

## Efeito dos métodos de extração sobre a estabilidade oxidativa e atividade antioxidante do óleo de macadâmia sob estocagem em estufa

*Effect of extraction methods on the oxidative stability and antioxidant activity of macadamia oil under oven storage*

Heitor da Silva Salmazo<sup>1</sup>, Carolina Médici Veronezi<sup>2</sup>, Neuza Jorge<sup>3</sup>

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos métodos de extração sobre a qualidade e capacidade antioxidant do óleo de macadâmia (*Macadamia integrifolia*), visando aplicação para fins alimentícios. Os óleos foram extraídos da noz por Prensagem a frio e Soxhlet. As propriedades físico-químicas e antioxidantes dos óleos extraídos foram determinadas por meio de métodos analíticos padrões para óleos e gorduras. A extração por Soxhlet apresentou maior rendimento de lipídios totais (55,06%). Os óleos de macadâmia, extraídos por Prensagem a frio e Soxhlet, apresentaram propriedades físico-químicas comparáveis às de óleos convencionais de boa qualidade, evidenciadas pelos baixos teores de ácidos graxos livres (0,65 e 1,07%) e índice de peróxidos (0,51 e 0,76 meq/kg) e, elevados índices de estabilidade oxidativa (27,74 e 47,49 h), respectivamente. Ao final de 21 dias de estocagem em estufa, o óleo extraído por prensagem a frio se destacou com menor índice de dienos conjugados e, pelos maiores índices de estabilidade oxidativa e compostos fenólicos totais. Por outro lado, o óleo extraído por Soxhlet se sobressaiu com menores índices de anisidina e totox e, maior atividade antioxidante por FRAP.

**Palavras-chave:** *Macadamia integrifolia*. Extração de Óleo. Caracterização.

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of extraction methods on the quality and antioxidant capacity of macadamia oil (*Macadamia integrifolia*), aiming at its application for food purposes. The oils were extracted from the nut by cold pressing and Soxhlet. The physicochemical and antioxidant properties of the extracted oils were determined using standard analytical methods for oils and fats. Soxhlet extraction showed a higher yield of total lipids (55.06%). Macadamia oils extracted by cold pressing and Soxhlet presented physicochemical properties comparable to those of good quality conventional oils, evidenced by the low levels of free fatty acids (0.65 and 1.07%) and peroxide values (0.51 and 0.76 meq/kg), and high indices of oxidative stability (27.74 and 47.49 h), respectively. After 21 days of oven storage, the cold-pressed oil had lower conjugated dienes and higher oxidative stability and total phenolic compounds. Conversely, the Soxhlet-extracted oil had lower anisidine and totox levels and higher antioxidant activity (FRAP).

**Keywords:** *Macadamia integrifolia*. Oil Extraction. Characterization

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. E-mail: hs.salmazo@unesp.br.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4697-3153>

<sup>2</sup>Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. E-mail: cveronezi@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9737-6933>

<sup>3</sup>Doutora em Engenharia de Alimentos. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. E-mail: neuza.jorge@unesp.br.

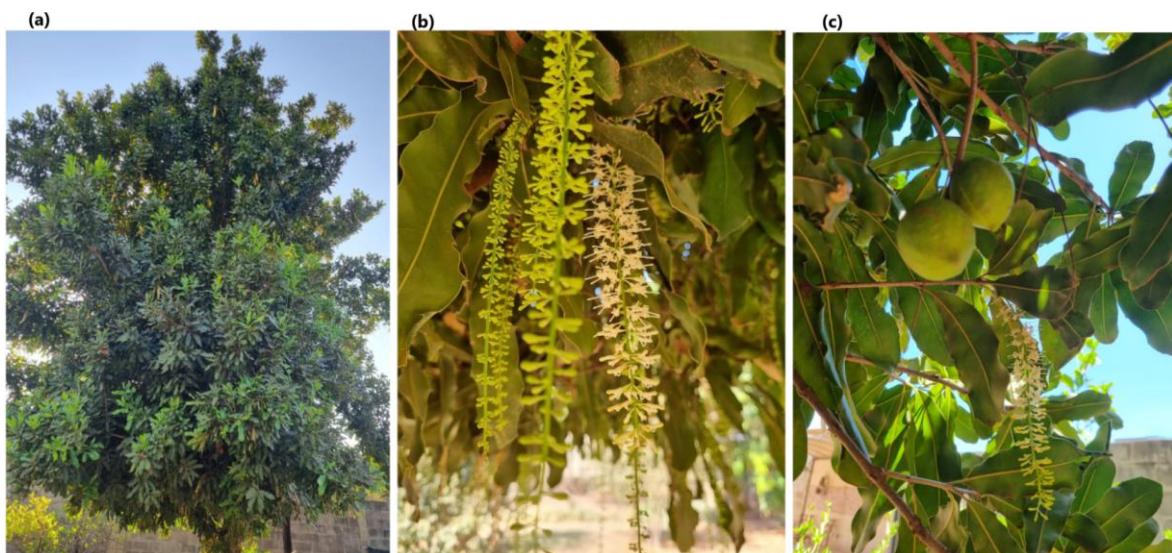
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7166-0880>

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda do consumidor por alimentos saudáveis e nutritivos aumentou o interesse por fontes alternativas de óleos vegetais. Dessa forma, estudos têm se concentrado nas nozes como uma fonte alternativa de óleo vegetal para atender à demanda futura por alimentos saudáveis. As nozes não são apenas uma rica fonte de macronutrientes (carboidratos, proteínas e gordura) e micronutrientes (minerais e vitaminas), mas o óleo é um tesouro de compostos benéficos à saúde que podem prevenir doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, câncer, pressão alta e doenças neurodegenerativas (GAMA et al., 2018).

A noz macadâmia é uma amêndoia nativa da Austrália e pertencente à família das *Proteaceae*, as mesmas das grevíleas e do carvalho nacional, a qual apresenta quatro espécies, com destaque para *Macadamia integrifolia*, única no plantio comercial e *Macadamia tetraphylla* (SOBIERAJSKI et al., 2006).

Como ilustrado na Figura 1, a noz é originada de uma árvore de cerca de 10 metros de altura, com folhas verde escuras e flores produzidas em cachos com 75 ou mais flores, rendendo cerca de 20 frutos apenas por cacho (FRANÇA, 2007). Os frutos da planta arbórea macadâmia são arredondados, com casca avermelhada e polpa carnosa com coloração creme-esverdeada (pericarpo), terminando em uma outra casca (noz) marrom, que contém a amêndoia de coloração creme em seu interior (SILVA et al., 2011; FEDALTO et al., 2018).



**Figura 1.** Aspectos gerais da *Macadamia integrifolia*: árvore (a), flores (b), frutos (c).

**Fonte:** Imagens elaboradas pelos autores.

Trata-se de um segmento considerado ainda pequeno no Brasil, sendo o oitavo maior produtor e o Estado de São Paulo destaca-se com aproximadamente 50% da produção nacional. Os maiores produtores mundiais da noz são África do Sul, Austrália, Quênia, China e Estados Unidos. A noz macadâmia, com elevado valor nos mercados interno e externo, representa um nicho com potencial de expansão. O consumo de macadâmia é altamente competitivo com as outras variedades de nozes e concorre principalmente com as castanhas de caju e do Pará (MARTIN, 1992; SOBIERAJSKI et al., 2006).

Devido seus diversos benefícios, a amêndoas é procurada entre distintas indústrias, desde a de cosméticos para fabricação de hidratantes e cremes, as indústrias farmacêuticas e de alimentos devido às suas propriedades e benefícios à saúde na fabricação de remédios, produção de óleos e confeitoraria, sendo utilizada *in natura*, desidratada ou torrada (SILVA et al., 2011).

A amêndoas macadâmia possui quantidades relativamente altas de óleo, entre 66,3% e 81,2%, conforme Mason e Wills (2000), e 73 e 78% de acordo com Shuai et al. (2021) quando avaliaram 15 variedades de macadâmia, sendo os diferentes resultados dependentes da qualidade e variedade do fruto, das condições climáticas e do cultivo da planta, influenciando diretamente em sua composição nutricional.

A noz macadâmia é uma amêndoas de alto valor comercial, é rica em nutrientes, compostos bioativos e gorduras saudáveis, óleos monoinsaturados (principalmente ácidos graxos oleico e palmitoléico), sendo de grande importância para a saúde humana, devido a sua capacidade de reduzir os riscos de doenças cardiovasculares e os níveis de colesterol ruim (LDL) no sangue (WALL, 2010; NAVARRO; RODRIGUES, 2016; SHUAI et al., 2021).

O óleo de macadâmia apresenta coloração amarelo claro, cristalino, com sabor suave e agradável, característico de nozes (FRANÇA, 2007; TAN et al., 2020). Possui alto teor de triacilgliceróis, sendo que aproximadamente 80% destes são ácidos graxos monoinsaturados, 12% de ácidos graxos saturados e 4,0% de ácidos graxos poli-insaturados (HU et al., 2022; SHUAI et al., 2022). O óleo de macadâmia é similar ao azeite de oliva na composição e uso por apresentar teores baixos em gorduras saturadas e poli-insaturadas.

Do ponto de vista comercial, a extração de óleos vegetais pode ser realizada por meio de diferentes processos como: prensagem mecânica (hidráulica e contínua), extração por solventes, ou a combinação desses dois processos, chamado de misto (JORGE, 2009). A extração mecânica é o método mais antigo de extração de óleo, que consiste na aplicação de pressão através do uso de prensas (NAVARRO; RODRIGUES, 2016; SIGER et al.,

2017). Trata-se de um processo simples, de fácil manuseio, fácil aquisição e não utiliza produtos químicos, geralmente empregado para materiais de baixa umidade como amêndoas com alto teor de óleo. Entretanto, a eficiência do processo mecânico na extração de óleo é inferior ao compará-lo com o processo por solvente. A torta, coproducto da extração mecânica, pode conter uma quantidade apreciável de óleo residual em média de 8 a 14% de óleo não extraído. Por outro lado, o resíduo da extração por solvente contém em média 0,5 a 0,6% (NUNES, 2013), tornando-se a extração do óleo com a utilização de solventes o caminho mais viável. Por esse motivo, quando a matéria-prima tem alto teor de óleo, acima de 35% em peso, o processo industrial poderá combinar a pré-prensagem seguida da extração por solvente (RODRIGUES, 2011).

Tendo em vista o alto valor no mercado e a presença forte na Região Noroeste de São Paulo, viu-se a necessidade de estudar as melhores condições de extração do óleo da macadâmia proveniente da região, visando a obtenção de um método eficiente com melhor rendimento e qualidade. Para tanto, o presente estudo teve como objetivos caracterizar físico-quimicamente os óleos de macadâmia e avaliar a influência de diferentes métodos de extração sobre a qualidade e capacidade antioxidante dos óleos sob estocagem em estufa.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

As nozes foram obtidas pela empresa Macadâmia Bela Vista, localizada na região de Amparo/SP, e transportadas em embalagens plásticas laminadas sob vácuo para o Laboratório de Óleos e Gorduras da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto-SP.

Os óleos foram obtidos pelos seguintes métodos de extração: processo físico de extração a frio, realizado por prensa hidráulica (Tecnal, Modelo TE-098), em temperatura ambiente, com pressão de 3-12 toneladas (COSTA et al., 2020) e; método de extração por solvente, com éter de petróleo quente a 40-60°C, em extrator Soxhlet com refluxo por 6 horas (AOCS, 2009). Após a extração, os óleos foram acondicionados em frascos de vidro âmbar, inertizados com nitrogênio gasoso, fechados com tampas de rosca e armazenados em freezer (-18°C) até o momento das análises.

### Propriedades físico-químicas

Os ácidos graxos livres (% de ácido oleico); dienos conjugados; Índice de peróxidos (meq/kg); índice de refração (a 40°C utilizando o refratômetro de Abbé); índice de iodo;

índice de saponificação (KOH/g); matéria insaponificável e índice de estabilidade oxidativa (utilizando o Rancimat, temperatura de 110°C e fluxo de ar de 20 L/h) foram realizados conforme o método da AOCS (2009).

### Atividade antioxidante

Os compostos fenólicos totais foram extraídos de acordo com o método proposto por Parry et al. (2005). A quantificação foi determinada conforme a metodologia descrita por Singleton e Rossi (1965), utilizando reagente de Folin-Ciocalteu e detectados a  $\lambda = 765$  nm em espectrofotômetro (Modelo UV-VIS mini 1240, Shimadzu, Chiyoda-ku, Tokyo, Japão), sendo os resultados expressos em mg EAG/g;

O método DPPH<sup>•</sup> foi determinado conforme metodologia descrita por Kalantzakis et al. (2006). Este método consiste em avaliar a atividade sequestradora do radical livre 2,2, difenil-1-picril-hidrazila (DPPH<sup>•</sup>). A medida da atividade antioxidante foi feita espectrofotometricamente em 517 nm e os valores medidos foram convertidos em porcentagem de atividade antioxidante (%).

O método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) foi realizado de acordo com Szydłowska-Czerniak et al. (2008). O ensaio FRAP é baseado na capacidade dos fenóis em reduzir o Fe<sup>3+</sup> em Fe<sup>2+</sup>. Quando isto ocorre, na presença de 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ), a redução é acompanhada pela formação de um complexo corado com o Fe<sup>2+</sup>, assim, a cor da solução muda de amarela para verde dependendo do poder do antioxidante (PULIDO et al., 2000). O ensaio foi expresso em µMol Trolox/100 g.

### Análise estatística

O trabalho foi realizado no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (2 óleos x 4 tempos). Os resultados obtidos das determinações analíticas foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias foram testadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, por meio do programa ESTAT, versão 2.0 (BANZATTO; KRONKA, 2006).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os rendimentos de extração para os óleos foram 55,06 e 12,37% para os métodos Soxhlet e Prensagem a frio, respectivamente (Tabela 1). Evidencia-se que, o método de extração lipídica por solvente foi mais eficiente (55,06%), porém, apresentou valor abaixo da média (75,98%) obtida por Shuai et al. 2021 ao avaliarem 15 cultivares de noz macadâmia. O baixo teor pode ser justificado pela granulometria da amêndoia no momento da extração, pois quanto menor o diâmetro da partícula da amêndoia, maior a área

superficial de contato com solvente, logo, melhor a extração e rendimento, havendo grande influência o modo e condições de preparo da amostra para a extração do óleo (FERREIRA, 2015). A extração por Prensagem a frio pode ser uma opção viável em termos de qualidade do óleo quando comparada ao método Soxhlet, pois não passa por aquecimento, apesar do menor rendimento de extração, ocasionado pela grande retenção de óleo na torta residual. Os resultados obtidos mostraram comportamento semelhante aos encontrados por Shuai et al. (2022), onde os métodos por solvente apresentaram maiores rendimentos.

Os valores de ácidos graxos livres encontrados foram 0,65 e 1,07%, para Soxhlet e Prensagem a frio, respectivamente. Menor porcentagem de ácidos graxos livres reflete em menor degradação do óleo, representando melhor qualidade e estabilidade. A legislação vigente (CODEX ALIMENTARIUS, 2009; BRASIL, 2021) estabelece limites máximos de 0,6 mg KOH/g (0,3% de acidez) para óleos e gorduras refinados, e 4,0 mg KOH/g (2% de acidez) para óleos prensados a frio e não refinados. Conforme os resultados observados na Tabela 1, os óleos estão dentro destes limites, garantindo segurança para consumo.

**Tabela 1.** Análises físico-químicas dos óleos de macadâmia.

Análises	Prensagem a frio	Soxhlet
Rendimento (%)	12,37 ± 0,01 <sup>b</sup>	55,06 ± 3,85 <sup>a</sup>
Ácidos graxos livres (% oleico)	1,07 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,65 ± 0,04 <sup>b</sup>
Índice de peróxidos (meq/kg)	0,51 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,76 ± 0,07 <sup>a</sup>
Índice de refração (40°C)	1,4610 ± 0,0007 <sup>a</sup>	1,4608 ± 0,0004 <sup>a</sup>
Índice de iodo (g I <sub>2</sub> /100 g)	90,68 ± 0,90 <sup>a</sup>	92,93 ± 1,45 <sup>a</sup>
Saponificação (mg KOH/g)	195,11 ± 1,27 <sup>a</sup>	195,38 ± 2,63 <sup>a</sup>
Matéria insaponificável (%)	0,94 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,05 ± 0,01 <sup>a</sup>
Estabilidade oxidativa (h)	27,74 ± 0,38 <sup>b</sup>	29,29 ± 0,07 <sup>a</sup>

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Os índices de peróxidos diferiram significativamente, cujos resultados obtidos apresentaram valores de 0,51 e 0,76 meq/kg para extrações por Prensagem e pelo método de Soxhlet. O maior valor para Soxhlet se deu possivelmente pela ação da temperatura durante a extração, sendo um indicativo de maior degradação do óleo. Os resultados encontram-se abaixo dos relatados por Ribeiro et al. (2020), 0,95 meq/kg, para óleo de macadâmia extraído por prensagem hidráulica sem tratamento. A legislação brasileira preconiza que os índices de peróxidos devem ser de, no máximo, 10 e 15 meq/kg para óleos e gorduras refinados e óleos prensados a frio e não refinados, respectivamente, estando dentro dos padrões (BRASIL, 2021).

Os índices de refração obtidos foram 1,4608 para o método Soxhlet e 1,4610 por Prensagem a frio, valores consistentes com os encontrados por Shuai et al. (2022) para

óleos de macadâmia (1,467). Os índices de iodo não diferiram significativamente entre si, cujos valores foram (90,68 e 92,93 g I<sub>2</sub>/100 g para óleo extraído por Prensagem e pelo método Soxhlet, respectivamente. Estes resultados se encontram acima dos obtidos por Ribeiro et al. (2020) em óleos provenientes de prensa hidráulica (82,7 g I<sub>2</sub>/100 g) e prensa tipo parafuso (78,1 g I<sub>2</sub>/100 g) e, também por Shuai et al. (2022) quando utilizaram óleos obtidos por diferentes métodos de extração: prensagem e solvente, 70,31 e 70,01 g I<sub>2</sub>/100 g, respectivamente.

Pode-se notar que não houve diferença significativa para os índices de saponificação nos óleos extraídos por ambos os métodos, cuja média foi de 195 mg KOH/g, condizente com os resultados encontrados por Shuai et al. (2022) que obtiveram 191,12 e 189,36 mg KOH/g, para os métodos por prensagem e solvente, respectivamente. Com relação ao teor de matéria insaponificável, as porcentagens encontradas diferiram显著mente entre os métodos empregados. Os resultados encontrados foram 0,94 e 1,05%, para óleos obtidos por Prensagem a frio e Soxhlet, respectivamente. Souza et al. (2007) avaliando óleos de noz macadâmia encontraram valores variando de 0,45 a 0,64%.

Entre os óleos analisados observa-se diferença significativa para a estabilidade oxidativa, sendo o de maior período de indução o óleo extraído por Soxhlet, com 29,29 h. Shuai et al. (2022) avaliando óleos de noz macadâmia obtidos por diferentes métodos de extração encontraram índices de estabilidade oxidativa utilizando Rancimat com fluxo de ar de 20 L/h e temperatura de 110°C de 15,33 e 13,86 h, para os óleos extraídos por prensagem e por solvente, respectivamente. Ribeiro et al. (2020) determinaram a estabilidade oxidativa do óleo de macadâmia, sob diferentes condições de extração, e obtiveram resultados de 18,6 e 48,7 h, para óleos extraídos em prensa tipo parafuso e prensa hidráulica, respectivamente.

Na Tabela 2, observa-se aumento significativo para dienos conjugados ao longo da estocagem dos óleos. Independentemente do tempo de estocagem, o óleo extraído por Soxhlet se destacou significativamente com maiores valores de índices de ácidos dienônicos. Apesar disso, ao final da estocagem, ambos os óleos atingiram baixos níveis de produtos primários da oxidação.

Como mostrado na Tabela 2, houve aumento no índice de peróxidos para os óleos até 21 dias, havendo diferença significativa entre os tempos de estocagem. Igualmente ao comportamento do índice de dienos conjugados, os índices de peróxidos do óleo extraído por Soxhlet se sobressaíram de forma significativa com maiores teores em relação ao óleo obtido por Prensagem a frio ao longo da estocagem. Todas as amostras de óleos

apresentaram valores bem abaixo do preconizado pela legislação para óleos prensados a frio e não refinados, ou seja,  $\leq 15$  meq/kg (CODEX ALIMENTARIUS, 2009).

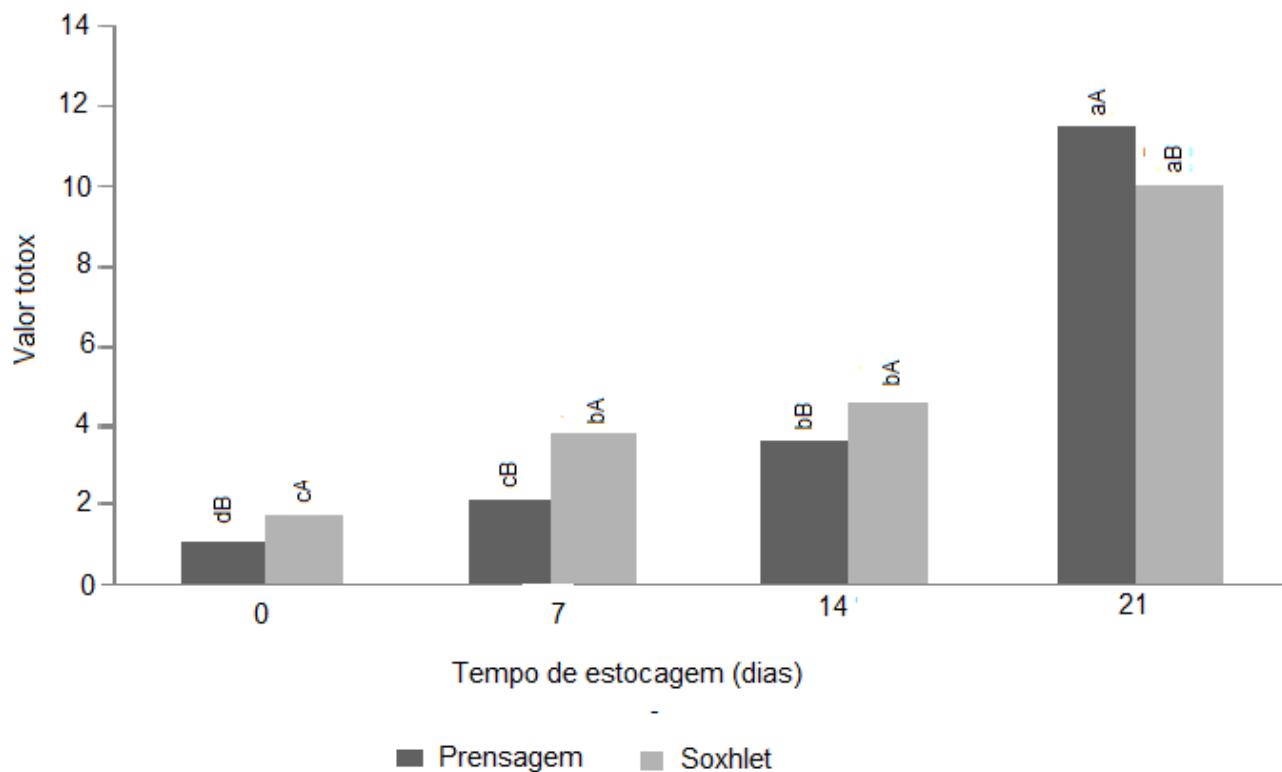
O índice de *p*-anisidina apresentou aumento significativo na formação de compostos secundários ao longo da estocagem dos óleos (Tabela 2). A partir de 7 dias, os óleos diferiram significativamente e apresentaram os maiores valores de *p*-anisidina para o óleo extraído por Prensagem a frio. De acordo com Achlina e Nurazizah (2024), um óleo de boa qualidade deve apresentar limite máximo de 10 para *p*-anisidina. Observa-se que até 21 dias todos os óleos se mantiveram abaixo deste limite, apresentando boa qualidade. Os óleos apresentaram seus valores totox aumentados conforme o tempo de estocagem, como mostrado na Figura 2. Berset e Cuvelier (1996) propõem limite máximo para totox de 10, portanto, ambos os óleos, aos 21 dias, atingiram esse limite.

**Tabela 2.** Análises físico-químicas para os óleos sob estocagem em estufa a 60°C.

Óleos/ Análises	Tempos de estocagem (dias)			
	0	7	14	21
Dienos conjugados (%)				
Prensagem	0,05 $\pm$ 0,01 <sup>cB</sup>	0,05 $\pm$ 0,01 <sup>cB</sup>	0,07 $\pm$ 0,01 <sup>bB</sup>	0,11 $\pm$ 0,01 <sup>aB</sup>
Soxhlet	0,07 $\pm$ 0,01 <sup>cA</sup>	0,15 $\pm$ 0,01 <sup>bA</sup>	0,15 $\pm$ 0,01 <sup>bA</sup>	0,16 $\pm$ 0,01 <sup>aA</sup>
Peróxidos (meq/kg)				
Prensagem	0,51 $\pm$ 0,01 <sup>cB</sup>	0,71 $\pm$ 0,02 <sup>cB</sup>	1,22 $\pm$ 0,01 <sup>bB</sup>	2,33 $\pm$ 0,02 <sup>aA</sup>
Soxhlet	0,81 $\pm$ 0,02 <sup>cA</sup>	1,72 $\pm$ 0,02 <sup>bA</sup>	2,03 $\pm$ 0,01 <sup>bA</sup>	2,53 $\pm$ 0,02 <sup>aA</sup>
Anisidina				
Prensagem	0,10 $\pm$ 0,01 <sup>dA</sup>	0,73 $\pm$ 0,01 <sup>cA</sup>	1,12 $\pm$ 0,01 <sup>bA</sup>	6,90 $\pm$ 0,01 <sup>aA</sup>
Soxhlet	0,09 $\pm$ 0,02 <sup>dA</sup>	0,41 $\pm$ 0,01 <sup>cB</sup>	0,49 $\pm$ 0,01 <sup>bB</sup>	4,96 $\pm$ 0,01 <sup>aB</sup>
Estabilidade oxidativa (h)				
Prensagem	27,74 $\pm$ 0,38 <sup>aB</sup>	28,02 $\pm$ 0,38 <sup>aA</sup>	24,22 $\pm$ 0,98 <sup>bA</sup>	20,02 $\pm$ 0,01 <sup>cA</sup>
Soxhlet	29,29 $\pm$ 0,07 <sup>aA</sup>	15,07 $\pm$ 0,01 <sup>bB</sup>	14,82 $\pm$ 0,1 <sup>bB</sup>	14,86 $\pm$ 0,1 <sup>bB</sup>

Médias  $\pm$  desvios padrões das determinações seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Inicialmente, conforme Tabela 2, o óleo extraído por Soxhlet apresentou maior estabilidade oxidativa (29,29 h). Porém, a partir de 7 dias de estocagem, o óleo extraído por Prensagem a frio obteve maiores índices de estabilidade, diferindo significativamente do extraído por Soxhlet. Ao longo da estocagem houve uma redução significativa da estabilidade em ambos os óleos, atingindo, ao final da estocagem, perdas de 27,9 e 49,3% para os óleos extraídos por Prensagem e Soxhlet, respectivamente, evidenciando, assim, maior estabilidade para o óleo extraído por prensagem.



**Figura 2.** Valor total de oxidação (totox) dos óleos submetidos à estocagem acelerada em estufa a 60°C. Para cada tipo de óleo, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Para cada tempo de estocagem, médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

O óleo extraído por Soxhlet obteve, inicialmente, maior quantidade de compostos fenólicos totais (Tabela 3). Com o decorrer da estocagem, uma oscilação nos teores de fenólicos para ambos os óleos foi observada. A partir de 7 dias de estocagem, o óleo extraído por prensagem apresentou maiores teores de compostos fenólicos, diferindo significativamente do óleo extraído por Soxhlet, que apresentou aos 21 dias uma perda de 93%.

Com relação a atividade antioxidante obtida por DPPH, independentemente do tipo de óleo e do tempo de estocagem, não houve diferença significativa para os resultados obtidos, cuja média geral foi de, apenas, 23,07%. Em se tratando da atividade antioxidante obtida pelo método FRAP, os resultados oscilaram ao longo da estocagem e, aos 21 dias, o óleo extraído por Soxhlet apresentou maior teor, 25,14 µMol Trolox/100 g.

**Tabela 3.** Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante por DPPH e FRAP para os óleos sob estocagem em estufa a 60°C.

Análises/ Óleos	Tempos de estocagem (dias)			
	0	7	14	21
Fenólicos totais (mg EAG/g)				

Prensagem	0,07 ± 0,01 <sup>cB</sup>	3,07 ± 0,22 <sup>bA</sup>	5,07 ± 0,22 <sup>aA</sup>	3,43 ± 0,01 <sup>bA</sup>
Soxhlet	1,50 ± 0,02 <sup>aA</sup>	1,30 ± 0,02 <sup>aB</sup>	0,73 ± 0,01 <sup>abB</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>bB</sup>
DPPH (%)				
Prensagem	24,57 ± 0,05 <sup>aA</sup>	22,62 ± 0,01 <sup>aA</sup>	21,57 ± 0,68 <sup>aA</sup>	21,14 ± 0,3 <sup>aA</sup>
Soxhlet	24,77 ± 0,08 <sup>aA</sup>	23,28 ± 0,01 <sup>aA</sup>	23,56 ± 0,11 <sup>aA</sup>	23,05 ± 0,52 <sup>aA</sup>
FRAP ( $\mu$ Mol Trolox/100 g)				
Prensagem	17,06 ± 0,13 <sup>cB</sup>	29,39 ± 0,05 <sup>aA</sup>	17,73 ± 0,01 <sup>bB</sup>	17,23 ± 0,01 <sup>bcB</sup>
Soxhlet	20,43 ± 0,03 <sup>cA</sup>	17,52 ± 0,01 <sup>dB</sup>	22,77 ± 0,01 <sup>bA</sup>	25,14 ± 0,05 <sup>aA</sup>

Médias ± desvios padrões das determinações seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A noz macadâmia constitui fonte significativa de lipídios, demonstrando ser uma fonte alternativa e promissora para óleos vegetais comestíveis, sendo a extração por Soxhlet que apresentou maior rendimento de lipídios totais (55,06%). As propriedades físico-químicas dos óleos extraídos da noz macadâmia, pelos diferentes métodos, foram comparáveis às de óleos convencionais de boa qualidade, o que foi evidenciado pelos baixos teores de ácidos graxos livres ( $\leq 1,07\%$ ) e índice de peróxidos ( $\leq 0,76 \text{ meq/kg}$ ), inferindo baixa degradação hidrolítica e oxidativa; além de elevados índices de estabilidade oxidativa (média de 28,5 h).

Ao final de 21 dias de estocagem em estufa, o óleo extraído por Prensagem a frio se destacou com menor índice de dienos conjugados e, pelos maiores índices de estabilidade oxidativa e compostos fenólicos totais. Por outro lado, o óleo extraído por Soxhlet se sobressaiu com menores índices de anisidina e totox e, maior atividade antioxidante por FRAP.

#### REFERÊNCIAS

- ACHLINA, D. N.; NURAZIZAH, A. Quality test of cooking oil used by fried chicken sellers in the Ciamis market based on peroxide value. **Ad-Dawaa: Journal of Pharmacy**, v. 2, n. 1, p. 18-26, 2024.
- AOCS. AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 6. ed. Champaign, 2009.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006.
- BERSET, C.; CUVELIER, M. E. Methods of estimating the degree of lipid oxidation and of measuring antioxidantizing power. **Sciences des Aliments**, v. 16, n. 3, p. 219-245, 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução RDC n. 481, 15 de março de 2021. "Dispõe sobre regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras

vegetais e creme vegetal. Órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, p. 249, 2021. Disponível em: Acesso em: 13 de ago. de 2024.

**CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Codex-Stan 210:** Codex standard for named vegetable oils. Rome, 2009.

COSTA, T.; VERONEZI, C. M.; JORGE, N. Chemical and bioactive properties of the oils from Brazilian nuts. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 19, n. 2, p. 180-186, 2020.

FEDALTO, M. B.; STOFELLA, N. C. F.; GOMES, D. L.; MAAS, N. C.; MUÑOZ, M. M.; SILVA, M. S.; FLORENTINO, I.; BALBI, M. E. Composição centesimal e nutricional da macadâmia (*Macadamia integrifolia maiden & betsch*) e análise do seu perfil lipídico relacionado à terapêutica. **Visão Acadêmica**, v. 19, n. 4, 2018.

FERREIRA, C. P. C. **Noz macadâmia: extração, caracterização do óleo e estudo da biomassa residual como fertilizante orgânico.** 2015. 63 f. Monografia de conclusão de curso (Licenciado em Química), Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2015.

FRANÇA, B. H. C. **Dossiê técnico – macadâmia – cultivo e produtos derivados.** REDETEC - Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. 2007.

GAMA, T.; WALLACE, H. M.; TRUEMAN, S. J.; HOSSEINI-BAI, S. Quality, and shelf life of tree nuts: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 242, p. 116-126, 2018.

HU, W.; FITZGERALD, M.; TOPP, B.; ALAM, M.; O'HARE, T. J. Fatty acid diversity and interrelationships in macadamia nuts. **LWT - Food Science and Technology**, v. 154, 2022.

JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos vegetais.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009, 165p.

KALANTZAKIS, G.; BLEKAS, G.; PEGKLIDOU, K.; BOSKOU, D. Stability and radical scavenging activity of heated olive oil and other vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 108, n. 4, p. 329-335, 2006.

MARTIN, N. B. Análise do potencial de competição da produção da noz Macadâmia em São Paulo e no Havaí. **Informações Econômicas**, v. 22, n. 10, p. 9-53, 1992.

MASON, R. L.; WILLS, R. B. H. Macadamia nut quality research: the processing challenge. **Food Australia**, v. 52, n. 9, p. 416-419, 2000.

NAVARRO, S. L. B.; RODRIGUES, C. E. C. Macadamia oil extraction methods and uses for the defatted meal byproduct. **Trends in Food Science & Technology**, n. 54, p. 148-154, 2016.

NUNES, A. A. **Óleo da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata (Jacq) Lodd. ex Mart.*) com alta qualidade: processo de refino e termoestabilidade.** 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2013.

PARRY, J.; SU, L.; LUTHER, M.; ZHOU, K.; YURAWECZ, M. P.; WHITTAKER, P.; YU, L. Fatty acid composition and antioxidant properties of cold-pressed marionberry, boysenberry, red raspberry, and blueberry seed oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 3, p. 566-573, 2005.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 8, p. 3396-3402, 2000

RIBEIRO, A. P. L.; HADDAD, F. F.; TAVARES, T. S.; MAGALHÃES, K. T.; PIMENTA, C. J.; NUNES, C. A. Characterization of macadamia oil (*Macadamia integrifolia*) obtained under different extraction conditions. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 4, p. 295-302, 2020.

RODRIGUES, C. E. C. **Utilização de solvente biorenovável nos processos de extração e desacidificação de óleos vegetais**. 2011. 171 f. Tese (Livre Docência), Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

SHUAI, X.; DAI, T.; CHEN, M.; LIANG, R.; DU, L.; CHEN, J.; LIU, C. Comparative study on the extraction of macadamia (*Macadamia integrifolia*) oil using different processing methods. **LWT - Food Science and Technology**, v. 154, 2022.

SHUAI, X.; DAI, T.; CHEN, M.; LIANG, R.; DU, L.; CHEN, J.; LIU, C. Comparative study of chemical compositions and antioxidant capacities of oils obtained from 15 macadamia (*Macadamia integrifolia*) cultivars in China. **Foods**, v. 10, n. 5, p. 1031, 2021.

SIGER, A.; JÓZEFIAK, M.; GÓRNA'S, P. Cold-pressed and hot-pressed rapeseed oil: The effects of roasting and seed moisture on the antioxidant activity, canolol, and tocopherol level. **Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria**, v. 16, n. 1, p. 69-81, 2017.

SILVA, F. A.; GONÇALVES, L. A. G. G.; DAMIANI, C.; GONÇALVES, M. A. B.; JÚNIOR, M. S. S.; JÚNIOR, A. M. Estabilidade oxidativa de amêndoas de noz de macadâmia secas por micro-ondas com ar quente. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 286-292, 2011.

SINGLETON, V. L.; ROSSI JR, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOBIERAJSKI, G. R.; FRANCISCO, V. L. F. S.; ROCHA, P.; GHILARDI, A. A.; MAIA, M. L. Noz Macadâmia: produção, mercado e situação no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 5, p. 25-36, 2006.

SOUZA D. F. S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. C.; BIZZO, H. R. Estabilidade oxidativa dos óleos de macadâmia e de pistache. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 141-156, 2007.

SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, A.; KARLOVITS, G.; DIANOCZKI, C.; RECSEG, K. Comparison of two analytical methods for assessing antioxidant capacity of rapeseed and olive oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 85, n. 2, p. 141-149, 2008.

TAN, C. X.; TAN, S. S.; TAN, S. T. **Cold pressed macadamia oil**. In: RAMADAN, M. F. Cold pressed oils: green technology, bioactive compounds, functionality, and applications; Amsterdam: Elsevier, 2020. p. 587-595.

WALL, M. M. Functional lipid characteristics, oxidative stability, and antioxidant activity of macadamia nut (*Macadamia integrifolia*) cultivars. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 1103-1108, 2010.