responsáveis pela banda de intensidade em 727 cm^{-1} , devido as vibrações de cadeias alifáticas de ácidos graxos ou a adição de ligações duplas trans. Vale ressaltar que não foram observadas bandas espectrais em torno de 900 cm^{-1} correlacionada com variações nas ligações duplas trans e cis (GARDETTE et al., 2013; SANTOS et al., 2013), apontando uma boa preservação do óleo.

Em uma pesquisa comparativa com o óleo de babaçu obtido por diferentes métodos de extração, realizado por Bauer et al., (2020), foram encontrados espectros com as bandas 2920 , 2850 e 720 cm^{-1} , valores próximos ao do presente estudo no qual sugere-se que o óleo de inajá apresenta estabilidade oxidativa semelhante aos óleos extraídos de outras palmeiras, como por exemplo, o babaçu.

A Figura 3 demonstra o espectro FTIR da farinha da torta da amêndoa de inajá cujas bandas indicaram picos específicos. O primeiro pico observado ocorre em 3344 cm^{-1} . As vibrações nesta região correspondem à absorvância de grupos livres de hidroxila (O–H). O intervalo entre 2922 – 2853 cm^{-1} são atribuídas aos modos

de estiramento C-H de grupos metílicos e são relacionadas ao conteúdo de lipídios ($3010\text{-}2800\text{ cm}^{-1}$) (SIVAM et al., 2013).

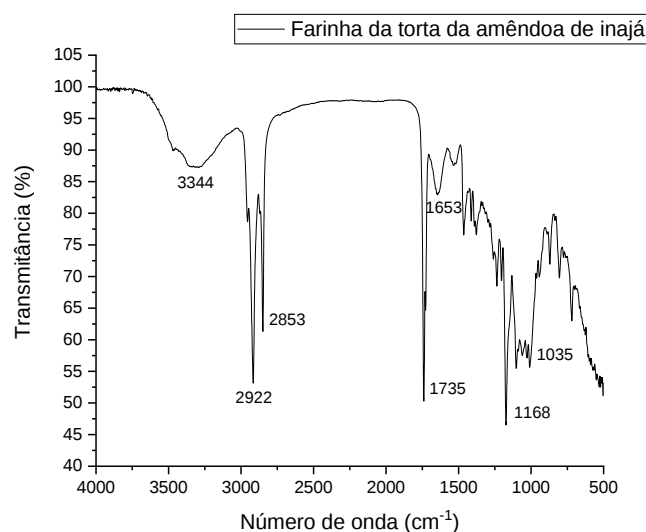


Figura 3. Espectrometria de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) da farinha da torta da amêndoa de inajá.

Picos isolados foram verificados em 1653 cm^{-1} descreve a vibração de moléculas de água ($1600\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$) presente na farinha cujo teor de umidade é 2,45% e a presença de derivados insaturados que corresponde ao estiramento da ligação dupla C=C ($\nu(\text{C}=\text{C})$) (CASTILHO-ALMEIDA et al., 2012). A banda 1735 cm^{-1} , inclui a absorbância de grupos relacionados ao conteúdo proteico, como amida I e II (SIVAM et al., 2013), no qual associa-se com o conteúdo de proteínas de 11,83% encontrado na farinha de inajá como também à vibração do alongamento do grupo funcional CH_2 alifático ($1770\text{-}1710\text{ cm}^{-1}$) (MUIK et al., 2007).

A região final que corresponde à banda entre $1400\text{-}500\text{ cm}^{-1}$ foi observada nos picos de 1168 e 1035 cm^{-1} . Esta é a zona no qual se originam as vibrações relacionadas aos polímeros de carboidratos, ligações de moléculas de amido e sacarídeos ($1184\text{-}942\text{ cm}^{-1}$) (PELLISSARI et al., 2012; SIVAM et al., 2013). Os picos da farinha de inajá nesta região podem estar correlacionados à presença de amido conforme sugere Melo et al., (2022) ao avaliarem a farinha da semente de bacupari.

A região de $1168\text{-}1035\text{ cm}^{-1}$ deve-se às deformações angulares assimétricas e simétricas fora do plano para $\text{CH}_2 - \tau(\text{CH}_2)$ e $\omega(\text{CH}_2)$ ($<1250\text{ cm}^{-1}$), com intensidades medianas, estiramento assimétrico associado ao grupamento funcional de ésteres ($\nu[\text{CH}_2(\text{C}=\text{O})\text{OCH}_3]$), com intensidades moderadas e estiramento da ligação C-O não acoplada de ésteres (CASTILHO-ALMEIDA et al., 2012). Desta forma, a farinha da torta de inajá contém elevado teor de lipídeos em sua

composição, apresentando características semelhantes ao óleo quanto ao espectro de infravermelho (FTIR), indicando que a torta pode ser reutilizada no processo de extração do óleo por prensagem mecânica, gerando um aumento no rendimento e agregando valor a este tipo de subproduto para o setor alimentício.

6.4 ESTABILIDADE TÉRMICA DO ÓLEO E DA FARINHA DE INAJÁ

Os dados termogravimétricos do óleo da amêndoa de inajá estão representados na Figura 4. A perda da massa foi de 99,02% em relação à massa inicial no qual o produto tem que ser processado em temperaturas menores que 281°C, sem que haja prejuízos das suas características nutricionais e propriedades biológicas. Até 417 °C ocorreu uma perda de 5,60%, e 695 °C de 1,61%. Além disso, o óleo apresentou 2,71% de teor de resíduo até a temperatura de 887 °C.

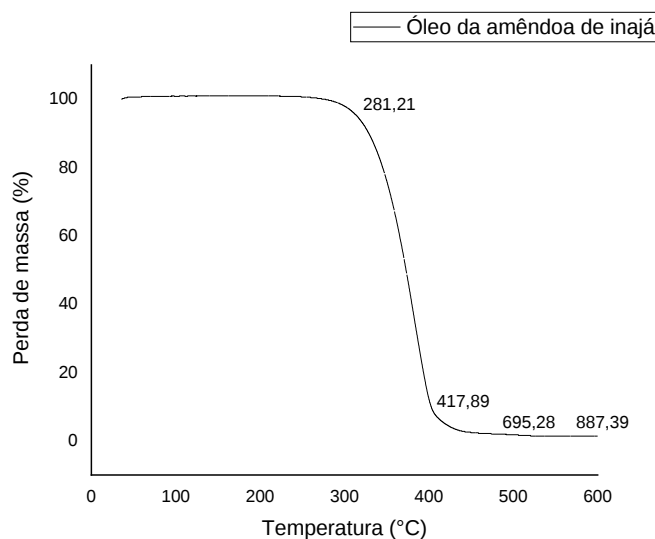


Figura 4. Curva de TGA do óleo da amêndoa de inajá.

A decomposição do óleo de inajá na temperatura de 417,89 °C com perda de massa de 5,60% aponta a decomposição e a carbonização da matéria orgânica (415-450 °C). Além disso, observou-se que o óleo de inajá obteve estabilidade térmica superior (281 °C) ao de babaçu (165 °C) (BAUER et al., 2020), podendo estar correlacionado com às quantidades de ácidos graxos saturados (59,05%).

O grau de insaturação, comprimento e ramificação da cadeia de ácido graxo influenciam as características de estabilidade térmica dos óleos e podem afetar o processamento industrial deste tipo de alimento. Além disso, óleos vegetais fonte de

ácidos graxos polinsaturados apresentam suscetibilidade a altas temperaturas e já ricos em saturados exibem uma maior estabilidade ao aumento da temperatura (JANPORN et al., 2015).

A Figura 5 mostra o comportamento térmico da farinha da torta da amêndoa de inajá. O primeiro estágio da decomposição da farinha se iniciou por volta de 246 °C, com perda de massa de 95,02%, o segundo (432 °C) com 22,50% e o terceiro (685 °C) com 15,90% respectivamente. O teor de resíduos da farinha de inajá à temperatura de 893 °C foi de 13,20%.

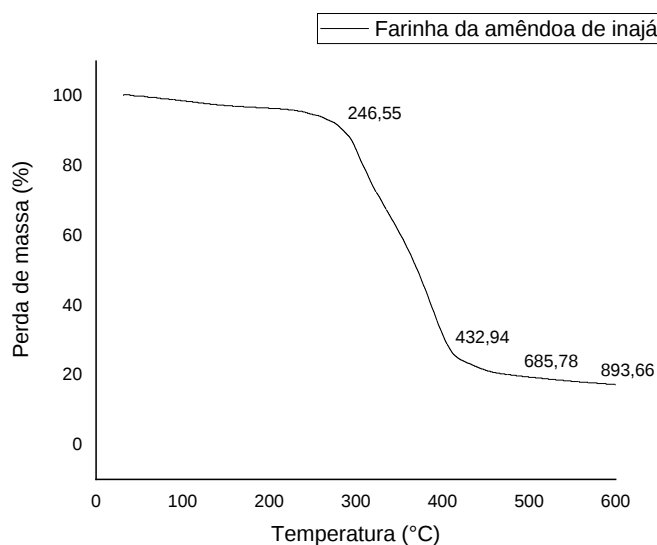


Figura 5. Curva de TGA da farinha da torta da amêndoa de inajá.

A perda de massa (95,02%) da farinha de inajá em 246 °C pode estar associada ao início da degradação térmica da lignina e hemicelulose (82-390 °C) (MUNIR et al., 2009). A desvolatinização máxima da celulose, hemicelulose e lignina (entre 250 a 350 °C) ocorreu também neste pico (GUERREIRO et al., 2014).

A farinha de inajá exibiu dois picos exotérmicos conforme mostrado na Figura 6, o primeiro verificou-se na temperatura de 127 °C e deve-se a desnaturação das proteínas (108-128 °C) (LI et al., 2021). O segundo pico à temperatura de 283 °C corresponde à degradação lipídica e do grupo funcional amina (<280 °C). A presença de celulose e hemicelulose pode ter contribuído para a liberação de calor (ZLATANOVIC et al., 2019).

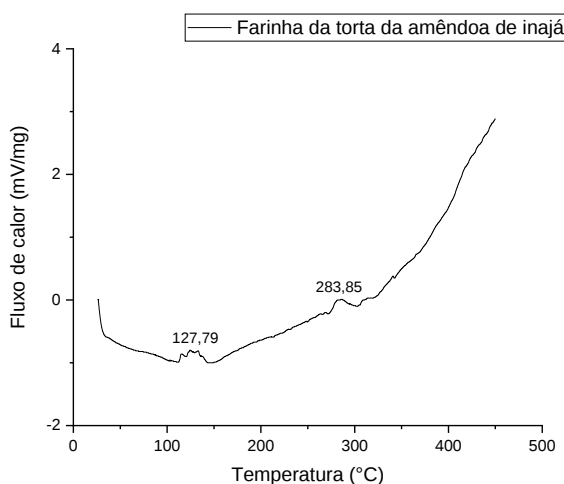


Figura 6. Curva de DSC da farinha da torta da amêndoa de inajá.

As temperaturas dos picos endotérmicos foram maiores do que as relatadas para outras farinhas, como feijão (entre 90 e 108 °C) e bagaço de maçã (110,3 a 216,1 °C) (ZLATANOVIC et al., 2019; BENTO et al., 2022). A farinha de inajá seria adequada para aplicações em produtos alimentícios com processamento de temperaturas mais elevadas.

6.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *in vitro* DO ÓLEO E DA FARINHA DE INAJÁ

A tabela 10 mostra os resultados em percentual de inibição do ABTS para o óleo bruto da amêndoa de inajá. O óleo apresentou baixa atividade antioxidante nas concentrações variando entre 15,63 a 500 µg/mL. Os valores de IC₅₀ não foram encontrados para o óleo.

Tabela 10. Atividade antioxidante do óleo da amêndoa de inajá nas concentrações entre 15,63 a 500 µg/mL para o radical ABTS expressos em % de sequestro e em equivalência ao TROLOX (TEAC).

Concentração do óleo em µg/mL	% de sequestro do radical ABS	Concentração do TROLOX em µg/mL	% de sequestro do radical ABS
500	25,96 ± 0,107	500	97,62 ± 0,001
250	27,60 ± 0,125	250	79,27 ± 0,001
125	18,03 ± 0,017	125	60,65 ± 0,002
62,5	20,63 ± 0,021	62,5	54,86 ± 0,003
31,25	15,71 ± 0,013	31,25	49,92 ± 0,001
15,63	16,67 ± 0,020	15,63	48,27 ± 0,001

O óleo e o extrato aquoso da farinha da torta de inajá não apresentaram atividade antioxidante superior a 50% do percentual de sequestro conforme

demonstrado na Tabela 11. A capacidade antioxidante do óleo de inajá foi de 13,61% na concentração de 500 µg/mL, porém não foi obtido o valor de IC₅₀.

Tabela 11. Atividade antioxidante do óleo e extrato aquoso da farinha de inajá nas concentrações entre 500 a 15,63 µg/mL para o radical DPPH expressos em % de sequestro do radical DPPH e em equivalência ao TROLOX (TEAC).

	Óleo	Extrato aquoso da farinha	Trolox
Concentração das amostras em µg/mL	% de sequestro do Radical DPPH	% de sequestro do Radical DPPH	% de sequestro do Radical DPPH
500	13,61 ± 0,042	16,69 ± 0,065	85,05 ± 0,001
250	10,42 ± 0,030	14,14 ± 0,035	64,94 ± 0,002
125	9,30 ± 0,040	9,08 ± 0,002	56,25 ± 0,001
62,5	8,96 ± 0,078	8,21 ± 0,059	53,74 ± 0,003
31,25	7,78 ± 0,044	8,12 ± 0,047	48,63 ± 0,002
15,63	4,43 ± 0,027	7,75 ± 0,011	47,95 ± 0,002

CE₅₀ do Trolox frente ao radical DPPH = 38,78 µg/mL.

Menezes et al., (2019) encontraram capacidade antioxidante do óleo da raiz de tinguaciba (*Zanthoxylum rhoifolium*) de 100% na concentração de 50 µL/mL. Além disso, observaram que o óleo das folhas em baixa concentração de 0,625 µL/mL apresentou atividade de 13,06% na redução do radical DPPH, ou seja, possui uma propriedade antioxidante superior ao obtido para o óleo da amêndoa de inajá.

A farinha de inajá obteve potencial antioxidante (16,69%), porém inferior a farinha do farelo da polpa de desengordurada de buriti com valor de DPPH de 447,00 g/g (RESENDE et al., 2018). Sugere-se que a secagem das amêndoas para extração do óleo de inajá pode ter contribuído para a degradação de compostos bioativos, acarretando na diminuição da sua capacidade antioxidante.

As cascas de frutas possuem propriedades antioxidantes mais elevadas, pois protegem os frutos contra os agentes agressivos externos, como bactérias e insetos. Enquanto que a polpa, semente e amêndoa, apresenta uma capacidade biológica inferior. Farinha de subprodutos podem ser consideradas fontes relevantes de antioxidantes naturais, dependendo da composição e partes botânicas do fruto (RESENDE et al., 2019).

A atividade antioxidante determinada por ABTS foi maior que a análise por radicais DPPH e pode ser atribuída à natureza diferente destes dois radicais, uma vez que os radicais DPPH são eficientes para substâncias lipofílicas enquanto que o cátion radical ABTS para hidrofílicas e lipofílicas (MANZLOOR et al., 2021), conforme observado na porcentagem de eliminação de ABTS (25,96%) e DPPH (13,61%) do óleo da amêndoa de inajá.

6.6 ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO E DA FARINHA DE INAJÁ

Os resultados da concentração inibitória mínima (CIM) do óleo bruto e da farinha de inajá sugerem que apresentaram capacidade de inibir o crescimento dos microrganismos a partir da concentração de 0,12 mg/mL (Tabela 12). O óleo de inajá demonstrou atividade frente principalmente às seguintes bactérias: *S. aureus* (56,5%), *E. coli* (40,5%), *L. monocytogenes* (18%) e *B. cereus* (17,5%). No entanto, verificou-se que na concentração de 0,1 mg/mL foi capaz de inibir *E. faecium* (11%).

Tabela 12. Concentração Bactericida Mínima (CBM) do óleo e da farinha de inajá.

Cepas testes	Concentração Mínima Inibitória (CIM) mg/mL	
	Óleo	Farinha
<i>Bacillus cereus</i>	0,12	0,012
<i>Enterococcus faecium</i>	0,1	0,01
<i>Escherichia coli</i>	0,12	0,012
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,12	0,012
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,12	0,012
<i>Salmonella typhimurium</i>	0,12	0,012

O extrato aquoso da farinha da torta da amêndoa de inajá obteve uma baixa atividade antimicrobiana, pois observou-se aumento da viabilidade celular à medida que as concentrações diminuem. Com relação a CIM, percebeu-se que o extrato da farinha de inajá inibiu o crescimento de *B. cereus* à 0,01 mg/mL. A baixa atividade antimicrobiana da farinha de inajá pode estar relacionada ao processamento térmico que causa a perda de compostos bioativos relacionados a propriedade de inibição de microrganismos.

Em um estudo realizado por Radunz et al., (2019), verificaram que a concentração de 40 mg/mL, o óleo de cominho obteve efeito antibacteriano contra *E. coli* e *S. aureus*, teor superior comparado ao óleo de inajá. O efeito antimicrobiano dos óleos vegetais deve-se a presença de compostos bioativos que apresentam elevada capacidade antioxidante, por exemplo, os fenólicos (SWAMY et al., 2016).

A ação de antimicrobianos naturais contra as bactérias é a destruição da parede celular e da integridade da membrana celular, o que, por sua vez, aumenta a permeabilidade da membrana e resulta na interrupção das atividades celulares, como a produção de energia e o transporte da membrana. Danos à membrana celular causam mudanças em processos críticos, como processamento de nutrientes, síntese de macromoléculas estruturais e reguladores de crescimento (SWAMY et al., 2016).

Com relação a atividade antifúngica, verificou-se que o óleo obteve inibição de 32,5% frente *Aspergillus niger* na concentração de 0,04 mg/mL e 53% contra *Colletotrichum siamenses* na concentração 0,06 mg/mL. Enquanto que a farinha houve crescimento da viabilidade destas espécies fúngicas, mas apresentou uma fraca atividade na concentração de 0,012 mg/mL conforme mostrado na Tabela 13.

Tabela 13. Concentração Fungicida Mínima (CFM) do óleo da amêndoa de inajá e da farinha.

Fungos filamentosos	Concentração Mínima Fungicida (CMF) mg/mL	
	Óleo	Farinha
<i>Aspergillus niger</i>	0,04	0,012
<i>Colletotrichum siamenses</i>	0,06	0,012

O mecanismo antifúngico dos óleos consiste na perda da integridade da membrana celular fúngica (KRISCH et al., 2011), pois o óleo quebra as membranas mitocondriais ao penetrar na membrana citoplasmática e nos bolores afeta o crescimento de hifas e sua esporulação (GHAZANFARI et al., 2020), ou seja, o óleo de inajá pode ser utilizado para aumentar a vida útil e preservar frutos.

Em um estudo realizado por Ghazanfari et al., (2020) com o óleo da semente de coentro, observaram que a atividade contra *Aspergillus niger* foi baixa na concentração de 16 mg/mL, teor superior ao valor do óleo de inajá. Em outra pesquisa realizada por Figueiredo et al., (2021) verificaram que o óleo de gengibre apresentou atividade contra *Colletotrichum gloeosporioides* a partir de 80 µL/mL, sendo inferior ao encontrado para o óleo de inajá frente a *C. siamenses*.

As aplicações de óleos vegetais com propriedade antifúngica consiste no controle de doenças pós-colheitas, como a antracnose e redução da deterioração e melhoria da qualidade sem afetar o amadurecimento dos frutos (DIÁNEZ et al., 2018). Apesar de não atingir 100% de eficácia sobre o patógeno, o óleo de inajá possui uma atividade inibitória fúngica satisfatória e pode ser utilizado em substituição aos fitopatógenos que já desenvolveram alguma resistência aos fungicidas disponíveis no mercado (RABARI et al., 2017).

7 CONCLUSÃO

O óleo bruto da amêndoa de inajá apresentou conformidade com o preconizado pelo *Codex Alimentarius Commission* e ANVISA quanto aos valores preconizados para índice de acidez, refração e peróxido e elevado teor de ácidos graxos saturados. A farinha da torta da amêndoa de inajá apresentou baixos teores de umidade, e observou-se que o macronutriente majoritário é o carboidrato, destacando-se também os valores elevados de proteínas e lipídeos.

Além disso, o óleo e a farinha de inajá possuem boa estabilidade oxidativa e térmica quando consideradas as temperaturas utilizadas no processamento de alimentos como também uma potencial capacidade antioxidante, sendo uma alternativa como ingrediente funcional no desenvolvimento de produtos alimentícios.

Com relação à atividade antimicrobiana, o óleo demonstrou ação contra as bactérias *S. aureus*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *B. cereus* e *E. faecium* e os fungos *A. niger* e *C. siamenses*, podendo ser empregado na formulação de revestimentos comestíveis para melhoria da qualidade e aumento da vida útil de frutos, nanopartículas e nanoemulsões para potencializar sua propriedade bioativa.

O aproveitamento de fontes naturais e sustentáveis, como o óleo e a farinha da torta da amêndoa de inajá, pode contribuir para a redução dos impactos ambientais, promoção da saúde dos consumidores, agregação de valor aos produtos regionais, podendo ser explorados como nova possibilidade no desenvolvimento de alimentos funcionais sustentáveis a partir de subprodutos de palmeiras.

REFERÊNCIAS

- ALSHUBAILY, F.A. Enhanced antimycotic activity of nanoconjugates from fungal chitosan and *Saussurea costus* extract against resistant pathogenic *Candida* strains. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 141, n. 1, p. 499-503, 2019.
- ALVES, E.G. *et al.* Estudo comparativo de técnicas de screening para avaliação da atividade antibacteriana de extratos brutos de espécies vegetais e de substâncias puras. **Química Nova**, v. 31, n. 1, 1224-1229, 2008.
- ALVES, W.F. *et al.* Características físico-químicas de óleos essenciais de plantas da região do Vale do Juruá. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 534-546, 2015.
- ANTONIASSI, R. *et al.* Rendimento em óleo e composição em ácidos graxos de frutos de *Attalea maripa*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2015, Búzios. **Anais [...]**. Búzios: Sociedade Brasileira de Processamento de Frutas e Hortaliças, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136884/1/30-6301-1.pdf>
- ANZAKU, A.A. *et al.* Antibacterial activity of lauric acid on some selected clinical isolates. **Annals of Clinical and Laboratory Research**, v. 5, n. 2, p. 170-175, 2017.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. Champaign: AOCS Press; 2009.
- ARAÚJO, M.G.P.; LEITÃO, A.M.; MENDONÇA, M.S. Morfologia do fruto e da semente de inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart) – Palmae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 31-38, 2000.
- ARAÚJO, M.J.S.M. *et al.* Estudo da composição físico-química dos óleos de babaçu e buriti. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2., 2016, Natal. **Anais [...]**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016. https://editorarealize.com.br/editora/anais/conepetro/2016/TRABALHO_EV052_MD4_SA11_ID606_24062016182712.pdf. Acesso em 1 set. 2021.
- ARAÚJO, A.J.B. *et al.* Caracterização físico-química e perfil lipídico da semente de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.). **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, v. 2, n. 3, p. 14-22, 2019.
- AZEVEDO, E.P.P. *et al.* Fatty acid in raw and heated coconut oil in eleven coconut oil food preparations analysed by gas chromatography. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 24, n. 1, 1-7, p. 2021.
- BARBI, R.C.T. *et al.* Eriobotrya japonica seed as a new source of starch: Assessment of phenolic compounds, antioxidant activity, thermal, rheological and morphological properties. **Food Hydrocolloids**, v. 77, n. 4, p. 646–658, 2018.

BARBI, R.C.R. *et al.* Ripe and unripe inajá (*Maximilia maripa*) fruit: A new high source of added value bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 331, n. 11, p. 1-35, 2020.

BAI, G.; MA, C.; CHEN, X. Phytosterols in edible oil: Distribution, analysis and variation during processing. **Grain & Oil Science and Technology**, v. 4, n. 1, p. 33-44, 2021.

BARBOSA, J.E.P.; ROCHA, V.R.; PEITER, A.S. Extração de óleo do ouricuri (*syagrus coronata*) utilizando a prensagem mecânica. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 6, p. 3458-3466, 2020.

BAUER, L.C. *et al.* Physicochemical and thermal characterization of babassu oils (*Orbignya phalerata* Mart.) obtained by different extraction methods. **Food Research International**, v. 137, n. 1, p. 1-9, 2020.

BELON, D.L. *et al.* Dietary high-oleic-acid soybean oil: Effects on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of lambs. **Applied Animal Science**, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2021.

BENTO, J.A.C. *et al.* Functional, thermal, and pasting properties of cooked carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **Applied Food Research**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2022.

BIBLIA, N.T. Isaías 41:10. Português. In: **Bíblia Sagrada: Edição pastoral**. Tradução de José Luiz Gonzaga do Prado. Brasília: Editorial Paulus, 1990, p. 935.

BOSE, R. *et al.* Potential oil resources from underutilized seeds of *Sterculia foetida*, L. - Quality assessment and chemical profiling with other edible vegetable oils based on fatty acid composition, oxidative stability, antioxidant activity and cytotoxicity. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 33, n. 1, p. 1-7, 2021.

BRASIL. ANVISA RDC N° 270. **Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e cremes vegetais**, 2005. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/82d8d2804a9b68849647d64600696f00/RDC_n_270.pdf>. Acesso em: 01 set 2021.

BRAND-WILLIAMS, W. *et al.* Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRITO, E.J. **Produtos florestais não madeireiros vegetais e a subsistência da comunidade ribeirinha paricatuba, município de Ponta de Pedras, Pará**. 2018. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Paragominas, 2018.

CABRAL, C.E.; KLEIN, M.R.S.T. Phytosterols in the treatment of hypercholesterolemia and prevention of cardiovascular diseases. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 109, n. 5, p. 475-482, 2017.

CAKALOGLU, B.; OZYURT, V.H.; OTLES, S. Cold press in oil extraction. A review

Ukrainian Food Journal, v. 7, n. 4, p. 640-654, 2018.

CARVALHO, A.C.O. **Características físico-químicas de óleos vegetais comestíveis puros e adulterados**. 2017. 79f. Monografia (Licenciatura em Química) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2017.

CASTILHO-ALMEIDA, E.W.; DOS SANTOS, H.F.; MIRANDA, A.M.; JORIO, A.; FERREIRA, E.H.M.; ACHETE, C.A.; ARMOND, R.A.S.Z.; ANCONI, C.P.A.; ALMEIDA, W.B. Estudo teórico e experimental de espectros infravermelho de ésteres de ácido graxo presentes na composição do biodiesel de soja. **Química Nova**, v. 35, n. 9, p. 1752-1757, 2012.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex standard for named vegetable oils**. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2017.

CONTRERAS-GÁMEZ, M.M.; GÓMEZ-CARAVACA, A.M.G. Underutilized sources of carotenoids. **Carotenoids: Properties, Processing and Applications**, v. 1, n. 1, p.107-147, 2020.

COSTA, A. G. V.; SABARENSE, C. M. Modulação e composição de ácidos graxos do leite humano. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 3, p. 445–457, 2010.

COSTA, P.A. *et al.* Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 43, n. 6, p. 1603-1606, 2010.

COSTA, W.A. *et al.* Supercritical CO₂ extraction and transesterification of the residual oil from industrial palm kernel cake with supercritical methanol. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 147, n. 1, p. 179-187, 2019.

CHIARELI, C.A. *et al.* Desenvolvimento de um bolo rico em fibras solúveis enriquecido com chia. **Revista Ciências Nutricionais Online**, v.1, n.1, p.46-52, 2017.

DELSHADI, R. *et al.* Micro and nano-encapsulation of vegetable and essential oils to develop functional food products with improved nutritional profiles. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 7, p. 1-27, 2020.

DIÁNEZ, F. *et al.* Screening of antifungal activity of 12 essential oils against eight pathogenic fungi of vegetables and mushroom. **Letters in Applied Microbiology**, v. 67, n. 4, p. 400-410, 2018.

DU, X. *et al.* Effects of different extraction methods on structure and properties of soluble dietary fiber from defatted coconut flour. **Food Science and Technology**, v. 143, n. 1, p. 1-11, 2021.

DUARTE, O.R. **Avaliação quantitativa e análise dos parâmetros biológicos, químicos e físico-químicos de frutos de *Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude (Inajá) como subsídio ao estudo do potencial oleífero de populações**

promissoras para o Estado de Roraima. 2008.166 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

DUHAN, J.S. *et al.* Solid-state fermented peanut press cake:assessment of biochemical properties, mineral bioavailability, and its application in sweetened yogurt cheese. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 29, n. 1, p. 1-9, 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo orgânico de hortaliças em babuçuais**. Brasília: EMBRAPA, 2014. 50 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Colheita antecipada do inajá garante o teor de óleo das amêndoas**. Brasília: EMBRAPA, 2020.

FERREIRA, B.S.; FAZA, L.P.; HYARIC, L. A comparison of the physicochemical properties and fatty acid composition of indaiá (*Attalea dubia*) and babassu (*Orbignya phalerata*) oils. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2012.

FERNANDEZ, I.M. *et al.*, Oil in inajá pulp (*Maximiliana maripa*): Fatty acid profile and anti-acetylcholinesterase activity. **The Electronic Journal of Chemistry**, v. 8, n. 2, p. 1-4, 2016.

FIGUEIREDO, A.R.; SILVA, L.R.; MORAIS, L.A.S. Sensibilidade do *Colletotrichum gloeosporioides* do maracujazeiro a óleos essenciais. **Revista Desafios**, v. 8, n. 2, p. 20-30, 2021.

FILHO, A.C.P.M. *et al.* Avaliação química e atividades antioxidante e antifúngica dos óleos essenciais dos frutos verdes e maduros de *Zanthoxylum rhoifolium* (Lam.). **Revista Arquivos Científicos**, v. 3, n. 1, p. 171-180, 2020.

FISCHER, C.L. Antimicrobial activity of host-derived lipids. **Antibiotics**, v. 9, n. 2, p. 1-17, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **OECD-FAO agricultural outlook**. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris, 2015.

FLAUZINO, C.A.O. **Avaliação do potencial nutricional e antioxidante de resíduos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) obtidos após extração do óleo**. 2020. 53 f. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Universidade Estadual Paulista, Assis, 2020.

FREITAS, R. F. **Relação entre o índice de qualidade da dieta de nutrízes e o perfil de ácidos graxos do leite materno**. 2016. 144 f. Dissertação (Mestrado profissional em Saúde, Sociedade e Ambiente) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

FREITAS, L.C. *et al.* From waste to sustainable industry: How can agro-industrial wastes help in the development of new products?. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 169, n. 1, p. 1-14, 2021.

GARCIA-MENDOZA, M.P. *et al.* Recovery and antioxidant activity of phenolic compounds extracted from walnut press-cake using various methods and conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 167, n. 1, p. 1-12, 2021.

GARDETTE, J.L.; BABA, M. FTIR and DSC studies of the thermal and photochemical stability of *Balanites aegyptiaca* oil (Toogga oil). **Chemistry and Physics of Lipids**, v. 1, n. 170, p. 1-7, 2013.

GOKSEN, G; EKIZ, H.I. Use of aniseed cold-pressed by-product as a food ingredient in muffin formulation. **Food Science and Technology**, v.148, n. 1, p. 1-8, 2021.

GOMES, J.P. *et al.* Efeitos dos gradientes ambientais na fitossociologia de assembleias de palmeiras no sudoeste de Roraima, Brasil. **Nativa**, v. 4, n. 5, p. 317-327, 2016.

GOUVEIA, D.S. *et al.* Potencial nutricional e perfil lipídico do óleo da amêndoa do coco catolé (*Syagrus oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 1-6, 2018.

GUERRERO, M.R.B. *et al.* Thermogravimetric study on the pyrolysis kinetics of apple pomace as waste biomass. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 39, n. 1, p. 16619-16627, 2014.

GUIMARÃES, A.R.D.; SCHNEIDER, L.C. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) oriundas do Município de São Desidério – BA. **Brazilian Journal of health Review**, v. 3, n. 6, p. 16820-16829, 2020.

GUIMARÃES, R.M. *et al.* Evaluating technological quality of okara flours obtained by different drying processes. **Food Science and Technology**, v. 123, n. 1, p. 1-8, 2020.

GUO, Q. *et al.* Essential oils encapsulated by biopolymers as antimicrobials in fruits and vegetables: A review. **Food Bioscience**, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2021.

GHAZANFARI, N. *et al.* Microwave-assisted hydrodistillation extraction of essential oil from coriander seeds and evaluation of their composition, antioxidant and antimicrobial activity. **Heliyon**, v. 6, n. 9, p. 1-9, 2020.

GROSSHAGAUER, S.; STEINSCHADEN, R.; PIGNITTER, M. Strategies to increase the oxidative stability of cold pressed oils. **Food Science and Technology**, v. 106, n. 1, p. 72-77, 2019.

HADARUGA, D.I. *et al.* Thermal and oxidative stability of the *Ocimum basilicum* L. essential oil/ β -cyclodextrin supramolecular system. **Beilstein Journal of Organic Chemistry**, v. 10, n. 1, p. 2809-2820, 2014.

HECK, R.T. *et al.* Microencapsulation of healthier oils: an efficient strategy to improve the lipid profile of meat products. **Current Opinion in Food Science**, v. 40, n. 8, p. 6-12, 2021.

HERCULANO, L.S. *et al.* The correlation of physicochemical properties of edible vegetable oils by chemometric analysis of spectroscopic data. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 245, n. 1, p. 1-6, 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. ed 4. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JANPORN, S. *et al.* Physicochemical properties of Terminalia catappa seed oil as a novel dietary lipid source. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 23, n. 1, p. 201-209, 2015.

KARAMAN, S. *et al.* Recovery potential of cold press byproducts obtained from the edible oil industry: Physicochemical, bioactive, and antimicrobial properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 8, p. 2305–2313, 2015.

KASEKE, T. *et al.* Fatty acid composition, bioactive phytochemicals, antioxidant properties and oxidative stability of edible fruit seed oil: effect of preharvest and processing factors. **Heliyon**, v. 6, n. 9, p. 1-15, 2020.

KRISCH, J. *et al.* Essential oils against yeasts and moulds causing food spoilage. **Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances**, v. 1, n. 1, p. 1135-1142, 2011.

LEÃO, L.L. **Desenvolvimento de produto potencialmente funcional: hambúrguer de carne de frango adicionado de óleo de buriti**. 2017, 57 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2017.

LI, X. *et al.* Review of NIR spectroscopy methods for nondestructive quality analysis of oilseeds and edible oils. **Trends in Food Science & Technology**, v. 101, n. 1, p. 172-181, 2020.

LI, Y. *et al.* Rheological and thermal properties of oat flours and starch affected by oat lipids. **Journal of Cereal Science**, v. 102, n. 1, p. 1-7, 2021.

LIMA, E.M.F. *et al.* Microencapsulamento por spray dryer de antocianinas de Jussara (*Euterpe edulis* Martius) com maltodextrina em diferentes concentrações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado. **Anais...** Rio Grande do Sul: Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos, 2016. p. 1-6.

- MA, G.B.; CHEN, X. Phytosterols in edible oil: Distribution, analysis and variation during processing. **Grain & Oil Science and Technology**, v. 4, n. 1, p. 33-44, 2021.
- MAJCHRZAK, T. *et al.* Electronic noses in classification and quality control of edible oils: A review. **Food Chemistry**, v. 246, n. 25, p.192-201, 2018.
- MAKI, K.C. *et al.* Corn oil improves the plasma lipoprotein lipid profile compared with extra-virgin olive oil consumption in men and women with elevated cholesterol: Results from a randomized controlled feeding trial. **Journal of Clinical Lipidology**, v. 9, n. 1, p. 49-57, 2015.
- MANCINE, A. *et al.* Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: Effects on health. **Molecules**, v. 20, n. 1, p. 17339-17361, 2015.
- MANZOOR, M.; SINGH, J.; GANI, A. Characterization of apple (*Malus domestica*) seed flour for its structural and nutraceutical potential. **Food Science and Technology**, v. 151, n. 1, p. 1-9, 2021.
- MATOS, A.K.M.G. **Biometria e morfologia de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. (Inajá) em sistema silvipastoril no nordeste paraense**. 2010. 90f. Dissertação (Mestrando em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2010.
- MATOS, A.K.M.G. *et al.* Morfotipos de frutos e morfologia de plântulas de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart.¹. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 819-829, 2017.
- MELO, A.M. *et al.* Valorization of the agro-industrial by-products of bacupari (*Garcinia brasiliensis* (Mart.)) through production of flour with bioactive properties. **Food Bioscience**, v. 45, n. 1, p. 1-9, 2022.
- MODOLO, V.A. **Palmitos da flora brasileira**. 2017.
http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/PAL18.pdf. Acesso em: 01 set. 2020.
- MORENO-GONZÁLEZ, D. *et al.* Determination of carbamates in edible vegetable oils by ultra-high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry using a new clean-up based on zirconia for QuEChERS methodology. **Talanta**, v. 128, n. 1, p. 299-304, 2014.
- MOZOMBITE, D.M.S. **Avaliação química, físico-química e ensaios biológicos do óleo da polpa de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) Arecaceae**. 2016. 93 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2016.
- MUIK, B. *et al.* Two-dimensional correlation spectroscopy and multivariate curve resolution for the study of lipid oxidation in edible oils monitored by FTIR and FT-Raman spectroscopy. **Analytica Chimica Acta**, v. 593, n. 1, p. 54–67, 2007.

MUNIR, S. *et al.* Thermal analysis and devolatilization kinetics of cotton stalk, sugar cane bagasse and shea meal under nitrogen and air atmospheres. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 1, p. 1413-1418, 2009.

NASCIMENTO, A.K.C.L. **Seleção de lipase microbiana para aplicação em reações de hidrólise e de esterificação do óleo da amêndoa de inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) visando produção de biodiesel**. 2015. 105 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

NAGAISHI, T.Y.R. *et al.* Use of the inajá stipe (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.) for the generation of bioenergy¹. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 3, p. 507-517, 2019.

NÁTHIA-NEVES, G.; ALONSO, E. Valorization of sunflower by-product using microwave-assisted extraction to obtain a rich protein flour: Recovery of chlorogenic acid, phenolic content and antioxidant capacity. **Food and Bioprocess Processing**, v. 125, n. 1, p. 57-67, 2021.

NETO, J.R.C.; SILVA, S.M. Caracterização física e físico-química de frutos de *Spondias dulcis* Parkinson de diferentes microrregiões do Estado da Paraíba. **Colloquium Agrarie**, v. 15, n. 2, p. 18-28, 2019.

NUNZIO, M.D. *et al.* Olive oil by-product as functional ingredient in bakery products. Influence of processing and evaluation of biological effects. **Food Research International**, v. 131, n. 1, p. 1-11, 2020.

OLIVEIRA, R.A.D. *et al.* Storage, oil quality and cryopreservation of babassu palm seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 91, n. 1, p. 332-339, 2016.

OLIVEIRA, R.M.M. *et al.* Óleo de buriti: Índice de qualidade nutricional e efeito antioxidante e antidiabético. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 1, p. 2-12, 2020.

OLIVEIRA, N.A. *et al.* Composition and physical properties of babassu seed (*Orbignya phalerata*) oil obtained by supercritical CO₂ extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 150, n. 1, p. 21-29, ago. 2019.

OSUNA, M.B. *et al.* Proximal composition, sensorial properties and effect of ascorbic acid and α - tocopherol on oxidative stability of bread made with whole flours and vegetable oils. **Food Science and Technology**, v. 98, n. 1, p. 54-61, 2018.

OZCAN, M.M. *et al.* Effect of cold-press and soxhlet extraction on fatty acids, tocopherols and sterol contents of the *Moringa* seed oils. **South African Journal of Botany**, v. 124, n. 2, p. 333-337, 2019.

PASSOS, M. A. B.; DUARTE, O. R.; YUYAMA, K. Morphometric characterization of *Attalea maripa* (Arecaceae) from Roraima State, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v.6, n.12, p.115-125, 2014.

PELISSARI, F.M. *et al.* Isolation and characterization of the flour and starch of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). **Starch**, v. 64, n. 5, p. 382-391, 2012.

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

PINTO, R.H.H. *et al.* Extraction of bacaba (*Oenocarpus bacaba*) oil with supercritical CO₂: Global yield isotherms, fatty acid composition, functional quality, oxidative stability, spectroscopic profile and antioxidant activity. **Grasas y Aceites**, v. 69, n. 2, p. 246-253, 2018.

PIRES, H.C.G. *et al.* Padrão Fenológico de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. em áreas de pastagens na Amazônia Oriental. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 170-179, 2016.

PONTES, F.B.; JÚNIOR, O.T.M.; SOUZA, M.C. Avaliação da estabilidade oxidativa do óleo de inajá. In: SILVA-MATOS, R.R.S. *et al.* (org.). **Ciências Exatas e da Terra: Exploração e qualificação de diferentes tecnologias**. Ponta Grossa: Editora Atena, 2020. cap. 12, p. 151-158.

PU, S. *et al.* Dietary high oleic canola oil supplemented with docosahexaenoic acid attenuates plasma proprotein convertase subtilisin kexin type 9 (PCSK9) levels in participants with cardiovascular disease risk: A randomized control trial. **Vascular Pharmacology**, v. 87, n. 1, p. 60-65, 2016.

RABARI, D.K. *et al.* Lock and key share-based random grid visual secret sharing scheme for grayscale and color images with two decoding options. **International Journal of Fruit Science**, v. 18, n. 1, p. 1-13, 2017.

RABONATO, L.C. *et al.* Extração do óleo de amêndoas de girassol alto oléico por prensagem a frio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 2016, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/955.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

RAMADAN, K. *et al.* Orange peel fixed oil (*Citrus sinensis* “valencia”), physiochemical properties, fatty acids profile, potential uses and the effect of environmental factors on it. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 24, n. 1, p. 91-98, 2018.

RADUNZ, M. *et al.* Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (*Syzygium aromaticum*, L.) essential oil. **Food Chemistry**, v. 276, n. 2, 180-186, 2019.

RASERA, G.B. *et al.* Biologically active compounds from white and black mustard grains: An optimization study for recovery and identification of phenolic antioxidants. **Industrial Crops and Products**, v. 135, n. 1, p. 294-300, 2019.

RESENDE, L.M. *et al.* Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. **Food Chemistry**, v. 270, n. 2, p. 53-60, 2019.

RODRIGUES, I.J.P. **Extração e determinação do perfil cromatográfico dos óleos do mesocarpo e da amêndoa do fruto inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart., *Arecaceae***. 2019. 45 p. Monografia (Licenciatura em Ciências Naturais: Biologia) – Universidade Federal do Maranhão, Pinheiro, 2019.

ROMANO, R. *et al.* Oxidative stability of high oleic sunflower oil during deep-frying process of purple potato *Purple Majesty*. **Heliyon**, v. 7, n. 3, p. 1-9, 2021.

RUIZ RUIZ, J.C. *et al.* Encapsulation of vegetable oils as source of omega-3 fatty acids for enriched functional foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 7, p. 1423-1434, 2017.

SAHRAEE, S. *et al.* Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings: A review. **Food Bioscience**, v. 32, n. 12, p. 1-8, 2019.

SALES, A.R.R. *et al.* Caracterização físico-química do óleo de coco babaçu industrial e artesanal e suas aplicações tecnológicas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 25734-25748, 2020.

SANTIAGO-RAMOS, D. *et al.* Physicochemical properties of nixtamalized black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **Food Chemistry**, v. 240, n. 1, p. 456-462, 2018.

SANTOS, M.F.G. **Qualidade e potencial funcional da porção comestível e do óleo de frutos de palmeiras nativas oriundas do Amapá**. 2012. 170 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.

SANTOS, O.V. *et al.* Yield, nutritional quality, and thermal-oxidative stability of Brazil nut oil (*Bertolletia excelsa* H.B.K) obtained by supercritical extraction. **Journal of Food Engineering**, v. 1, n. 117, p. 499-504, 2013.

SANTOS, M.F.G. *et al.* Quality characteristics of fruits and oils of palm native to the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 1, p.1–6, 2017.

SANTOS, R.E. **Caracterização microbiológica, físico-química e sensorial do queijo coalho caprino adicionado de óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia organoides* Cham.)**. 2017. 60 f. Monografia (Bacharelado em Gastronomia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

SANTOS, O.V. *et al.* CO₂ supercritical fluid extraction of pulp and nut oils from *Terminalia catappa* fruits: Thermogravimetric behavior, spectroscopic and fatty acid profiles. **Food Research International**, v. 139, n. 1, p. 1-7, 2021.

SELANI, M.M. *et al.* Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. **Meat Science**, v. 112, n. 1, p. 69-76, 2016.

SILVA J.S; BESSA, R.J.B.; SILVA, F.S. Effect of genotype feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. Fatty acid composition of meat. **Livestock Production Science**, v.77, p.187-194, 2002.

SILVA, R. C. *et al.* Composição centesimal do leite humano e caracterização das propriedades físico-químicas de sua gordura. **Química Nova**, v. 30, n. 7, p. 1535, 2007.

SILVA, C.B. *et al.* A importância da ação antioxidante de óleos essenciais em benefício da saúde. **Diversitas Journal**, v. 2, n. 1, p. 52-55, 2017.

SILVA, S. *et al.* Encapsulation of essential oil components with methyl- β -cyclodextrin using ultrasonication: Solubility, characterization, DPPH and antibacterial assay. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 64, n. 6, p. 1-12, 2020.

SILVA, A.P.S. *et al.* Inajá oil processing by-product: A novel source of bioactive catechins and procyanidins from a Brazilian native fruit. **Food Research International**, v. 144, n. 1, p. 1-9, 2021.

SILVA, M.O. *et al.* Preparation and characterization of churro dough with malt bagasse flour. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 1, n. 1, p. 1-29, 2021.

SILVEIRA, V.C.F.; BOLINA, C.O.; FILHO, M.J.P. Caracterização físico-química de óleo de baru proveniente do cerrado sul goiano. In: CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG, 4., 2017, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: Universidade Estadual de Goiás, 2017. Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/issue/view/281>. Acesso em: 20 mai. 2021.

SILVEIRA, V.C.F.; BOLINA, C.O.; FILHO, M.J.P. Caracterização físico-química de óleo de baru proveniente do Cerrado Sul Goiano. In: CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG, 4., 2018, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: Universidade Estadual de Goiás, 2018. Disponível em: [file:///C:/Users/usuario/Downloads/10473-Texto%20do%20artigo-30939-1-10-20180308%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/10473-Texto%20do%20artigo-30939-1-10-20180308%20(2).pdf). Acesso em: 21 set. 2021.

SINGH, T.C. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos e estabilidade de compostos bioativos em óleos de polpa e amêndoa de frutos amazônicos**. 2015. 160f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2015.

SIVAM, A.S. *et al.* Application of FT-IR and Raman spectroscopy for the study of biopolymers in breads fortified with fibre and polyphenols. **Food Research International**, v. 50, n. 1, p. 574-585, 2013.

SOARES, J.F. *et al.* Caracterização do óleo de buriti produzido no Norte de Minas Gerais: parâmetros de qualidade, perfil de ácidos graxos e conteúdo de carotenóides. **Research, Society and Development**, v.10, n. 3, p. 1-9, 2021.

SOBHANI, A. *et al.* Determining the oxidative stability and quality of tiger nut (*Cyperus esculentus*) oil and its antioxidant activity during microwave heating. **Revista Española de Nutrición Humana y Dietética**, v. 22, n. 1, p. 52-63, 2018.

SORKHEH, K.; KIANI, S.; SOFO, A. Wild almond (*Prunus scoparia* L.) as potential oilseed resource for the future: Studies on the variability of its oil content and composition. **Food Chemistry**, v. 212, n. 2, p. 58-64, 2016.

SOUZA, T.S.P. **Extração verde de torta de amêndoa: Otimização, estudo em escala piloto e caracterização da fração protéica**. 2020. 202 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

SOUZA, A.C.S. *et al.* Produção e caracterização de farinha e óleo de resíduo de curimba (*prochilodus lineatus*). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 40711-40730, 2020.

SOUZA, P.G. *et al.* Avaliação físico-química da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) para uso alimentício. **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 2, p. 65-74, 2022.

SUNIL, L. *et al.* Preparation of food supplements from oilseed cakes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 5, p. 2998–3005, 2015.

SMERIGLIO, A. *et al.* Polyphenolic content and biological properties of Avola almond (*Prunus dulcis* Mill. D.A. Webb) skin and its industrial byproducts. **Industrial Crops and Products**, v. 83, p. 283–293, 2016.

STACHIW, R. *et al.* Potencial de produção de biodiesel com espécies oleaginosas nativas de Rondônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 1, p. 81-90, 2016.

SWAMY, M.K. *et al.* Antimicrobial Properties of Plant Essential Oils against Human Pathogens and Their Mode of Action: An Updated Review. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 1, p. 1-21, 2016.

TEIXEIRA, G.L. *et al.* Sapucaia nut (*Lecythis pisonis* Cambess.) flour as a new industrial ingredient: Physicochemical, thermal, and functional properties. **Food Research International**, v. 109, n. 7, p. 572–582, 2018.

TONON, G.C. **Desenvolvimento e avaliação sensorial de cookie integral adicionado de farinha de uva e óleo de semente de uva**. 2019. 39 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

TUREK, C.; STINTZING, F.C. Stability of essential oils: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 1, p. 40-53, 2013.

TRINTIM, L.T. *et al.* Desenvolvimento e aceitação sensorial de requeijão cremoso com adição de óleo essencial de orégano. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research**, v. 21, n. 1, p. 38-42, 2018.

VARGAS, B.C. *et al.* Composição físico-química de farinha de casca e de polpa de banana verde. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., 2012, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2012. Disponível em:

http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2012/. Acesso em: 02 jun. 2021.

VERRUCK, S. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 2 ed. Guarujá: Científica Digital, 2020. 508 p.

VIANA, A.L. *et al.* Pecíolo de inajá (*Maximiliana maripa* [Aubl.] Drud) como fonte de matéria prima para produção de papel na Amazônia. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.18, n.4, p.1512-1520, 2014.

VIEIRA, J.S.C. *et al.* Esterificação e transesterificação homogênea de óleos vegetais contendo alto teor de ácidos graxos livres. **Química Nova**, v. 41, n. 1, p. 10-16, 2018.

XU, H.Y. *et al.* Erratum to: Composition of catalpa ovata seed oil and flavonoids in seed meal as well as their antioxidant activities. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 92, n. 3, p. 361-369, 2015.

XU, D. *et al.* Extraction, purification and antioxidant activity of polysaccharide from cold pressed oil cake of 'Tengjiao' seed. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 163, n. 1, p. 508-518, 2020.

WAGHMARE, A. *et al.* Comparative assessment of algal oil with other vegetable oils for deep frying. **Algal Research**, v. 31, n. 1, p. 99-106, 2018.

WANG, W. *et al.* Chemical composition analysis of seed oil from five wild almond species in China as potential edible oil resource for the future. **South African Journal of Botany**, v. 121, n. 1, p. 274-281, 2019.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington DC: Consumer and Food Economics Research, 1963. (Agriculture Handbook, 8).

WENCESLAU, B.R. *et al.* Guariroba (*Syagrus oleracea*) kernel oil extraction using supercritical CO₂ and compressed propane and its characterization. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 177, n. 2, p. 1-10, 2021.

WINANS, K.; KENDALL, A.; DENG, H. The history and current applications of the circular economy concept. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, n. 1, p. 825-833, 2017.

ZLATANOVIC, S. *et al.* Thermal behaviour and degradation kinetics of apple pomace flours. **Thermochimica Acta**, v. 673, n. 1, p. 17-25, 2019.