

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Ciências Agrárias - UFMG

Programa de Pós-graduação em Alimentos e Saúde

Jefferson Fernandes Soares

**Caracterização e estudo de estabilidade do óleo de amêndoa da macaúba
proveniente do cerrado norte mineiro**

Montes Claros

2024

Jefferson Fernandes Soares

**Caracterização e estudo de estabilidade do óleo de amêndoa da macaúba
proveniente do cerrado norte mineiro**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Saúde da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Saúde.

Orientadora: Profa. Dra. Caroline Liboreiro Paiva.

Montes Claros

2024

Soares, Jefferson Fernandes.

S676c
2024 Caracterização e estudo de estabilidade do óleo de amêndoa da macaúba proveniente do cerrado norte mineiro [manuscrito]/ Jefferson Fernandes Soares. Montes Claros, 2024.
50 f : il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Alimentos e Saúde. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientadora: Caroline Liboreiro Paiva.

Banca examinadora: Ulisses Alves Pereira, Ivan Pires de Oliveira.

Inclui referências: f. 44-50

1. Macaúba -- Teses. 2. Óleo de macaúba -- Teses. 3. Óleos vegetais -- Teses. 4. Alimentos -- Indústria -- Teses. 5. Oxidação -- Teses. 6. Alimentos -- Armazenamento -- Teses. I. Paiva, Caroline Liboreiro. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 665.3

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Reitora: Sandra Regina Goulart Almeida

Vice-reitor: Alessandro Fernandes Moreira

Pró-reitor de Pesquisa: Fernando Marcos dos Reis

Pró-reitora de Pós-graduação: Isabela Almeida Pordeus

CURSO DE MESTRADO EM ALIMENTOS E SAÚDE

Coordenador: Sérgio Henrique Sousa Santos

Subcoordenador: Igor Viana Brandi

Curso de Mestrado em Alimentos e Saúde

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 24 dias do mês de maio de 2024, às 14:00 horas, sob a Presidência da Prof^a Caroline Liboreiro Paiva, Dr. Sc. (Orientadora – UFMG/ICA) e com a participação dos Professores Ivan Pires de Oliveira, Dr. Sc. (UFMG/ICA) e Ulisses Alves Pereira, Dr. Sc. (UFMG/ICA), reuniu-se, por videoconferência, a Banca de defesa de dissertação do Discente **Jefferson Fernandes Soares**, aluno do Curso de Mestrado em Alimentos e Saúde. O resultado da defesa de dissertação intitulada: **“Caracterização e estudo de estabilidade do óleo de amêndoa da macaúba proveniente do cerrado norte mineiro”**, sendo o aluno considerado **aprovado**. E, para constar, eu, Professora Caroline Liboreiro Paiva, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: O aluno somente receberá o título após cumprir as exigências onde o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação ou Tese e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do Colegiado do Programa, com a anuência do orientador, no mínimo 1 (um) exemplar impresso e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação no prazo máximo de 30 (trinta) dias.

Montes Claros, 24 de maio de 2024.

Documento assinado digitalmente



CAROLINE LIBOREIRO PAIVA
Data: 25/05/2024 18:43:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Caroline Liboreiro Paiva
Orientadora

Documento assinado digitalmente



IVAN PIRES DE OLIVEIRA
Data: 25/05/2024 21:04:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ivan Pires de Oliveira
Membro

Documento assinado digitalmente



ULISSES ALVES PEREIRA
Data: 27/05/2024 20:52:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ulisses Alves Pereira
Membro

Dedico esse trabalho a Deus, à minha família e a todos que me ajudaram nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

O caminho até aqui não foi fácil, poucos teriam a coragem de trabalhar em outro município e ousar fazer um mestrado em uma das maiores universidades do país. Mas como nenhuma tarefa em minha vida foi fácil, desistir nunca foi uma opção.

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e garra para finalizar essa etapa da minha vida, e aos meus pais Janete Fernandes e Sebastião Soares por sempre acreditarem em mim, mesmo sem entender a importância desse mestrado em minha vida, estender a mão e apoiar minhas ideias, principalmente por serem o maior exemplo que tenho na minha vida! Amo vocês!

Agradeço a minha irmã Karolaine e meu irmão Alisson, por serem os maiores torcedores que tenho em toda a minha jornada acadêmica e principalmente por me usarem como exemplo de esforço e dedicação, me deram as melhores sobrinhas do mundo Melissa e Vallentina, além do novo Fernandes que está no “forninho”, e até a data dessa dissertação não teve seu sexo revelado. Amo vocês!

Gostaria de agradecer ao Rafael, que é um gênio de tecnologias e designes, um perfeccionista, ajudando sempre nas minhas figuras, gráficos e com meu tão surrado computador que me abandonava do nada e me deixava desesperado. Obrigado por tanto.

Aos amigos que tenho fora e dentro desse meio acadêmico, obrigado por compreenderem a minha ausência devido à rotina de trabalho e estudo. Por me ouvirem falar tantas vezes sobre a dissertação, sobre as análises que eu não conseguia entender, principalmente a Dra. Rafaela por reafirmar sempre minha inteligência quando eu me questionava sobre ela, mesmo de fora, souberam me dar conselhos valiosos e me distrair quando precisei. Tudo ficou mais fácil com a presença de vocês.

Às amigas que fiz nesse mestrado, em especial a Maria Cecília e a Bárbara Clara, companheiras de alguns perrengues no decorrer desse ciclo, só nós sabemos os momentos de desespero e as risadas trocas por choro, ter alguém como apoio nos impede de desabar.

E por último agradeço a minha orientadora, a Dra. Caroline Liboreiro Paiva pelo caminho traçado junto, pelo suporte e ajuda na elaboração desse trabalho, não vou falar que tive a sorte de ter você em meu caminho, pois acredito que foi Deus que me agraciou com isso. Foi muito incentivo, ensino, dúvidas tiradas e parceria, sempre muito solícita em ajudar e pensar junto e isso fez toda diferença!

Gostaria de agradecer por fim aos que não foram citados, mas que mesmo indiretamente participaram deste projeto ou auxiliaram para que eu chegasse até aqui, muito obrigado.

RESUMO

A macaúba é uma palmeira encontrada em todo o país e abundante no cerrado norte mineiro. Com o auxílio de instituições de apoio, as cooperativas têm conseguido processar os frutos nativos da macaúba, por meio da prática do extrativismo sustentável, o qual desempenha um papel crucial na economia local, ao mesmo tempo em que promove a conservação da biodiversidade. O fruto da macaúba é dividido em quatro partes: epicarpo (casca), mesocarpo (polpa), endocarpo e amêndoa. Especificamente a partir da amêndoa obtém-se óleo comestível e farinha para aplicação em doces, produtos de panificação e bebidas. Os objetivos desse estudo foram caracterizar o óleo da amêndoa da macaúba coletada pela Cooperativa dos Trabalhadores Rurais de Riacho D'anta e Adjacências localizada na zona rural de Mirabela, MG e determinar o tempo de vida de prateleira do óleo armazenado em diferentes condições. As amêndoas foram coletadas pelas famílias agroextrativistas e quebradas na fábrica da cooperativa e prensadas a frio a fim de se extrair o óleo, processo este realizado na Cooperativa Agroextrativista Grande Sertão em Montes Claros, MG. O óleo foi caracterizado quanto aos teores de umidade, materiais voláteis, densidade, índice de saponificação, acidez e índice de peróxido. Também foi determinado o perfil de ácidos graxos por cromatografia gasosa acoplada a detector de massas (CG-EM) e ainda foi estudado a sua estabilidade por meio de testes acelerados. O óleo apresentou índice de acidez 1,40 mg KOH/g e de peróxido, 2,82 meq/kg, atendendo ao padrão exigido pela legislação brasileira. Os teores obtidos para umidade, materiais voláteis e densidade foram respectivamente, 1,07%, 0,92 g/mL e 285 mg KOH. Quanto ao perfil de ácidos graxos, a maior fração encontrada foi a do ácido láurico, 47,6%, seguida do ácido oleico, 27,2%. Foi constatado que a melhor condição de armazenamento para o óleo foi com proteção de luz, principalmente na temperatura de 25°C, em que o óleo apresentou uma estabilidade de 551 dias, significativamente prolongada em comparação com o armazenamento sem proteção. Portanto, o óleo produzido em regiões do Norte de Minas Gerais apresentou parâmetros de qualidade satisfatórios, indicando sua viabilidade para uso alimentício, o que contribuirá para a promoção da saúde e para o desenvolvimento regional.

Palavras-Chave: *Acrocomia aculeata*; amêndoa; óleo vegetal; processamento, oxidação, vida de prateleira.

ABSTRACT

The macauba is a palm tree found throughout the country and abundant in the northern savanna of Minas Gerais. With the help of support institutions, cooperatives are able to process native macauba fruits, through the practice of sustainable extraction, or which play a crucial role in the local economy, while promoting biodiversity conservation. The macauba fruit is divided into four parts: epicarp (skin), mesocarp (pulp), endocarp and almond. Specifically from the almond, obtain edible oil and flour for application in sweets, baked goods and drinks. The objectives of this study were to characterize the macauba almond oil collected by the Rural Workers Cooperative of Riacho D'anta and Surroundings located in the rural area of Mirabela, MG. Determine the shelf life of oil stored under different conditions. The almonds were collected by agroextractive families and broken at the cooperative's factory. In the university laboratories, these were separated from the endocarp, bleached and prepared for cold pressing, the process of which was carried out at the Grande Sertão Agroextractive Cooperative in Montes Claros, MG. The oil obtained was characterized in terms of moisture content, volatile materials, density, saponification index, acidity and peroxide index using methodologies 334/IV, 337/IV and 328/IV from the Adolfo Lutz Institute. The fatty acid profile was also determined by gas chromatography coupled to a mass detector (GC-MS). Furthermore, study its stability through accelerated tests. The oil had an acidity value of 1.40 mg KOH/g and a peroxide value of 2.82 meq/kg, meeting the standards required by Brazilian legislation. The levels obtained for moisture, volatile materials and density were, respectively, 1.07%, 0.92 g/mL and 285 mg KOH. Regarding the fatty acid profile, the largest fraction found was lauric acid, 47.6%, followed by oleic acid, 27.2%. Therefore, macauba almond oil has a lauric acid content similar to coconut oil and an important content of oleic acid, a compound that provides several benefits to human health. It was found that the best storage condition for the oil was with light protection, mainly at a temperature of 25°C, in which the oil presented a stability of 551 days, significantly prolonged compared to storage without protection. Therefore, the oil produced in regions in the North of Minas Gerais presented predominant

quality parameters, reducing its predictions for food use, which will contribute to the promotion of health and regional development.

Keywords: *Acrocomia aculeata*; almond; vegetable oil; processing, oxidation, shelf life.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo geral.....	9
2.2 Objetivos específicos	9
3.1 Macaúba	10
3.2 Composição dos lipídios	15
3.3 O óleo da amêndoa da macaúba.....	16
3.3.1 Benefícios para a saúde	17
3.4 Estudo de estabilidade.....	18
3.4.1 Testes acelerados.....	21
4 METODOLOGIA	23
4.1 Caracterização do óleo da amêndoa de macaúba	25
4.2 Análise estatística:	25
5 PRODUTO CIENTÍFICO	26
6 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A busca por fontes alternativas e sustentáveis de óleos vegetais tem ganhado crescente atenção devido às preocupações ambientais e à necessidade de diversificar as matérias-primas para a indústria. A macaúba (*Acrocomiaaculeata*) emerge como uma planta de grande interesse, devido ao seu potencial como fonte de óleo e suas diversas aplicações em setores variados (KOLIAKI et al., 2019).

A macaúba, também conhecida como "bocaiúva" ou "coco-de-espinho", é uma palmeira nativa de regiões tropicais da América do Sul (LORENZI et al., 1996). É conhecida por produzir frutos ricos em óleo, com teor que pode variar de 50% a 70% em peso seco (GONÇALVES, 2019). Esse óleo é uma fonte valiosa de ácidos graxos, predominantemente ácido láurico, ácido mirístico, ácido oleico e ácido linoleico. Além disso, o óleo de macaúba possui uma proporção significativa de ácido láurico, o que lhe confere propriedades interessantes, como estabilidade oxidativa. A presença de compostos bioativos, como tocoferóis, carotenoides e polifenóis, também contribui para suas propriedades nutricionais e antioxidantes (SANT'ANA et al., 2023b).

Em Minas Gerais, a palmeira está presente em todo o Estado, sendo possível encontrá-la dando frutos no meio da mata, mesmo sem nenhum cuidado (LIMA et al., 2023). Quando adubada e com água na quantidade certa, a planta apresenta uma boa produtividade. Esta palmeira se destaca pela sua rusticidade e produtividade, constituindo-se numa promissora fonte de óleo vegetal para a indústria de combustíveis, cosmética e alimentícia. Além do óleo, o processamento dos frutos da macaúba gera co-produtos de grande valor agregado. Os farelos da polpa (mesocarpo) e da amêndoa (endosperma) podem ser utilizados na indústria alimentícia humana e animal, e o endocarpo pode ser empregado na fabricação de carvão vegetal (LIEB et al. 2019).

O óleo da amêndoa da macaúba apresenta características químicas distintas de outros óleos vegetais convencionais, tornando-o um material de grande potencial para aplicações diversas. Sua composição balanceada de ácidos graxos saturados e insaturados, aliada à alta estabilidade térmica e oxidativa, o torna adequado para usos culinários e industriais (SCHEX et al. 2018). Além disso, a presença de ácido láurico confere ao óleo propriedades semelhantes às do óleo de coco, ampliando suas aplicações na indústria de alimentos, cosméticos e produtos de cuidados

peçoais(FIGUEIREDO et al., 2018).Esse perfil sugere que o consumo do óleo obtido da amêndoa de macaúba pode ser saudável. No entanto, a composição do óleo pode ser diferente de acordo com fatores genéticos e fatores abióticos como luz, temperatura, precipitação, nutrição, estação, época e técnicas de colheita (SINGER et al., 2016).

As aplicações do óleo da amêndoa da macaúba são diversas e abrangem vários setores industriais devido as suas propriedades nutritivas e hidratantes, destacando-se seu uso *in natura* para temperos de saladas. Já no setor de cosméticos, as propriedades hidratantes e antioxidantes do óleo podem ser aproveitadas em formulações de cremes, loções e produtos de cuidados com os cabelos (SANT' ANA et al., 2024).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar e avaliar a estabilidade do óleo da amêndoa da macaúba coletada por uma cooperativa agroextrativista do norte mineiro.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o óleo da amêndoa de macaúba produzida pela Cooperriachão;
- Determinar o tempo de vida de prateleira do óleo armazenado em diferentes condições;
- Determinar uma melhor forma de armazenamento/embalagem do óleo;
- Reportar os resultados do estudo à cooperativa agroextrativista.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Macaúba

A Macaúba *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart (VIANNA, 2016) é uma palmeira oleaginosa que ocorre naturalmente nas Américas Central e do Sul, com maiores concentrações no Brasil, nas regiões do Sudeste e Centro-Oeste. É uma planta arbórea, podendo chegar de 10 a 15 metros de altura, apresentando caule de 30 a 45 cm de diâmetro em média, coberto por espinhos escuros, apresentando, geralmente, de 20 a 30 folhas, como representado na Figura 1 (GONÇALVES, 2019). Uma única planta produz de 2 a 8 cachos, sendo que o número de frutos por cacho varia de 250 a 500, o que resulta em 25.000 a 40.000 kg de frutos / ha / ano. Na maioria das plantas, a primeira frutificação ocorre entre 4 a 6 anos depois do plantio, havendo plantas que, mesmo antes de atingir seu desenvolvimento completo, já frutificam. Isso ocorre na maioria das vezes entre os meses de agosto e meados de novembro, com pico de florada em novembro. Possui vida útil de exploração superior a 25 anos (GONÇALVES, 2019).

Figura 1: Palmeiras de macaúba.



Fonte: Autor, 2023.

A planta da macaúba pode ter a vantagem de ser mais resiliente em regiões tropicais secas e em solos de pior qualidade (EVARISTO et al., 2016). O potencial da macaúba para ser incorporada em sistemas de agroextrativismo também contribui para a sustentabilidade da cadeia produtiva, considerando o alto rendimento dessa oleaginosa, a seleção de culturas comerciais merece uma investigação mais aprofundada (EVARISTO et al., 2016).

O fruto da macaúba é liso e, quando maduro, apresenta coloração marrom-amarela, com dimensionamento esférico ou ligeiramente achatado, medindo entre 3,5 – 5,0 cm de diâmetro (COLOMBO, 2017) (Figura 2). Seu endocarpo é rígido e fortemente aderido ao mesocarpo (polpa) e contém uma amêndoa oleaginosa e comestível, apresentando em seu interior de um a três embriões viáveis. Sua polpa é amarela, rica em óleo, fibra e mucilagem (substância gelatinosa, que reage com a água, aumentando o volume e formando uma solução viscosa, presente em diversas plantas, cuja função é reter a água), sendo também comestível (COLOMBO, 2017) (Figura 2).

Os subprodutos gerados após a extração do óleo vegetal da macaúba podem ter diversas utilizações (Figura 2), especialmente as frações do mesocarpo, epicarpo e endosperma. Por outro lado, o endocarpo da fruta pode ser empregado na produção de carvão vegetal e como bio-solvente para remoção de metais pesados em águas residuárias (MEYER, 2013).

O uso econômico das plantas nativas pelas populações locais normalmente se dá pelo extrativismo. O extrativismo consiste basicamente nas atividades de coleta e extração de produtos naturais, sejam estes de origem animal, vegetal ou mineral, onde os recursos úteis são retirados diretamente da sua área de ocorrência natural para consumo próprio e/ou para serem comercializados (EMBRAPA, 2014).

Neste contexto, o Semiárido Mineiro e seu entorno, que compreende 188 municípios, caracteriza-se por apresentar os biomas: Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica. Estes biomas possuem grande quantidade e diversidade de espécies nativas com expressivo potencial extrativista: são sementes, flores, frutas, folhas, raízes, cascas, látex, óleos e resinas que possuem inúmeras utilidades para as pessoas, como alimentação, remédios, utensílios, ferramentas e artesanatos. Todos estes produtos além de contribuir para a sobrevivência das comunidades tradicionais, muitas vezes ajudam na geração de renda para os agroextrativistas (OLIVEIRA, 2010).

Figura 2: Fruto da macaúba e aplicações.



Fonte: Adaptado de SOARES, 2019.

No período da safra de cada espécie, muitas famílias de produtores rurais, moradores de agrovilas ou da periferia das cidades, reduzem as demais atividades para se dedicarem ao extrativismo, o que lhes garante durante um período de poucos meses um rendimento, às vezes, superior aos rendimentos das demais atividades realizadas durante o ano (FARIAS, 2010). Quando estas comunidades se organizam em associações ou cooperativas estruturadas com unidades de beneficiamento, elas se encarregam do processamento de frutos nativos e outros produtos da agricultura familiar. Os resultados incluem a melhoria da renda dos produtores e a adequação da relação produtores-meio ambiente, sendo que a responsabilidade de cada um com a preservação ambiental resgatou a autoestima da população em relação aos saberes tradicionais, segundo pesquisa de Oliveira (2010).

Algumas dessas associações e cooperativas, com o auxílio das instituições de apoio (universidades, organizações não governamentais e centros de pesquisas), têm conseguido processar os frutos nativos fabricando produtos de boa qualidade que estão conquistando uma clientela no mercado nacional e em alguns casos até internacional.

Contudo, Este se diferencia do extrativismo predatório, basicamente, porque o primeiro não destrói as fontes de renovação do recurso natural explorado, mantendo assim, os processos ecológicos, enquanto o extrativismo predatório, que geralmente é praticado pelos atravessadores ou catadores informais, causa danos severos ao recurso natural explorado reduzindo a capacidade de resiliência desse sistema natural (EMBRAPA, 2014).

A lei nº 19.485 que foi sancionada em 13 de janeiro de 2011 pelo Governo de Minas Gerais, conhecida como lei Pró-Macaúba, tem como objetivo principal o incentivo ao uso e ao manejo racional da palmeira. Além de promover a integração das comunidades que tradicionalmente a explora e de transformar as atividades em alternativa para a agricultura familiar e para o agronegócio, obedece aos requisitos para a sustentabilidade ambiental (MINAS GERAIS, 2011). Instituiu também o incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba. Segundo Rodrigues (2021), tal lei abriu portas e facilitou o incremento da renda anual das famílias mineiras que pretendiam trabalhar com a macaúba; criando mecanismos para que as comunidades organizassem cooperativas, ou outra forma associativa, para a utilização das áreas de reserva legal existentes em suas propriedades para a coleta de frutos da macaúba e das demais palmeiras oleaginosas existentes. Portanto, é importante os estudos que aumentem a qualidade e o valor agregado dos subprodutos da macaúba, deixando-os em conformidade com o mercado e atendendo às legislações pertinentes.

De outra forma, os consumidores têm demonstrado uma demanda crescente por produtos naturais que tendem a estar associada aos benefícios à saúde obtidos a partir de diversas classes de compostos bioativos (SCHNEIDER et al., 2018). Nesse sentido, segundo Sant'Ana et al. (2023), a macaúba tem grande potencial para atuar na prevenção ou redução de diversas patologias que possuem grande impacto na saúde, como doenças cardiovasculares dentre outras, por apresentar em sua composição alto teor de lipídeos, rico em ácido oleico, além de fibra, proteínas (Tabela 1) e compostos bioativos, como carotenoides e tocoferol.

Além de lipídios, outros nutrientes se destacam na composição química da amêndoa de macaúba: proteínas, fibras e minerais (SANT'ANA et al., 2023). A concentração de proteína da amêndoa é maior que na polpa (Tabela 1). Este teor de proteínas na amêndoa da macaúba é semelhante ao teor de proteínas de outros vegetais

como o amendoim (27,70%) (GRANDE et al., 2016), sendo um indicativo de excelente fonte de proteínas vegetais. Segundo SANT'ANA et al. (2024), a amêndoa da macaúba apresenta altos níveis de arginina e glutamato. Essas proteínas são fontes de aminoácidos essenciais, pois são ricas em metionina, cisteína, valina e leucina. Além disso, as proteínas da amêndoa da macaúba apresentam digestibilidade *in vitro* semelhante à caseína (COLOMBO, 2017). Também não apresentam níveis detectáveis de fatores antinutricionais (LOPES et al., 2022). Em relação ao teor de fibras, os frutos da macaúba geralmente contêm uma quantidade moderada de fibras dietéticas, é importante notar que a concentração específica de fibras pode variar dependendo do estágio de maturação do fruto e das condições de cultivo (EVARISTO et al., 2016). As fibras dietéticas são essenciais para a saúde digestiva, além de contribuir para a saúde do coração e do controle do açúcar no sangue. Embora a macaúba possa não ser tão rica em fibras como outras frutas ou vegetais, ainda pode fornecer uma contribuição valiosa para a ingestão diária de fibras quando consumida como parte de uma dieta equilibrada (LESCANO et al., 2015).

Ramos et al. (2008) realizaram análises comparativas do conteúdo mineral dos frutos da macaúba e comparou com outras frutas tropicais (abacate, abacaxi, banana, mamão, maracujá, melão e tangerina) conforme demonstrado na Tabela 2. Hiane et al. (2006) encontraram teores de cálcio e potássio elevados na polpa e macaúba. Na amêndoa de macaúba, os teores de fósforo, potássio e magnésio foram maiores que os encontrados na polpa.

Tabela 1 - Composição centesimal de polpa e amêndoa de macaúba (% em base seca)

	Polpa	Castanha
Umidade	4,20 – 5,98	2,52 – 4,97
Cinzas	1,50 – 2,17	1,86 – 2,08
Proteína	5,31 – 6,72	16,44 – 28,61
Lipídio	23,00 – 42,00	46,00 – 65,00
Fibra dietética total	13,89 – 20,26	12,49 – 15,81
Carboidrato	6,22 – 6,92	5,81 – 6,06

Fonte: Adaptado de (LESCANO et al., 2015); (EVARISTO et al., 2016); (COIMBRA et al., 2011)

Tabela 2: Minerais presentes na macaúba e em diversos frutos

Parâmetros	100 g de amostra <i>in natura</i>							
	macaúba	abacate	abacaxi	banana	mamão	maracujá	melão	tangerina
Cálcio (mg)	61,96	123,94	76,44	66,71	55,41	44,51	14,69	478,98
Potássio (mg)	766,37	236,70	285,87	300,92	263,52	178,40	110,39	598,36
Sódio (mg)	3,74	76,75	62,63	24,27	53,24	43,77	8,54	77,76
Ferro (mg)	7,81	2,18	0,71	1,26	1,10	0,89	0,40	4,77
Magnésio (mg)	1,38	26,24	26,79	29,96	24,52	27,82	13,27	159,59
Zinco (mg)	6,02	1,24	0,45	1,00	0,56	0,56	0,23	2,83
Cobre (mg)	2,43	0,18	0,11	0,10	0,11	0,11	0,07	0,58

Fonte: Adaptado de (RAMOS et al., 2008); (GONDIM, 2005)

3.2 Composição dos lipídios

Os lipídios, ou gorduras, constituem uma classe heterogênea de compostos orgânicos essenciais para a vida, desempenhando papéis fundamentais em várias funções biológicas. Uma das principais formas de lipídios são os triglicerídeos, compostos por uma molécula de glicerol esterificada a três ácidos graxos. A composição específica dos ácidos graxos presentes nos triglicerídeos influencia suas propriedades físicas e fisiológicas, impactando diretamente a saúde humana (MAGGI, 2018).

Os AG (Ácidos Graxos) são ácidos carboxílicos com cadeias de hidrocarbonetos que variam mais comumente entre de 12 e 22 carbonos. Sua nomenclatura depende da quantidade de carbonos e de insaturações na cadeia, que podem ser curta, média, longa ou muito longa ou ainda, saturadas ou insaturadas (mono ou poli-insaturadas). Alguns dos AG que ocorrem naturalmente são: ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0), ácido palmítico (C16:0), ácido palmitoleico (C16:1n-7), ácido esteárico (C18:0), ácido oleico (C18:1n-9), ácido linoleico (C18:2n-6), ácido α -linolênico (C18:3n-3) (NELSON et al., 2019), ácido araquídico (C20:0) (CORSINI, 2008) e ácido gadoleico (C20:1) (PUBCHEM, 2023).

A maioria dos ácidos graxos ocorre naturalmente na conformação *cis*, sendo a conformação *trans* de um AG produzida pela fermentação ruminal, por isso ácidos graxos *trans* (AGTs) são encontrados naturalmente em produtos cárneos e laticínios e de forma industrializada (NELSON et al., 2019). Os ácidos graxos saturados (AGSs) são os que não apresentam insaturações na cadeia, e demonstram ter capacidade de elevar os níveis de colesterol ruim, o LDL (Lipoproteína de baixa densidade) (FEINGOLD et al., 2021). Assim como o aquecimento de óleos vegetais modifica a isomeria dos AG, o calor

também pode acelerar o processo de oxidação (BERTOLINO, 2021), provocar aumento de AGSs e diminuição dos ácidos graxos insaturados (AGIs) cis do óleo (SWATI et al., 2016).

Os ácidos graxos monoinsaturados apresentam apenas uma saturação em sua cadeia carbônica (NELSON et al., 2019), destes, o principal é o ácido oleico, também conhecido como ômega 9 que possui propriedades anti-inflamatórias, ajudando a reduzir a inflamação crônica no corpo podendo contribuir para a saúde da pele, ajudando a mantê-la hidratada e protegida contra danos causados pelo sol e outros agentes externos, pode auxiliar na cicatrização de feridas e na redução da acne, além de ser muito importante para a absorção de vitaminas lipossolúveis, como as vitaminas A, D, E e K (NUNES et al., 2018). Uma metanálise realizada com estudos de 2005 a 2021 revelou que o aumento do colesterol HDL (lipoproteínas de alta densidade) pode estar relacionado com o consumo desse ácido graxo, sem demonstrar alterações significativas nos níveis de triglicerídeos ou colesterol LDL (CAO et al., 2022). Diferente dos outros ácidos graxos de cadeia longa, os ácidos graxos da família $\omega 6$ (n-6), que são poli-insaturados, demonstram ter efeitos benéficos no sistema cardíaco, como capacidade de reduzir o colesterol sérico e as chances de infarto do miocárdio (HOOPER, 2018). Já os da família $\omega 3$ (n-3) podem reduzir triglicerídeos e inflamação, e em pacientes com insuficiência cardíaca, sua suplementação pode ser uma terapia coadjuvante para reduzir a mortalidade e hospitalizações (RODRIGUEZ, 2022).

3.3 O óleo da amêndoa da macaúba

As amêndoas possuem conteúdo de lipídios maior do que as polpas de macaúba, conforme apresentado na Tabela 1. Estudos mostram que o conteúdo de óleo tanto na polpa quanto na amêndoa de macaúba é maior do que outras oleaginosas, como soja e amendoim, 21,26% e 46,74%, respectivamente, o que reforça o potencial do fruto da macaúba como fonte promissora de óleos vegetais (GRANDE et al., 2016).

A composição dos principais ácidos graxos da polpa e amêndoa de macaúba provenientes da Costa Rica e de diversas regiões do Brasil está indicada na Tabela 3. Observa-se que o óleo da polpa tem alta porcentagem de ácido graxo mono e poli-insaturado, enquanto que na amêndoa se destacam os ácidos graxos saturados e monoinsaturados, com predominância de ácidos graxos láurico e oleico (HIANE et al,

2006; COIMBRA et al., 2011; MUNHOZ, 2018; NUNES et al., 2018), sendo este, por sua vez, considerado um óleo fino, e por isso, muito apreciado na indústria de alimentos, fármacos e cosméticos (NOBRE et al., 2014).

Tabela 3: Composição de ácidos graxos do óleo da amêndoa e da polpa de macaúba (%)

Ácido Graxo	Polpa	Amêndoa
Ácido caprílico (C8:0)	-	3,67 – 5,22
Ácido cáprico (C10:0)	-	2,79 – 4,56
Ácido láurico (C12:0)	0,0 – 1,56	32,58 – 44,14
Ácido mirístico (C14:0)	0,1 – 0,49	8,45 – 13,6
Ácido palmítico (C16:0)	12,18 – 24,6	6,57 – 9,2
Ácido palmitoleico (C16:1)	1,36 – 4,8	0,0 – 0,1
Ácido esteárico (C18:0)	1,08 – 3,30	2,11 – 3,4
Ácido oleico (C18:1)	52,6 – 69,07	18,7 – 36,27
Ácido linoleico (C18:2)	2,7 – 13,8	3,0 – 3,82
Ácido linolênico (C18:3)	1,4 – 2,6	-

Fonte: HIANE et al., 2006; COIMBRA et al., 2011; MUNHOZ, 2018; NUNES et al., 2018.

3.3.1 Benefícios para a saúde

As Doenças Cardiovasculares (DCV) são a principal causa de mortalidade no Brasil e no mundo, sendo a dieta o segundo fator de risco mais importante para o desenvolvimento destas doenças (KOLIAKI et al., 2019). Em 2019 foram reportados 523 milhões de casos de DCV em todo o planeta, indicando que a incidência de doenças cardíacas quase duplicou desde 1990 (ROTH et al., 2020).

Hoje está claro que diferentes padrões dietéticos modulam diferentes aspectos do processo aterosclerótico e fatores de risco cardiovasculares, como níveis lipídicos no plasma, resistência à insulina e metabolismo glicídico, pressão arterial, fenômenos oxidativos, função endotelial e inflamação vascular. Conseqüentemente, o padrão alimentar interfere na chance de eventos ateroscleróticos (HOOPER et al., 2021). O consumo de gordura saturada e trans é classicamente relacionado com elevação do LDL plasmático e aumento de risco cardiovascular diretamente relacionado as dietas atuais que se caracterizam por um aumento elevado em alimentos que contém grandes quantidades de gorduras saturadas, gordura trans, carboidratos refinados e sódio associados a não realização de atividade física (HOOPER, 2018).

A substituição de gordura saturada da dieta por mono e poli-insaturada como o azeite de macaúba é considerada uma estratégia para o melhor controle da hipercolesterolemia e conseqüente redução da chance de eventos clínicos (BOTHAM et

al., 2021). Os lipídios desempenham diversas funções importantes e fornecem energia para o metabolismo humano na proporção de nove calorias por grama de lipídio. Esses lipídios são armazenados pelo corpo na forma de triglicerídeos, atuando na flexibilidade, permeabilidade e manutenção das células. Somado a isso, os ácidos graxos, produto da metabolização dos lipídios, também desempenham um papel indispensável em uma cascata de processos fisiológicos fundamentais (BOTHAM et al., 2021).

Portanto é evidente que a substituição de gorduras saturadas por mono e poli-insaturadas, como o azeite de macaúba, pode desempenhar um papel significativo no controle da hipercolesterolemia e na redução do risco de eventos clínicos adversos. Além disso, os lipídios desempenham diversas funções vitais no organismo humano, desde o fornecimento de energia até a manutenção da integridade celular. Os ácidos graxos, resultantes do metabolismo dos lipídios, desempenham papéis essenciais em uma série de processos fisiológicos fundamentais. Assim, a incorporação de fontes saudáveis de gorduras na dieta pode contribuir para a promoção da saúde cardiovascular e metabólica.

3.4 Estudo de estabilidade

A União Europeia (2011) esclarece que o tempo de prateleira corresponde ao período de durabilidade máxima atribuído a um alimento. Existem vários fatores que podem influenciar a qualidade desses produtos ao longo do tempo (MOSCHOPOULOU et al., 2019). Dentro esses, incluem-se fatores intrínsecos ao alimento, como pH, atividade de água e composição e também fatores extrínsecos ao alimento, nomeadamente as condições de temperatura do armazenamento, o tipo de embalagem utilizada, entre outros. Assim, o tempo de prateleira corresponderá ao período durante o qual um determinado alimento, armazenado em determinadas condições, mantém as suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, mantendo igualmente a sua qualidade, segurança e aceitabilidade por parte dos consumidores (MOSCHOPOULOU et al., 2019).

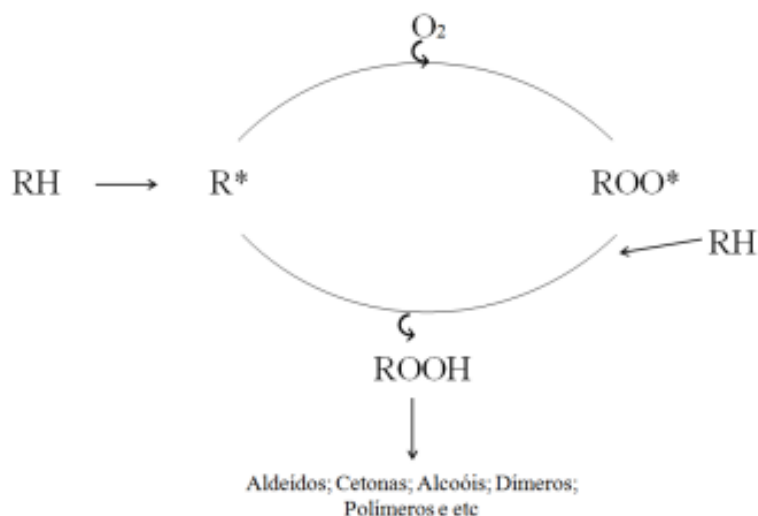
Assim, a determinação do tempo de prateleira implica na monitorização de determinadas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de um alimento ao longo do seu tempo de armazenamento, de forma a verificar qual o período máximo em que este mantém todos os seus atributos de qualidade e segurança (PINTO, 2015; MOSCHOPOULOU et al., 2019). Mesmo estando contidos em embalagens que têm como

finalidade proteger os alimentos de deteriorações provocadas por agentes externos, os alimentos após um determinado período passam a estar expostos a esses fatores extrínsecos, iniciando os processos de degradação (SCHNEIDER et al., 2018).

A oxidação de lipídios afeta diretamente a degradação do sabor e a perda da qualidade nutricional dos alimentos. Durante o armazenamento, em presença de oxigênio e luz, ocorre a oxidação lipídica (AMARAL et al., 2018). Esta é responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis, modificando a qualidade sensorial dos alimentos e os tornando impróprios para consumo, além de também provocar outras alterações na qualidade nutricional, devido à degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, através da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos. A combinação dos fatores, calor, ar, luz, umidade e fragmentos do produto submetidos ao aquecimento prolongado, contribuem para a oxidação dos óleos que alteram substancialmente as propriedades químicas e físicas (ARAÚJO, 2008).

A oxidação lipídica é a principal via de alteração dos óleos vegetais e apresenta um mecanismo complexo, pois envolve uma série de reações em cadeia (STEEL et al., 2013). A oxidação é dividida em três etapas (Figura 3). A primeira delas é a iniciação, caracterizada pela formação de radicais alquila no carbono alílico ou bis-alílico da molécula de ácido graxo, promovida pela presença de agente iniciador, que pode ser luz, calor ou metais. Na etapa de propagação, este radical alquila rapidamente interage com o oxigênio do ar, originando o radical peróxido, que é muito instável e tende a remover um átomo de hidrogênio da mesma molécula ou de outra molécula de ácido graxo. Assim, nesta etapa é formado o primeiro produto de oxidação, o hidroperóxido e ainda um novo radical alquila. Por esse motivo, a oxidação é considerada uma reação auto catalítica. Por fim, na etapa de terminação, que se desenvolve principalmente em estágios avançados de oxidação, os hidroperóxidos que se acumularam na etapa anterior tendem a se reagrupar, decompor e/ou condensar, originando os produtos secundários de oxidação, tais como epóxi e cetohidroperóxidos, álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, hidrocarbonetos, dímeros e oligômeros. Os compostos de oxidação voláteis são os principais responsáveis pelo surgimento do ranço oxidativo, que deprecia a qualidade sensorial dos óleos vegetais, enquanto os compostos de maior massa molecular, não voláteis, se acumulam no produto (BERTO, 2020).

Figura 3– Esquema da reação de oxidação



Legenda: 1 RH: representação da estrutura do ácido graxo, R*: radical alquila, ROO*: radical peróxido, ROOH: hidroperóxido.

Fonte: BERTO, 2020.

Além da redução da vida de prateleira e formação de *off-flavors*, a reação de oxidação acarreta outros prejuízos para a qualidade dos óleos. Estudos apontam que os compostos formados na oxidação podem ser nocivos ao organismo humano. Adicionalmente, a oxidação dos óleos promove uma redução no teor de antioxidantes naturais, tais como tocoferóis e compostos fenólicos, que apresentam alegações de propriedades bioativas. Estes compostos são antioxidantes primários, cuja função é converter os radicais livres formados nas etapas de iniciação e propagação em moléculas estáveis (WANASUNDARA et al., 2005; STEEL et al., 2013).

A estabilização da gordura é baseada no uso de métodos físicos (controle das condições de temperatura e luz durante a estocagem) e adição de antioxidantes. Exemplos de conhecidos antioxidantes naturais são ácido ascórbico, vitamina E, carotenoides e flavonoides (PINTO, 2015). O processo de foto-oxidação ocorre na presença de luz natural ou artificial, fazendo com que a energia transferida para a molécula de oxigênio tripleto (3O_2) se transforme em oxigênio singleto, tornando-o apto para reagir com as moléculas de ácido graxo com dupla ligação formando compostos de degradação (hidroperóxidos, alcoóis, aldeídos, entre outros) (SOUZA, 2017). O

mecanismo de foto oxidação torna o azeite mais amarelo e pode ocorrer bem mais rápido que a oxidação (KIRITSAKIS, 1998).

O índice de peróxido é um importante parâmetro de avaliação do grau de oxidação de um óleo, reação que origina compostos que alteram o sabor do produto e são facilmente percebidos pelas papilas gustativas (JORGE, 2010). O limite do índice de peróxido para que óleos prensados a frio sejam considerados próprios para o consumo humano é de 15 meq de O₂ ativo kg⁻¹ (BRASIL, 2021), valores superiores indicam a deterioração do produto.

Além da análise de peróxido, a acidez livre presente nos óleos e gorduras é um importante critério de qualidade, que expressa o conteúdo de ácidos graxos livres (ROVERE et al., 2020). Quanto menor o grau de acidez mais alta é sua qualidade (HERRERA et al., 2008). Contudo, qualquer injúria no fruto oleaginoso pode provocar danos aos tecidos que propiciam a ação das lipases, as quais hidrolisam os triacilgliceróis, liberando ácidos graxos livres, o que induz ao aumento da acidez (ROVERE et al., 2020).

3.4.1 Testes acelerados

Na indústria alimentícia é comum aplicação de testes acelerados, onde as amostras dos produtos são submetidas a condições forçadas de armazenamento que sofreria nas prateleiras ou nas casas dos consumidores, a fim de acelerar a degradação química e/ou mudanças físicas (CELESTINO, 2019). Portanto, os testes de vida de prateleira acelerada ocorrem quando o produto é submetido à análise em condições de ambiente e temperatura controladas, com o intuito de acelerar as reações de deterioração do alimento e assim prever a vida de prateleira do alimento em diferentes condições de estocagem (CELESTINO, 2019).

Geralmente são utilizados modelos matemáticos que levam em consideração vários parâmetros para conseguir prever qual será o comportamento da deterioração do alimento para tal parâmetro, incluindo a descoberta de qual ordem é a reação, ou seja, a sua cinética de degradação (TEIXEIRA NETO et al., 2004).

Nos alimentos, é possível encontrar diferentes ordens para diferentes componentes dos alimentos (CELESTINO, 2019). Por exemplo, em um suco pasteurizado, é esperado

que o tratamento térmico ao mesmo tempo que promova a diminuição da carga microbiana, também diminua de forma branda o conteúdo de vitamina C, que geralmente é representada pela reação de ordem zero (TEIXEIRA NETO et al., 2004; MARTINS, 2009).

Parâmetros cinéticos, como ordem de reação, constante de velocidade e energia de ativação são importantes do ponto de vista de previsão da perda de qualidade dos alimentos. O modelo matemático que se aproxima na predição destes efeitos é a equação de Arrhenius (MARTINS, 2009).

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad (1)$$

Sendo:

K: constante da reação;

A: constante da equação de Arrhenius (depende da reação e tem as mesmas unidades de k);

E_a : energia de ativação;

R: constante universal dos gases ($8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$);

T: temperatura absoluta (em graus Kelvin).

A equação de Arrhenius é usada para relacionar a taxa de degradação de um produto com a temperatura, pois a energia de ativação define a sensibilidade térmica de um parâmetro de qualidade do produto (HAOUIET et al., 2019). Isso pode ser útil para determinar a temperatura ideal de armazenamento para minimizar a degradação e prolongar a vida útil do produto (NIU et al., 2020), ou ainda permite prever a vida de prateleira de um produto em uma segunda temperatura não testada experimentalmente (CELESTINO, 2019).

4 METODOLOGIA

As amêndoas foram doadas pela a Cooperativa dos Trabalhadores Rurais de Riacho D'anta e adjacências, localizada na zona rural de Mirabela/MG(16°15'46" ao sul e 44°09'52"a oeste). A cooperativa obtém os frutos de cooperados que coletam por sistema de agroextrativismo, a partir de palmeiras naturais em suas propriedades. As amêndoas de macaúba foram quebradas na fábrica da cooperativa em equipamento tipo britadeira, desenvolvido pela própria cooperativa. Em seguida, foram transportadas até o laboratório de Tecnologia e Desenvolvimento de Produtos Alimentícios do Instituto de Ciências Agrárias (ICA/UFMG).

Para a separação do endocarpo das amêndoas (endosperma), estes foram imersos em solução salina a 10% por 25 min para a separação por flotação. Em seguida, com auxílio de peneiras, as amêndoas foram retiradas da solução, lavadas em água corrente e submetidas em seguida, ao branqueamento.

Para o branqueamento, as amêndoas (um total de 4,628kg) foram submergidas em água a 90°C por 35 min e resfriadas em seguida em banho de gelo por 15 min. Por fim, as amêndoas foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob congelamento até a véspera da extração do óleo.

Antes da extração, as amêndoas foram secas em estufa a 60°C por uma hora para só então serem submetidas ao processo de extração na Cooperativa Agroextrativista Grande Sertão em Montes Claros, MG. O óleo foi extraído em prensa tipo Speller (Scott tech, Vinhedo - SP - Brasil), o teor extraído foi de 44,17% do total de amêndoas prensadas (2,044kg de óleo extraído).

Depois foi deixado em repouso por 7 dias, a fim de que as partículas sólidas fossem decantadas. Em seguida, foi filtrado em coador de pano e envazado em frascos plásticos incolores de 30mL de capacidade.

Para o estudo de estabilidade do óleo extraído das amêndoas, armazenaram-se as amostras em estufa BOD a25 °C e em condições aceleradas de degradação, a temperatura de 45 e de 55 °C programadas com 12 horas de ausência de iluminação, a fim de simular o período diurno e noturno. Foram aplicados dois tratamentos, com e sem proteção da luz, para isso as amostras foram protegidos com papel alumínio. No período

de 40, 55, 75, 85 e 120 dias foram retiradas amostras para a análise de acidez, conduzida segundo o método 325/IV (IAL,2008),e de índice de peróxido, segundo o método 326/IV (IAL, 2008).Em cada período de análise, amostras em triplicata foram retiradas de cada temperatura de armazenamento e de cada tratamento.

A identificação dos AG foi realizada no laboratório de química instrumental do ICA/UFMG por meio de cromatografia gasosa (Agilent Technologies 7890A), equipada com detector de massas (CG-EM) e coluna capilar SLB-5MS (Agilent Technologies, 30 m comprimento x 0,25 mm diâmetro interno x 0,25 µm espessura do filme). Hélio (99,9999% de pureza) foi utilizado como gás de arraste a uma taxa de 1,0 mL min⁻¹. Utilizando um auto-injetor (CTC combiPaL), 1 µL da amostra foi injetada no cromatógrafo a uma razão de split de 1:10. O injetor split/splitless foi mantido a 280 °C. A coluna cromatográfica inicialmente a 50 °C, isoterma por 1 min, foi aquecida a uma taxa de 25 °C min⁻¹ até 175 °C. Em seguida, a temperatura foi elevada até 230 °C a uma taxa de 4 °C min⁻¹, permanecendo por 15 minutos. Após a separação dos compostos a temperatura foi elevada até 240 °C por 2 minutos (*post run*). A temperatura da interface foi mantida a 280 °C e a ionização realizada com impacto de 70 eV. A amplitude de varredura de m/z foi de 30 a 600 Da. A identificação dos componentes dos óleos foi realizada por comparação dos espectros de massas do banco de dados do aparelho (NIST 2.0).

Para determinar a cinética de degradação do óleo, foram aplicados os modelos de ordem zero (equação 2) e também de primeira e segunda ordem (equações 2 e 3 respectivamente) para os valores obtidos para a degradação do óleo medidos como índice de peróxido em função do tempo de armazenamento nas amostras com e sem incidência de luz.

Reação de ordem 0:

$$[A] = -kt + [A]_0 \quad (3)$$

Reação de primeira ordem:

$$\ln[A] - \ln[A]_0 = -Kt \quad (4)$$

Reação de segunda ordem:

$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt \quad (5)$$

Onde o t é o tempo de armazenamento, A_0 é o valor do parâmetro medido no início do prazo de validade, A é este valor no final do prazo de validade e K é o valor da constante de velocidade da reação em uma determinada temperatura de armazenamento.

4.1 Caracterização do óleo da amêndoa de macaúba

A caracterização do óleo de coco da macaúba se deu no início do estudo, denominado de tempo 0, onde foram avaliadas as características do óleo e comparados com valores já avaliados em outros estudos e nas legislações.

Para isso foram determinados o teor de umidade e materiais voláteis, a densidade e o índice de saponificação no óleo recém extraído, de acordo respectivamente, com as metodologias 334/IV, 337/IV e 328/IV do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Também foram realizadas as análises de acidez, método 325/IV (IAL, 2008) e de peróxido, segundo o método 326/IV (IAL, 2008).

4.2 Análise estatística:

O desempenho dos modelos de ajuste no método de análise de regressão foi avaliado através da ferramenta Solver do Microsoft Excel©2013, e o ajuste foi avaliado pelo maior coeficiente de determinação (R^2). O desempenho dos modelos de ajuste no método de análise de regressão foi avaliado através da ferramenta Solver do Microsoft Excel©2013, e o ajuste foi avaliado pelo maior coeficiente de determinação (R^2).

5 PRODUTO CIENTÍFICO

Caracterização e estudo de estabilidade do óleo de amêndoa da macaúba proveniente do cerrado norte mineiro

Characterization and stability study of macauba kernel oil from cerrado north of the state of Minas Gerais

Jefferson Fernandes Soares^{1*}, Bárbara Clara Soares Fonseca², Caroline Liboreiro Paiva³

RESUMO

A macaúba é uma palmeira abundante no cerrado norte mineiro. A partir da sua amêndoa obtém-se óleo e farinha para aplicação em produtos alimentícios. O objetivo deste estudo foi caracterizar o óleo da amêndoa da macaúba coletada pela Cooperriação, quanto aos teores de umidade, materiais voláteis, densidade, índice de saponificação, acidez e índice de peróxido e determinar o perfil de ácidos graxos por cromatografia gasosa, e ainda, estudar a sua estabilidade por meio de testes acelerados. O óleo apresentou índice de acidez 1,40 mg KOH/g e de peróxido, 2,82 meq/kg. Os teores obtidos para umidade, materiais voláteis e densidade foram respectivamente, 1,07%, 0,92 g/mL e 285,00 mg KOH. Quanto aos ácidos graxos, a maior fração foi a do ácido láurico, 47,6%, seguida do oleico, 27,2%. A durabilidade do óleo, armazenado a 25 °C com proteção de luz, alcançou 551 dias. Esses dados ressaltam a relevância da proteção adequada durante o armazenamento com uso embalagens com proteção de luz. Portanto, o óleo estudado apresentou parâmetros de qualidade satisfatórios, indicando sua viabilidade para uso alimentício, o que contribuirá para a promoção da saúde assim como para o desenvolvimento regional. Conclui-se que proteção de luz durante o armazenamento prolonga a durabilidade do produto.

Palavras-chave: *Acrocomia aculeata*, óleo vegetal prensado a frio, análises físico-químicas, vida de prateleira.

ABSTRACT

Macauba is an abundant palm tree in the northern savannah of Minas Gerais. Oil and flour are obtained from the kernel and used in food products. The objective of this study was to characterize the macauba kernel oil collected by Cooperriação, regarding moisture content, volatile materials, density, saponification index, acidity and peroxide index and determine the fatty acid profile by gas chromatography, and also, study its stability through accelerated tests. The oil had an acid value of 1.40 mg KOH/g and a peroxide value of 2.82 meq/kg. The levels obtained for moisture, volatile materials and density were, respectively, 1.07%, 0.92 g/mL and 285.00 mg KOH. As for fatty acids, the largest fraction was lauric acid, 47.6%, followed by oleic acid, 27.2%. The durability of the oil, stored at 25 °C with protection from light, reached 551 days on the shelf. These data highlight the importance of adequate protection during storage using light-protected packaging. Therefore, the studied oil presented satisfactory quality parameters, indicating its viability for food use, which will contribute to health promotion as well as regional development. It is concluded that light protection during storage prolongs the durability of the product.

Keywords: *Acrocomiaaculeata*, cold pressed vegetable oil, physicochemical analysis, shelf life.

1. INTRODUÇÃO

A macaúba *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart¹ é uma palmeira oleaginosa que ocorre naturalmente nas Américas Central e do Sul, com maiores concentrações no Brasil, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste². Uma única planta produz de dois a oito cachos, os quais contêm de 250 a 500 frutos. O fruto da macaúba é dividido em quatro partes: epicarpo (casca), mesocarpo (polpa), endocarpo e amêndoa. Sua polpa é amarela, rica em óleo e fibra, já o endocarpo contém uma amêndoa oleaginosa também comestível. Especificamente a partir da amêndoa obtém-se óleo e farinha para aplicação em doces, produtos de panificação e bebidas³.

No período da safra de muitas espécies da flora local é comum que famílias de produtores rurais reduzam as demais atividades para se dedicarem ao extrativismo⁴. Algumas das associações e cooperativas que exploram a macaúba nessas comunidades rurais, com o auxílio das instituições de apoio, têm conseguido processar os frutos nativos fabricando produtos de boa qualidade, os quais estão conquistando o mercado nacional e internacional⁵. Assim, o extrativismo vegetal desempenha um importante papel na economia local, ao mesmo tempo que promove a conservação da biodiversidade⁶.

A composição centesimal da amêndoa de macaúba traduz o seu potencial nutricional e de possíveis aplicações. Merece destaque o teor de proteínas, fibras, minerais e principalmente lipídios, em torno de 46 a 65%⁷. Nestes predominam os ácidos graxos (AG) láurico, de 32,58 a 44,14% e oleico, de 17,70 a 36,27%^{8,9}.

Há um grande interesse em óleos que contenham ácido oleico, pois apresenta uma menor susceptibilidade à oxidação, resultando em uma maior estabilidade oxidativa¹⁰. Também, os consumidores têm demonstrado uma demanda crescente por produtos naturais que tende a estar associada aos benefícios à saúde obtidos a partir de diversas classes de compostos bioativos¹¹. A substituição de gordura saturada da dieta por mono e poli-insaturada como o azeite de macaúba é considerada uma estratégia para o melhor controle da hipercolesterolemia e consequente redução das chances de eventos clínicos¹². Os lipídios desempenham diversas funções importantes e fornecem energia para o metabolismo humano na proporção de nove calorias por grama de lipídio. Esses lipídios são armazenados pelo corpo na forma de triglicerídeos, atuando na flexibilidade, permeabilidade e manutenção das células. Somado a isso, os

AG, produto da metabolização dos lipídios, também desempenham um papel indispensável em uma cascata de processos fisiológicos fundamentais¹².

Nesse sentido, já é consenso que o consumo de óleo com conteúdo importante de ácido oleico pode favorecer o controle da obesidade e do estresse oxidativo, por meio da inibição de vias lipogênicas, já que reduz a expressão de fatores de transcrição relacionado à via de sinalização da adipogênese e também a atividade oxidativa de marcadores de estresse no manejo da síndrome metabólicas^{13,14,15}.

Porém os benefícios promovidos pelo óleo só promoverão o efeito desejado se este permanecer estável até o consumo. Existem vários fatores que podem influenciar a qualidade desses produtos ao longo do tempo, incluindo os fatores intrínsecos ao alimento, como pH, atividade de água e composição e ainda, extrínsecos ao alimento, como as condições de temperatura no armazenamento, o tipo de embalagem utilizada, entre outros¹⁶. Assim, a determinação do tempo de prateleira implica na monitorização de determinadas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de um alimento ao longo do seu tempo de armazenamento, de forma a verificar qual o período máximo em que este mantém seus atributos de qualidade e segurança^{17,18}. Nesse sentido, parâmetros cinéticos, como ordem de reação, constante de velocidade e energia de ativação são importantes do ponto de vista de previsão da perda de qualidade dos produtos¹⁹.

Assim, o objetivo do trabalho foi caracterizar o óleo extraído das amêndoas da macaúba proveniente de uma cooperativa norte mineira e avaliar a estabilidade deste durante o armazenamento, visando verificar sua qualidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amêndoas foram doadas pela da Cooperativa dos Trabalhadores Rurais de Riacho D'anta e adjacências, localizada na zona rural de Mirabela/MG (16°15'46" ao sul e 44°09'52" a oeste). A cooperativa obtém os frutos de cooperados que coletam por sistema de agroextrativismo, a partir de palmeiras naturais em suas propriedades.

Para o branqueamento, as amêndoas (um total de 4,628kg) foram submergidas em água a 90°C por 35 min e resfriadas em seguida em banho de gelo por 15 min. Por fim, as amêndoas foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob congelamento até a véspera da extração do óleo.

Antes da extração, as amêndoas foram secas em estufa a 60°C por uma hora para só então serem submetidas ao processo de extração na Cooperativa Agroextrativista Grande Sertão em Montes Claros, MG. O óleo foi extraído em prensa tipo Speller (Scott tech, Vinhedo - SP - Brasil), o teor extraído foi de 44,17% do total de amêndoas prensadas (2,044kg de óleo extraído). O óleo foi extraído em prensa tipo Speller (Scott tech, Vinhedo - SP - Brasil) e depois deixado em repouso por 7 dias, a fim de que as partículas sólidas fossem decantadas. Em seguida, foi filtrado em coador de pano e envasado em frascos plásticos incolores de 30 mL de capacidade para serem imediatamente submetidos ao teste de estabilidade, por meio do armazenamento em BODs. Amostra em triplicata foi congelada para as análises de caracterização.

Foram determinados o teor de umidade e materiais voláteis, densidade e índice de saponificação no óleo recém extraído, de acordo respectivamente, com as metodologias 334/IV, 337/IV e 328/IV do Instituto Adolfo Lutz²⁰. Também foram realizadas as análises de acidez, método 325/IV (IAL, 2008) e de peróxido, segundo o método 326/IV²⁰.

A identificação dos AG foi por meio de cromatografia gasosa (Agilent Technologies 7890A), equipada com detector de massas (CG-EM) e coluna capilar SLB-5MS (Agilent Technologies, 30 m comprimento x 0,25 mm diâmetro interno x 0,25 µm espessura do filme). Hélio (99,9999% de pureza) foi utilizado como gás de arraste a uma taxa de 1,0 mL min⁻¹. Utilizando um auto-injetor (CTC combiPaL), 1 µL da amostra foi injetada no cromatógrafo a uma razão de split de 1:10. O injetor *split/splitless* foi mantido a 280 °C. A coluna cromatográfica inicialmente a 50 °C, isoterma por 1 min, foi aquecida a uma taxa de 25 °C min⁻¹ até 175 °C. Em seguida, a temperatura foi elevada até 230 °C a uma taxa de 4 °C min⁻¹, permanecendo por 15 minutos. Após a separação dos compostos a temperatura foi elevada até 240 °C por 2 minutos (post run). A temperatura da interface foi mantida a 280 °C e a ionização realizada com impacto de 70 eV. A amplitude de varredura de m/z foi de 30 a 600 Da. A identificação dos componentes dos óleos foi realizada por comparação dos espectros de massas do banco de dados do aparelho (NIST 2.0).

Para o estudo de estabilidade do óleo, armazenaram-se as amostras em estufa BOD a 25 °C e em condições aceleradas de degradação, a temperatura de 45 e de 55 °C programadas com 12 horas de ausência de iluminação, a fim de simular o período diurno e noturno. Foram aplicados dois tratamentos, com e sem proteção da luz, para isso a

metade dos frascos contendo as amostras foram protegidos com papel alumínio. No período 40, 55, 75, 85 e 120 dias foram retiradas amostras para a análise de acidez, conduzida segundo o método 325/IV²⁰ e de índice de peróxido, segundo o método 326/IV²⁰. Em cada período de análise, amostras em triplicata foram retiradas de cada temperatura de armazenamento e de cada tratamento.

Para determinar a cinética de degradação do óleo, foram aplicados os modelos de ordem zero, de primeira e de segunda ordem para os valores obtidos para a degradação do óleo medidos como índice de peróxido e de acidez em função do tempo de armazenamento nas amostras com e sem incidência de luz.

A análise estatística utilizou o desempenho dos modelos de ajuste no método de análise de regressão para o índice de peróxido e de acidez foi avaliado através da ferramenta Solver do Microsoft Excel©2019, e o ajuste foi avaliado pelo maior coeficiente de determinação (R^2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as características físico-químicas encontradas do óleo de macaúba. Tais propriedades podem variar de acordo com a região de cultivo, estágio de maturação, tempo e condições de armazenamento, variabilidade genética, método de processamento, entre outros fatores²¹.

Tabela 1. Características físico-químicas do óleo recém extraído.

Parâmetros analisados	Média \pm desvio-padrão
Acidez (mg KOH/g)	1,40 \pm 0,83
Peróxido (meq/kg)	2,82 \pm 0,26
Umidade (%)	1,07 \pm 0,07
Densidade (g/mL)	0,92 \pm 0,02
Saponificação (mg KOH)	285 \pm 3,21

Fonte: Autores, 2024.

O índice de acidez caracteriza a medida da rancidez hidrolítica que ocorre devido à hidrólise da ligação éster pelos efeitos da enzima lipase juntamente com a umidade do produto, liberando ácidos graxos dos triglicerídeos²². Frequentemente, o índice de acidez pode indicar práticas inadequadas na colheita dos frutos, maturação inadequada e

armazenamento inadequado, bem como processos de extração insatisfatórios. Segundo a legislação brasileira, o índice de acidez permitido é de no máximo 4,0 mg KOH/g²³. É possível observar que o óleo apresentou valores de acidez 1,40 mg KOH/g, estando, portanto, inicialmente, após a extração, dentro dos limites da legislação. Amaral²⁴ encontrou valor de 12,8 mg KOH/g, o que indica que o óleo da amêndoa já ultrapassava o estabelecido pela legislação brasileira. Já Costa et al.²⁵ observaram acidez de 2,47 mg KOH/g em óleo da polpa de macaúba recém extraído e Souza²⁶, o valor de 0,75 mg KOH/g, estando todos aptos para consumo humano.

Em relação ao índice de peróxido, a legislação brasileira²³ também estabelece limite para óleos prensados a frio e não refinados, de no máximo 15 meq/kg. O índice encontrado foi de 2,82 meq/kg, diferente do encontrado por Amaral²⁴ que foi superior ao exigido pela legislação, 15,57 meq/kg no óleo extraído da amêndoa, comprovando a degradação do óleo utilizado naquele estudo. Já o estudo de Souza²⁶ estava em concordância com a legislação, encontrando 5,88 meq/kg e o de Costa et al.²⁵ extraído do óleo da polpa de macaúba, que relatou valor de 9,28 meq/kg.

Já a umidade pode afetar negativamente a qualidade do óleo, visto que favorece o crescimento de microrganismos, levando a deterioração do óleo²⁴. No presente estudo, o valor de umidade encontrado foi de 1,07%, valor este acima do encontrado por Amaral²⁴, 0,27%, e ao encontrado por Souza²⁶, 0,27% em óleo da polpa. Já Moura et al.²⁸ obtiveram valor superior, 1,60%, para o óleo da polpa de macaúba.

Em relação à densidade, ressalta-se que é um parâmetro de identidade e qualidade do óleo, já que indica o grau de pureza, o que pode indicar também possível adulteração, bem como auxilia os cálculos de dosagem em processos industriais, garantindo a qualidade e a eficácia dos produtos finais²⁵. Este trabalho obteve resultado de 0,920 g/mL de densidade, muito próximo ao resultado analisado por Amaral²⁴, 0,918 g/mL e de Moura et al.²⁸, que encontraram 0,926g/mL, ambos para óleo extraído a partir da amêndoa de macaúba.

Já o índice de saponificação é uma medida importante para entender as propriedades químicas e a utilidade de um óleo vegetal. Ele indica a quantidade de álcali necessário para transformar completamente os triglicerídeos presentes no óleo em seus componentes de ácido graxo e glicerol²⁵. Foi obtido o valor de 285 mg KOH para o índice

de saponificação, sendo superior ao de Souza²⁶ 193,27 mg KOH, e de Amaral et al.⁸, 213,45 mg KOH. No entanto, inferior ao encontrado por Amaral²⁴, 308 mg KOH.

O perfil de ácidos graxos presentes no óleo da amêndoa de macaúba está descrito na Tabela 2. A maior fração foi a do AG saturado láurico (C12:0), 47,6%, já na fração dos insaturados se destaca o AG oleico (18:1) com 27,2%.

Tabela 2: Perfil de ácidos graxos.

Ácido Graxo	%
Ácido caprílico (C8:0)	1,60
Ácido cáprico (C10:0)	4,57
Ácido oleico (18:1)	27,2
Ácido láurico (C12:0)	47,6
Ácido mirístico (C14:0)	9,57
Ácido palmítico (C16:0)	6,78
Ácido linolelaídico (C18:2)	0,78
Ácido esteárico (C18:0)	1,86

Fonte: Autores, 2024.

O valor encontrado para o ácido cáprico (4,57%) foi inferior aos estudos de Amaral²⁴, 5,3%, e superior ao encontrado por Souza²⁶, 0,13%. Tais diferenças podem se dar pela forma de análise, uma vez que o estudo de Souza²⁶ utilizou a estratificação para obtenção de seus resultados. A estratificação se refere ao processo de formação de camadas distintas em um líquido, geralmente devido a diferenças de densidade³¹.

Em relação ao AG láurico, este estudo encontrou o valor de 47,6%, sendo superior ao apresentado por Amaral²⁴ que observou menor concentração de AG láurico, 43,6%. Já Magalhães et al.³⁴ relatou em seu estudo 45,40% no óleo da polpa. Já o teor do AG mirístico encontrado nesse estudo, 9,57%, foi superior ao relatado por Amaral²⁴, 8,5%, também analisado em óleo da amêndoa de macaúba. Estes valores são superiores ao encontrado no óleo da polpa por Pimenta et al.³², que relataram teor de 7,98% para o ácido mirístico.

O ácido palmítico é frequentemente utilizado em uma variedade de aplicações devido às suas propriedades físicas e químicas nas indústrias de cosméticos e farmacêuticas por causa de sua estabilidade térmica, alto ponto de fusão, compatibilidade com outros ingredientes, textura e consistência, contribuindo para uma textura mais firme e uma consistência estável dos produtos em que o óleo rico no referido AG é empregado³². Analisando o valor obtido para AG palmítico, 6,78%, este foi superior ao encontrado por Amaral²⁴, 5,3%, e Pimenta³², 5,98%, este do óleo da polpa. No entanto, foi inferior ao analisado por Silva et al.⁶ que encontraram o valor de 10,14% também no óleo da polpa. Já para o AG esteárico, determinado no presente estudo, 1,86%, foi menor que ao determinado no óleo de amêndoa de macaúba estudado por Amaral²⁴.

Tal ácido analisado no presente estudo foi superior ao encontrado por Silva et al.⁶ e por Amaral²⁴, 27,2%, 19,35% e 25,5%, respectivamente e bem superior aos resultados de Souza²⁶ que encontrou uma concentração mais baixa, 7,77% para o mesmo ácido.

Para os estudos de estabilidade foram avaliados os valores de acidez e de peróxido no óleo armazenado em determinados períodos de tempo. Para isso, os modelos cinéticos de reação de ordem zero, de primeira e de segunda ordem durante o armazenamento nas temperaturas estudadas foram aplicados aos resultados. As enzimas endógenas presentes no óleo não o degradaram de forma a alterar a acidez, pois nenhum dos modelos foi capaz de explicar o aumento da acidez durante o período de armazenamento. O R^2 variou de 0,356 a 0,647. O índice de acidez, em todos os tratamentos, durante os 120 dias, permaneceu praticamente inalterado e dentro do limite da legislação, ou seja, inicialmente o valor determinado foi de 1,40 mg KOH/g e após 120 dias, no óleo sem proteção de luz armazenado a 55°C apresentou acidez de 1,50 mg KOH/g.

Já o melhor modelo para explicar a oxidação lipídica, avaliada por meio do índice de peróxido, foi o modelo de ordem zero com valores dos coeficientes de determinação (R^2) variando de 0,9046 a 0,9986 (Tabela 3)

Tabela 3. Resultados do estudo da cinética de degradação do óleo da amêndoa de macaúba avaliada por meio índice de peróxido.

Tratamentos	Temperatura	K* ordem 0	R ² ordem 0	Equação da reta	Vida de prateleira (dias)	K* primeira ordem	R ² primeira ordem	K* segunda ordem	R ² segunda ordem
Óleo sem proteção da luz	25 °C	0,1017	0,9830	y = 0,1017x + 2,221	126	0,0092	0,9315	0,0025	0,8957
	45 °C	0,1196	0,9641	y = 0,1196x + 2,9793	100	0,0151	0,9309	0,0024	0,8457
	55 °C	0,1383	0,9046	y = 0,1383x + 3,9667	80	0,0160	0,8454	0,0027	0,8540
Óleo protegido da luz	25 °C	0,0221	0,9986	y = 0,0221x + 2,8132	551	0,0081	0,8235	0,0020	0,7951
	45 °C	0,0439	0,9962	y = 0,0439x + 2,7493	279	0,0085	0,9629	0,0019	0,9451
	55 °C	0,0857	0,9764	y = 0,0857x + 3,1283	138	0,0130	0,9063	0,0024	0,9258

Fonte: Autores, 2024.

O valor inicial de peróxido foi de 2,83 meq/kg. Para o óleo armazenado sem a proteção da luz, esse valor aumentou para 15,00meq/kg após 120 dias de armazenamento à temperatura de 25 °C e para 16,50meq/kg e 17,97meq/kg, após o armazenamento durante o mesmo período à 45 °C e 55° C, respectivamente. Já para o óleo armazenado com proteção de luz, o valor de peróxido subiu para 5,50meq/kg após 120 dias de armazenamento à temperatura de 25 °C e para 8,13 meq/kg e 12,91meq/kg,

após o armazenamento durante o mesmo período à 45 °C e 55 °C, respectivamente. Assim, com base nos valores de índice de peróxido, a vida de prateleira do óleo armazenado em embalagem sem proteção da luz foi de 120 dias à temperatura de 25 °C. Nessas mesmas condições de embalagem, para o óleo armazenado a 45 °C e 55 °C, a durabilidade determinada foi de 100 e 80 dias, respectivamente (Tabela 3). No entanto, se o produto for embalado com sistema com proteção de luz, como, por exemplo, em embalagens com bloqueadores solares ou de coloração escura, haverá prolongamento de sua vida útil, visto que a vida de prateleira do óleo armazenado em embalagem com proteção da luz foi de 551 dias à temperatura de 25 °C e de 279 e 138 dias, quando armazenado a 45 °C e 55 °C, respectivamente (Tabela 3).

A estabilidade e durabilidade dos óleos vegetais, como observado no estudo do óleo de amêndoa da macaúba, estão fortemente relacionadas à embalagem, presença de antioxidantes e condições de armazenamento. Ao avaliarem diferentes marcas comerciais de óleo de soja, Costa et al.²⁵ destacaram que a vida-de-prateleira dos óleos analisados variou de 5 meses a 1 ano. Notavelmente, marcas que incluíram antioxidantes em sua composição (80% das marcas estudadas) apresentaram uma durabilidade média de 9 meses a 1 ano, enquanto as marcas sem aditivos antioxidantes (20% das marcas) tiveram sua validade reduzida para aproximadamente 5 a 6 meses. Esses resultados ressaltam a importância da aplicação de antioxidantes para a promoção da estabilidade dos óleos vegetais, corroborando com os achados do estudo do óleo de amêndoa da macaúba, onde embalagens com proteção da luz demonstraram prolongar significativamente a vida de prateleira dos óleos, indicando que fatores como tipo de embalagem, que permitem ou não a passagem de luz através do alimento, é importante para garantir a qualidade e durabilidade dos óleos, assim modelos matemáticos são utilizados para determinar de forma mais rápida essa degradação, como a equação de Arrhenius.

Os gráficos de Arrhenius estão apresentados na Figura 1 e 2. O valor da energia de ativação foi de 35,1 kJ/mol para o produto armazenado com proteção da luz e de 8,0 kJ/mol para o produto armazenado sem proteção de luz. A partir desses dados, e sabendo que a produção de peróxido no óleo da amêndoa de macaúba segue a cinética de ordem zero, é possível prever a vida de prateleira do produto em qualquer outra temperatura de armazenamento.

A energia de ativação é a quantidade de energia necessária para iniciar uma

reação. Uma baixa energia de ativação no óleo extraído da macaúba indica que há pouca energia necessária para o processo de degradação, o que é uma consideração importante para o armazenamento desse óleo³⁶. O produto armazenado sem proteção de luz apresenta uma energia de ativação mais baixa (8,0 kJ/mol), indicando menor energia requerida para iniciar a degradação. Enquanto o óleo armazenado sob proteção da luz necessitou de maior energia de ativação (35,1 kJ/mol) para início das reações, resultando em maior tempo de prateleira até o início da deterioração do óleo.

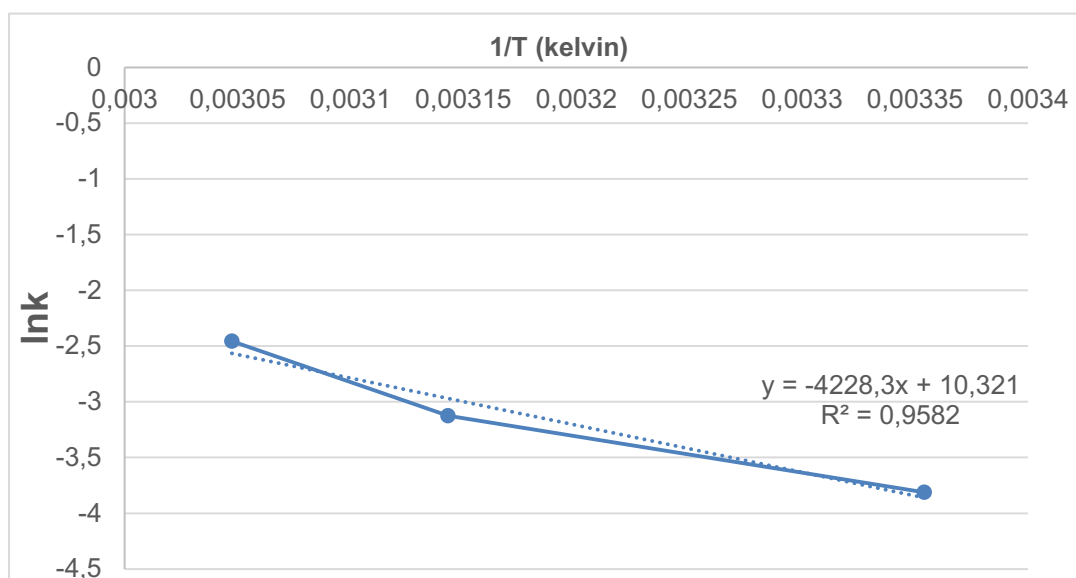


Figura 1. Gráfico de Arrhenius para o teste com proteção da luz.

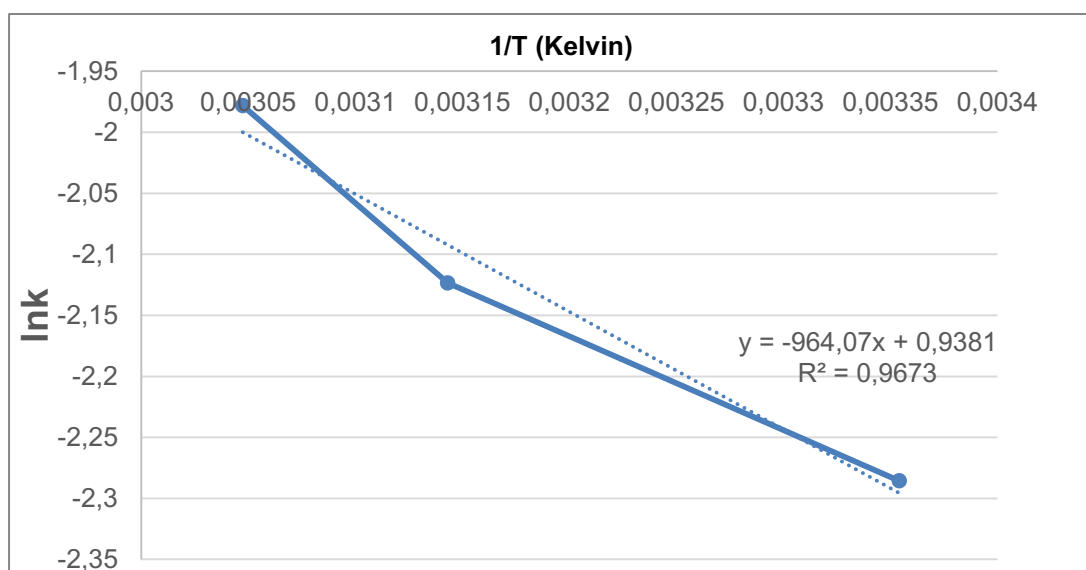


Figura 2. Gráfico de Arrhenius para o teste sem proteção da luz.

O óleo de palma e o óleo de macaúba são frequentemente comparados pelo fato

de serem obtidos de espécies vegetais tropicais, composições de ácidos graxos únicas e vastas aplicações na indústria alimentícia, cosmética e de biocombustíveis. Ao realizar um estudo sobre os óleos comestíveis extraídos mecanicamente da polpa dos frutos da palmeira *Acrocomia aculeata*, Valério³⁷ obteve valor de energia de ativação de 87 kJ/mol. Em comparação com o presente estudo, o óleo da polpa possui maior vida de prateleira, pois demandou maior energia de ativação para que as reações químicas começassem a ocorrer. No estudo da cinética de degradação térmica do óleo vegetal de palma, com proteção de luz, Garcia³⁸ identificou um valor estimado de 42 kJ/mol para a energia de ativação, valor próximo aos resultados obtidos neste estudo. Já em comparação com o armazenamento feito sem a proteção de luz, não houve dados comparativos, uma vez que o presente estudo é inexplorado, não havendo descrito na literatura outros objetos de análise, em experimentos que utilizaram os mesmos métodos e condições.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi constatada que a melhor condição de armazenamento do óleo é com proteção de luz, principalmente na temperatura de 25°C, em que o óleo apresentou uma estabilidade de 551 dias, uma durabilidade prolongada em comparação com o armazenamento sem proteção.

Pode-se concluir ainda que o óleo obtido das amêndoas de macaúba coletadas na região norte mineira apresentou valores dentro dos limites da legislação brasileira, especialmente para parâmetros críticos, como acidez e índice de peróxido, o que evidencia condições adequadas de coleta do fruto.

Ressalta-se a necessidade contínua de estudos na tentativa de prologar a estabilidade do óleo da amêndoa de macaúba e explorar novas aplicações para esse recurso natural valioso, alinhando assim as demandas do mercado com as oportunidades oferecidas por essa matéria-prima singular.

REFERÊNCIAS

1 Vianna AS, Campos-Rocha A. *Acrocomia* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15663>. Acesso em: 09 de maio de 2024.

- 2 Gonçalves DCM, Corrêa J, J, Gama JRV, Júnior RCO. Analysis of secondary vegetation in conservation units: the use of forest resources by traditional communities. **Nature and Conservation**, v. 1, p. 2,2019.
- 3 Colombo CA. **Macaúba: uma palmeira tropical promissora para a produção de óleo vegetal**. Dissertação (Mestrado) apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2017.
- 4 Farias TM. **Biometria e processamento dos frutos da Macaúba (*Acrocomias sp*) para a produção de óleos. Belo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Programa de Pós - graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- 5 EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), Embrapa mapeia degradação das pastagens do Cerrado”. **Embrapa Cerrados**. 2014. Disponível em:<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacaodas-pastagens-do-cerrado>. Acesso em: 08 maio de2024.
- 6 Silva LDJDS, Meneghetti GA, Pinheiro JOC, dos Santos EM, Parintins DMO. Extrativismo como elemento de desenvolvimento e sustentabilidade na Amazônia: um estudo a partir das comunidades coletoras de castanha-do-brasil em Tefé, AM. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 11, n. 2, p. 168–187, 2019.
- 7 Sant’ana CT, Costa MBC, Martino HCD, Barros FAR. Macauba (*Acrocomia aculeata*) promising source of nutrients and association with health benefits, a review. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, p.3, 2023.
- 8 Amaral FP, Broetto F, Batistela CB, Jorge SMA. Extraction and qualitative characterization of pulp and almonds oils of macauba fruits [*Acrocomi aaculeata* (Jacq) Lo dd. ex Mart] collected in the region of Botucatu, SP. **Energy in Agriculture**, v.26, p.12-20, 2011.
- 9 Lieb VM, Schex R, Esquivel P, Jliménez VM,Schmarr HG, Carle R, Steingass CB. Fatty acids and triacylglycerols in the mesocarp and kernel oils of maturing Costa Rican *Acrocomia aculeata*. **NFS Journal**, v.14, p.6-13, 2019.

- 10 Schneider D, Rasch D, Dewes DC, Souza É, Korbes J, Hammes LD, Piletti R. Determinação de vida-de-prateleira de produtos alimentícios. In: **AGROTEC – SIMPÓSIO DE AGRONOMIA E TECNOLOGIA, 5, 2018, Chapecó**. Anais [...], Chapecó, SC, 2018, 6 p. Disponível em: https://eventos.uceff.edu.br/eventosfai_dados/artigos/agrotec2018/950.pdf . Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- 11 Botham K, Mayer P, Rodwell VW, Bender V, Botham K, Kenelly P, Weil A. Lipídios de importância fisiológica. **Bioquímica Ilustrada de Harper**, v 1, p.790, 2021.
- 12 Antoniassi R, Freitas SC, Silva T, Santiago MCPA, Wilhelm AE, Junqueira NTV. Impact of genotype on fatty acid profile, oil content and nutritional value of the sweet fruits of *Acrocomia aculeata*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 6, p.796, 2020.
- 13 Pastor R, Bouzas C, Tur J. Beneficial Effects Of Dietary Supplementation With Olive Oil, Oleic Acid, Or Hydroxytyrosol In Metabolic Syndrome: Systematic Review And Meta-Analysis. **Free Radical Biology and Medicine**, v.172, p.372-775, 2021.
- 14 Sant'ana CT, Verediano TA, Graciere M, Toledo RC, Tako E, Costa NMB, Martinho HSD, Barros FAR. Macauba (*Acrocomia aculeata*) Pulp Oil Prevents Adipogenesis, Inflammation and Oxidative Stress in Mice Fed a High-Fat Diet. **Journal Nutrients**, v.15, p-1252, 2023.
- 15 Moschopoulou, E. et al. **Food Quality and Shelf Life: Food Quality Changes during Shelf Life**. 1ª ed. Elsevier Inc, 2019. 31p.
- 16 Pinto JV. **Elaboração de manual prático para determinação de vida-de-prateleira de produtos alimentícios**. 2015. 66 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Curso de Engenharia de Alimentos. Porto Alegre, 2015.
- 18 Raspe D, Mello B, Silva PJ, da Silva, C. Esterificação Homogênea dos ácidos graxos livres do óleo da polpa de Macaúba (*Acrocomia aculeata*). **E-xacta**, v. 7, n. 1, p. 45-54, 2014.
- 19 Córdova A, Quesada C, Saavedra J. A Comparison of the MALST Method on Univariate Kinetic Modeling for Determination of Shelf Life in Dried Apple Cereal Snacks. **Procedia Food Science**, v.1, p.1045–1050, 2011.

- 20 IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.
- 21 Fonseca RSK, De Souza, LDSS, Pereira AM. Evaluation of the antimicrobial activity of macaúba oil (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart). **Brazilian Journal of Development**, v. 8, p. 23945-23962, 2022.
- 22 Rovere BO, Rodrigues JH, Teleken JG. Reduction of the acidity index through neutralization and esterification for biodiesel production. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p.24678–24686, 2020.
- 23 BRASIL. IN nº 87, de 15 de março de 2021^a. Diário Oficial [da] **República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 mar. 2021. Disponível em:http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_726_2022_.pdf/3baf0ed8-a1c3-4b37-ac5e-c57943c2b0c1. Acesso em: 26 de março de 2024.
- 24 Amaral, FP. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart]**. 2007. XIII, 52 f. Dissertação (mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2007.
- 25 Costa GLA, Buccini DF, Arruda ALA, Favaro SP, Moreno SE. Phytochemical profile, anti-inflammatory, antimutagenic and antioxidant properties of *Acrocomia aculeata*(Jacq.) Lodd. pulpoil. **Food Science and Technology**, v. 4, p. 40, 2020.
- 26 Souza F, Rodrigues F, Rodrigues L. Extração artesanal e caracterização do óleo de Macaúba (*Acrocomia aculeata*) em dois estágios de maturação. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, 2013.
- 27 Lima SV. **Avaliação da qualidade de óleos fixos vegetais produzidos numa indústria de insumos**. Trabalho de conclusão de curso bacharelado em Farmácia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal –RN, 2023.
- 28 Moura CVR, Silva BC, Castro AG, Moura EM, Veloso MEC, Sittolin IM, Araújo ECE. Caracterização Físico-Química de Óleos Vegetais de Oleaginosas Adaptáveis ao Nordeste Brasileiro com Potenciais para Produção de Biodiesel **Revista Virtual de Química**. v. 11, p- 573-595, 2019.

29 Furquim LC, de Souza Castro CF, Resende O, Campos JMC, Cabral AL, Furquim Filho CS (2014). Effect of drying and storage of *Jatropha curcas* L. seeds on oil quality. **Scientific Multidisciplinary Journal**, v. 1, n. 1, p. 51-70, 2014.

30 Amaral FPD, Broetto F, Batistela CB, Jorge SMA. Extraction and qualitative characterization of pulp and almonds oils of macauba fruits [*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. ex Mart] collected in the region of Botucatu, SP. **Revista Energia na Agricultura**, v.26, p.12-20, 2011.

31 Berton LHC, Azevedo Filho JAD, Limonta CR. Seleção de matrizes de Macaúba (*Acrocomia aculeata*) para produção de biodiesel. **IV Workshop Agroenergia**: Ribeirão Preto, SP, 2012.

32 Pimenta TV, Andrade MHC, Antoniassi R. Extração, neutralização e caracterização dos óleos do fruto da macaúba (*Acrocomia aculeata*). **Congresso Brasileiro De Engenharia Química**, Búzios. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Química, v.19, p. 4031-4040, 2012.

33 Bertolino JF, Ferreira K, Mascarenhas LJ, Oliveira LP, Vulcani V. Aplicabilidade do Óleo de Pequi na cicatrização. **Enciclopedia Biosfera**, v. 16, n. 29, p., 2019.

34 Magalhães KT, Tavares TS, Nunes CA. The chemical, thermal and textural characterization of fractions from Macauba kernel oil. **Food Research International**, v. 130, p.72, 2020.

35 Costa N, Goes MM, Canciam CA. Levantamento da vida-de-prateleira do óleo de soja comercializado nas cidades de Ponta Grossa e Teixeira Soares - PR. In: **VIII Semana de Tecnologia em Alimentos**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Ponta Grossa - Paraná - Brasil, 2011.

36 Silva TDF. **Estudo térmico e determinação da energia de ativação do biodiesel de polpa e amêndoa de macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. v. 58 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Biocombustíveis, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.

37 Valério PP. **Óleos comestíveis extraídos mecanicamente de frutos da palmeira *Acrocomia aculeata* como novos alimentos: processamento, caracterização e**

cinética de degradação térmica de compostos bioativos. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

38 Garcia CG, Valério PP. Estudo da cinética de degradação térmica do óleo vegetal de palma. Revista: **E-XACTA**, v. 10, n. 2, p. 81-94, 2017.

6 CONCLUSÕES

Foi constatada que a melhor condição de armazenamento do óleo é com proteção de luz, principalmente na temperatura de 25°C, em que o óleo apresentou uma estabilidade de 551 dias, uma durabilidade prolongada em comparação com o armazenamento sem proteção.

Levando em consideração os resultados obtidos e as discussões realizadas, pode-se concluir que o óleo obtido das amêndoas de macaúba possui propriedades físico-químicas que atendem aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente. Refletem ainda, que há influência de algumas variáveis, como região de cultivo, estágio de maturação e condições de armazenamento, e também destacam, a importância do controle rigoroso durante o processamento. A constatação de valores dentro dos limites regulatórios, especialmente para parâmetros críticos, como acidez e índice de peróxido, evidencia a adequada conservação do óleo e sua viabilidade para consumo humano.

Ressalta-se a necessidade contínua de estudos para compreender melhor sua estabilidade ao longo do tempo e explorar novas aplicações para esse recurso natural valioso, alinhando assim as demandas do mercado com as oportunidades oferecidas por essa matéria-prima singular.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. B.; SOLVA, M. V. DA; LANNES, S. C. D. S. Lipid oxidation in meat: Mechanisms and protective factors - a review. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 38, n. 1, p. 1–15, 2018.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International** 22° ed. New York, 2023; online ed, AOAC Publications 4 Jan. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>>. Acesso em 14 Mar. 2023.

ARAÚJO, J. M. A. Química de alimentos: **Teoria e prática**. 4ª ed. Viçosa: Editora UFV. 2008. 596p.

BERTO, M. B. **Caracterização de azeites de oliva produzidos no Brasil e monitoramento da sua qualidade oxidativa durante o armazenamento. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia de alimentos)** - Universidade Federal de São Carlos. SP, 2020.

BERTOLINO M. Rancidity in foods and adverse health effects. **Food Safety Brazil**, 2021. Disponível em: Acesso em 5 Fev. de 2024.

BOTHAM, K., MAYER, P. RODWELI, V. W. BENDER, V. BOTHAM, K. KENELLY, P.; Weil, A. Lipids of physiological importance. **Harper's Illustrated Biochemistry**, v.1, p-790, 2021.

BRASIL. IN nº 87, de 15 de março de 2021. Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 marc. 2021. Disponível em:<https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5887540/IN_87_2021_.pdf/10472f9f-5e55-4da1-84a7-04f24d26c858#:~:text=Estabelece%20a%20lista%20de%20esp%C3%A9cies,para%20%C3%B3leos%20e%20gorduras%20vegetais>.

CAO, X; JIAYUE X. YUHAO Z. YUANYUAN W. HUI, X. SHAOKANG W. WANG L. GUIJU S. The effect of MUFA rich. food on lipid profile: A Meta-analysis of randomized and controlled-feeding trials. **Foods**, v.11, p.13, 2022.

CELESTINO, I. C. **Vida-de-prateleira acelerada e bioativos em polpa de Passiflora setacea pasteurizada**. 2019. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Characterization of the Pulp and Kernel Oils from *Syagrus oleracea*, *Syagrusromanzoffiana*, and *Acrocomia aculeata*. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 8, p. C1156-C1161, 2011.

COLOMBO, C.A. **Macaúba: uma palmeira tropical promissora para a produção de óleo vegetal**. Dissertação (Mestrado) apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2017.

CORSINI, M. Perfil De Ácidos Graxos e Avaliação Da Alteração Em Óleos De Fritura. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 956-961, 2008.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (2014), “Embrapa mapeia degradação das pastagens do Cerrado”. **Embrapa Cerrados**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacaodas-pastagens-do-cerrado>.

EVARISTO, A. B., GROSSI, J. A. S., PIMENTEL, L. D., MELO G, S., MARTINS, A. D., S, V. L.,MOTOIKE, S. Harvest and post-harvest conditions influencing macauba (*Acrocomia aculeata*) oil quality attributes. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p.63-73, 2016.

FAO. (2014). **The state of food insecurity in the world 2014: Strengthening the enabling environment for food and nutritional security**. FAO: Rome.2014.

FARIAS, T. M. **Biometria e processamento dos frutos da macaúba (*Acrocomias sp*) para a produção de óleos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Programa de Pós - graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

FEINGOLD, K.; ANAWALT, B.; BLACKMAN, M. R. The effect of diet on cardiovascular disease and lipid and lipoprotein levels. In: **FEINGOLD, K. R. Endotext**. 1. ed. 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570127/>.

FIGUEIREDO, P. S., Guimarães, R. C. A., Freitas, K. C.; Hiane, P. A. **Abordagem fisiológica e analítica de óleos vegetais**. Chisinau: Lambert. (LIVRO), 2018. 470p.

GONÇALVES, D. C. M.; CORRÊA, J. J.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; Analysis of secondary vegetation in conservation units: the use of forest resources by traditional communities. **Nature and Conservation**, v. 12, n. 1, p.5, 2019.

GONDIM, J. A. M. et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005.

GRANDE, S. C.; CREN, E. C. Demand for vegetable proteins: potential and the difference between macaúba bran. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry**, v.2, n.3, p.190-214, 2016.

HAOUIET, M. N.; TOMMASINO, M.; MERCURI, M. L.; BENEDETTI, F.; BELLA, S.D.; FRAMBOAS, M.; PELLI, S.; ALTISSIMI, M. S. Experimental accelerated shelf life determination of a ready-to-eat processes food. **Italian Journal of Food Safety**, v.7, p.6919, 2019.

HERRERA, B. J.; DUEÑAS, A. C. **La cata de aceites: Aceite de oliva virgem. Características organolépticas y análisis sensorial.** 1 ed. Sevilla: Copsysevilla, 2008.

HIANE, P.A.; BALDASSO, P.A.; MARANGONI, S.; MACEDO, M.L. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (JACQ) LODD. **Food Science and Technology**, v.26, n. 3, p. 683-689, 2006.

HOOPER, L. MARTIN, N. JIMOH, O., KIRK, C. FOSTER, E. ABDELHAMID, A. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease; Cochrane Heart Group,5(5), **National Center for Biotechnology Information**, 8, p. 283, 2021.

HOOPER, L. Omega-6 fats for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease. Cochrane Database of Systematic Reviews. **National Center for Biotechnology Information**, v. 7, p.189, 2018.

Instituto Adolfo Lutz – IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4 ed.Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JORGE, R. O. **Caracterização de azeites virgem extra “gourmet” varietais e “blends” comercializados no mercado do Rio Grande do Sul. 2010. 2010. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu**

Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas RS. 2010. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/123456789/1328>.

KOLIAKI C, LIATIS S, KOKKINOS A. Obesity and cardiovascular disease: revisiting an old relationship. **Metabolism**, v.92, p.98–107., 2019.

KYRITSAKIS, A; MARKAKIS, P. Olive Oil: A Review, **Advances in Food Research**, v.31, p.453-482. 1987.

LESCANO, CH, OLIVEIRA, IP, LR, Baldivia, DS, SanjinezArgandoña, EJ, Arruda, EJ, Moraes, ICF, & Lima FF. Nutrient content, characterization and oil extraction of *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. fruits. **African Journal of Food Science**, v.9, n.3, p.113-119, 2015.

LIEB, V. M., SCHEX, R., ESQUIVEI, P., JIMÉNEZ, V. M., SCHMAN, H.-G, CARLE, R., STEINGASS, C.B. (2019). Fatty acids and triacylglycerols in the mesocarp and kernel oils of maturing Costa Rican *Acrocomia aculeata*. **NFS Journal**, v.14, n.15, p.6-3, 2019.

LIMA, S V. **Avaliação da qualidade de óleos fixos vegetais produzidos numa indústria de insumos**. Trabalho de conclusão de curso bacharelado em Farmácia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal –RN, 2023.

LOPES L, V. HARUMI O, M.; PACHECO, S. BASÍLIO, E, O. RIBEIRO B, F, A. Obtention and evaluation of physico-chemical and techno-functional properties of macauba (*Acrocomia aculeata*) kernel protein isolate. **Food Research International**, v. 161, p. 111-848, 2022.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MEDEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S.; BEHR, N. **Brazilian palm trees: exotic and native**. Nova Odessa: Plantarum, 1996. 303p.

MAGGI C. **Câncer 360º: orientações para uma vida melhor, orientações nutricionais: pacientes, familiares e cuidadores**. Recife: Editora Carpe Diem; 2018. 210p.

MARTINS, G, A, S. **Determinação da vida-de prateleira por testes acelerados de doce em massa de banana cv. prata**. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MEYER, J. M. **Teor e composição de ácidos graxos de óleos de frutos de palmeiras nativas**. **Dissertação em Biociências**. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2013.

MINAS GERAIS. Lei nº 19.485, de 14 de janeiro de 2011. Institui o Programa Estadual de Incentivo ao Plantio e à Industrialização da Palma de Óleo – Pró-Macaúba, e dá outras providências. **Diário do Executivo [do] Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, Seção 1, p. 1. 15 jan. 2011. 2011.

MOSCHOPOULOU, E. et al. **Food Quality and Shelf Life: Food Quality Changes during Shelf Life**. 1ª ed. Elsevier Inc, 2019. 31p.

MUNHOZ, C.L. Composição química e de fatores antinutricionais de frutos de bocaiúva. **Ambiência Guarapuava**, v.14, n.1. p.9, 2018.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 7ª ed Porto Alegre: Artmed, 2019. 1196p.

NIU, Y.; YUN, J.; BI, Y.; WANG, T.; ZHANG, Y.; LIU, H.; ZHAO, F. Predicting the shelf life of postharvest *Flammulina velutipes* at various temperatures based on mushroom quality and specific spoilage organisms. **Postharvest Biology and Technology**, v.167, p.111235, 2020.

NOBRE, D.A.C., TROGELLO, E., BORGHETTI, R.A. & DAVID, A.M.S. Macaúba: Palm tree sustainably harvested for biofuel. **Colloquium Agrariae**, v.25. n1, p.6, 2014.

NUNES, Â, A.; BUCCINI, D, F.; JAQUES, J, A, S.; PORTUGAL, L, C. GUIMARÃES, R, C, A.; FAVARO, S, P.; CALDAS, R. A.; CARVALHO, C, M, E. Effect of *Acrocomia aculeata* seed oil on adiposity in type 2 diabetic rats. **Plant Foods for Human Nutrition**, 2018.

OLIVEIRA, W. L.; SCARITO, A. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do pequi**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 84p.

PARLAMENTO EUROPEU E CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. (2014). **Official Journal of the European Union Commission Implementing Regulation**, v. p.18–63, 2014.

PINTO, J.V. **Elaboração de manual prático para determinação de vida-de-prateleira de produtos alimentícios**. 2015. 66 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Curso de Engenharia de Alimentos. Porto Alegre, 2015.

PUBCHEM, G, A. **National Library of Medicine**. 51^a ed. **National Center for Biotechnology Information**, 2023. 725p.

RAMOS, M. RAMOS, F, M. HIANE, P, A. BRAGA NETO, J, A, SIQUEIRA, E, M, A. Nutritional quality of the pulp of bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Food Science and Technology**, v.28, p.90–94, 2008.

RODRIGUES, A.S. **Inventário do ciclo de vida da produção de biodiesel utilizando macaúba como fonte de matéria-prima**. Tese (Mestrado em Biocombustíveis) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, 2021.

RODRIGUEZ, D. Update on Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Cardiovascular Health. **Nutrients**, v.3, p.23, 2022.

ROTH, G. MENSAH, C. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990–2019. **Journal of the American College of Cardiology**, v.76, n.25, p.2982– 3021, 2020.

ROVERE, B.O. RODRIGUES, J.H. TELEKEN, J.G. Reduction of the acidity index through neutralization and esterification for biodiesel production. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p.24678–24686, 2020.

SANT' ANA, C, T, A.; COSTA, M. B. C.; MARTINO, H. C. D.; BARROS, F. A. R. Macauba (*Acrocomia aculeata*) promising source of nutrients and association with health benefits, a review. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, p-3, 2023.

SANT' ANA, C. T; VEREDIANO, T. A ; GRANCIERI. M; TOLEDO. R, C, TAKO, E; COSTA, N. M. B; MARTINO, H. S .D; BARROS, F A. R. Macauba (*Acrocomia aculeata*) Pulp Oil Prevents Adipogenesis, Inflammation and Oxidative Stress in Mice Fed a High-Fat Diet. **Journal Nutrients**, v.15, p.1252, 2023.

SCHEX, R.; LIEB, V.M.; JIMÉNEZ, V, M. ESQUIVEL, P. SCHWEIGGERT, R, M, CARLE, R. STEINGASS, C, B. Análise por HPLC-DAD-APCI/ESI-MSn de carotenóides e γ -tocoferol em frutos de *Acrocomia aculeata* da Costa Rica em vários estágios de maturidade. **International Food Research**, v.105, p.645-653, 2018.

SCHNEIDER, D, R. DEWES, D, C. SOUZA, E, K, J. HAMMES, L, D. PILETTI, R. Determinação de vida-de-prateleira de produtos alimentícios. In: AGROTEC – **SIMPÓSIO**

DE AGRONOMIA E TECNOLOGIA. Chapecó, SC, 2018, 6 p. Disponível em:<https://eventos.uceff.edu.br/eventosfai_dados/artigos/agrotec2018/950.pdf> . Acesso em: 20 de janeiro de 2024.

SINGER, S. D., ZOU, J., & WESELAKE, R. J. Abiotic factors influence plant storage lipid accumulation and composition. **Plant Science**, v.1, n.9, p.243, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.11.003>. PMID:26795146.

SOARES, B,L,H,C. Caracterização de populações naturais de macaúba e avaliação do potencial produtivo. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2019.

SOUZA, T, F, M. **Efeito da luz na degradação de azeite em diferentes embalagens.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

STEEL, C. J.; BLOCK, J. M.; BARRERA-ARELLANO.; BLOCK, J. M.; BARRERA-ARELLANO, D. **Temas selectos em azeites**, v. 2, São Paulo: Blucher, 2013. 36p.

SWATI, B. SANTOS, H, J, P. ANOOP, M. KAMAL, K, P, KHALID, A, R, M. PANDEY, V, K. Effect Of Heating/Reheating Of Fats/Oils, As Used By Asian Indians, On Trans Fatty Acid Formation. **Food Chemistry**, v. 212, p. 663-670, 2016.

TEIXEIRA NETO, R.O.; VITALI, A.A; MOURA, S.C.S.R. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados.** 3. Ed. Campinas: ITAL, 2004. 81p.

VIANNA, AS (2016)., Campos-Rocha, A. Acrocomia. **In Flora e Funga do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15663>. Acesso em: 09 Mai 2024.

WANASUNDARA, P, K, J. SHAHIDI, F. **Antioxidants:** Science, technology, and applications. 6 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005. 552p.