

EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA USO COMO ANTIOXIDANTES NATURAIS EM ÓLEOS VEGETAIS

EXTRACTION OF ESSENTIAL OILS FOR USE AS NATURAL ANTIOXIDANTS IN VEGETABLE OILS

Olga Cristina Cardoso Barbosa ¹

Álvaro Canto Michelotti ²

George Luiz Bleyer Ferreira ³

Junelene Costodio Pruner ⁴

Raquel Bonati Moraes Ibsch ⁵

RESUMO: Os óleos essenciais (OEs) são substâncias naturais voláteis obtidas de plantas aromáticas, amplamente estudadas por suas propriedades antioxidantes, antimicrobianas e terapêuticas. Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre a extração e aplicação de OEs em óleos vegetais, explorando o seu potencial como antioxidantes naturais para prolongar a vida útil, preservar a qualidade e garantir a segurança desses produtos. A pesquisa foi realizada por meio de revisão bibliográfica de caráter descritivo e qualitativo, contemplando artigos científicos publicados entre 2018 e 2024, em bases de dados como MDPI, SciELO, ScienceDirect, entre outras. Os principais métodos de extração abordados incluem destilação por arraste a vapor, hidrodestilação, extração com solventes orgânicos, fluido supercrítico, maceração, enfloração e técnicas assistidas por micro-ondas. Cada técnica apresenta vantagens e limitações relacionadas à eficiência, custo, seletividade e preservação dos compostos bioativos. Os resultados demonstram que os OEs ricos em compostos fenólicos apresentam potencial antioxidante comparável ou superior aos aditivos sintéticos, podendo ser incorporados diretamente em alimentos, por meio de nanoemulsões ou em embalagens ativas. Apesar dos desafios quanto à padronização, volatilidade e sensorialidade, o uso de OEs representa uma alternativa promissora e alinhada ao movimento clean-label e às demandas por produtos mais naturais e seguros na indústria de alimentos.

Palavras-chave: óleos essenciais; extração; antioxidantes. óleos vegetais.

ABSTRACT: Essential oils (EOs) are natural volatile compounds extracted from aromatic plants and widely examined for their antioxidant, antimicrobial, and therapeutic properties. The aim was to conduct a literature review on the extraction and application of essential oils (EOs) in vegetable oils, examining their potential as natural antioxidants to extend shelf life, preserve quality, and ensure the safety of these products. We conducted a descriptive and qualitative literature review using scientific

¹ Acadêmica do curso de Direito - UNIFEBE. *E-mail:* olga.barbosa@unifebe.edu.br

² Doutor em Projeto Sist. Mecânicos. Docente - UNIFEBE. *E-mail:* alvaro.michelotti@unifebe.edu.br

³ Doutor em Eng. de Produção. Docente - UNIFEBE. *E-mail:* bleyer@unifebe.edu.br

⁴ Mestre em Eng. de Produção. Docente - UNIFEBE. *E-mail:* junelene@unifebe.edu.br

⁵ Mestre em Eng. Química. Docente e Orientadora - UNIFEBE. *E-mail:* raquel.moraes@unifebe.edu.br

articles published between 2018 and 2024 from databases such as MDPI, SciELO, and ScienceDirect. The primary extraction methods discussed include steam distillation, hydro distillation, organic solvent extraction, supercritical fluid extraction, maceration, enfleurage, and microwave-assisted techniques. Each method presents specific advantages and limitations in terms of efficiency, cost, selectivity, and the preservation of bioactive compounds. Results show that essential oils (EOs) rich in phenolic compounds exhibit antioxidant activity comparable to or even higher than that of synthetic additives and can be incorporated directly into foods, in nanoemulsions, or via active packaging systems. Despite the challenges associated with standardization, volatility, and strong sensory properties, essential oils (EOs) offer a promising natural alternative that aligns with clean-label trends and the increasing demand for safer and more natural food products.

Keywords: essential oils. extraction. antioxidants. vegetable oils.

1 INTRODUÇÃO

O uso de óleos essenciais (OEs) remonta às civilizações orientais antigas, com registros datados de aproximadamente 3.000 a.C. Povos como egípcios, gregos e romanos utilizavam essas substâncias extraídas de plantas aromáticas em rituais religiosos, práticas medicinais e cosméticos, evidenciando a sua relevância histórica (Do Prado *et al.*, 2021).

Atualmente, os OEs despertam grande interesse por sua versatilidade e potencial farmacológico, alimentício e cosmético, devido à presença de metabólitos secundários com ações antioxidantes e/ou antimicrobianas (Chen *et al.*, 2023).

Esses compostos atuam neutralizando espécies reativas, como radicais livres, responsáveis por danos celulares associados a doenças como câncer, distúrbios cardiovasculares e envelhecimento precoce (Kumari *et al.*, 2024). Além disso, os OEs inibem a oxidação lipídica, protegendo tanto os alimentos quanto os sistemas biológicos (Chen *et al.*, 2023; Bektasevic *et al.*, 2023). Essa funcionalidade tem impulsionado a sua aplicação em substituição a aditivos sintéticos, frequentemente associados a efeitos adversos à saúde. Tal movimento acompanha a tendência clean-label, que valoriza ingredientes naturais e reconhecíveis (Grand View Research, 2024).

Estudos demonstram alta eficácia antioxidante em OEs como os de canela, tomilho e cravo, devido à presença de compostos fenólicos como eugenol e timol. Esses óleos conseguiram reduzir a oxidação de ácidos graxos poli-insaturados e o estresse oxidativo em células sanguíneas (Chen *et al.*, 2023). Tal estresse, provocado pelo excesso de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (ROS/RNS), contribui para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, diabetes, câncer e processos inflamatórios (Sharifi-Rad *et al.*, 2020; Aramouni *et al.*, 2023).

Desse modo, a extração dos OEs é de grande importância para a saúde devido à presença de substâncias com ação antioxidante, como os compostos fenólicos, que retardam ou neutralizam as reações oxidativas nos alimentos e no organismo, contribuindo para uma maior vida útil e longevidade, respectivamente (Da Chen *et al.*, 2023; Kumari *et al.* 2024).

Graças a essas características, os OEs vêm sendo incorporados tanto em alimentos quanto em embalagens. Entretanto, para serem utilizados na indústria de alimentos, os OEs devem ser amplamente disponíveis e classificados como seguros (GRAS – *Generally Recognized as Safe*).

Em relação à disponibilidade e obtenção, segundo Rodrigues (2020), diversos fatores podem influenciar o rendimento da extração dos OEs, incluindo a espécie vegetal, a época e técnicas para a colheita, partes da planta utilizada, além do solvente e do método de extração empregados. É importante considerar, no entanto, que o armazenamento dos OEs seja realizado de maneira adequada. Caso contrário, poderá haver um comprometimento da sua qualidade devido à oxidação e degradação, especialmente quando expostos ao calor, luz e umidade. Assim, a fim de preservar a qualidade dos OEs, é necessário armazená-los sob temperaturas baixas, em recipientes opacos, como garrafas de vidro âmbar ou de alumínio, em locais escuros e com baixa disponibilidade de oxigênio (Tran *et al.*, 2020; Ganosi *et al.*, 2023).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão da literatura sobre a extração e aplicação de OEs em óleos vegetais, explorando o seu potencial como antioxidantes naturais para prolongar a vida útil, preservar a qualidade e garantir a segurança desses produtos.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando os objetivos da pesquisa, a investigação foi realizada de forma exploratória e documental, de natureza qualitativa, utilizando como técnica de coleta de dados a pesquisa bibliográfica em teses, dissertações, artigos e revistas científicas.

Desse modo, foi realizada uma revisão de literatura para identificar os principais métodos de extração de óleos essenciais, bem como a sua aplicação na área de alimentos, mais especificamente na aplicação de aumento de vida de prateleira de óleos e gorduras vegetais, e ainda de produtos ricos nesses compostos orgânicos. Para tanto, a pesquisa realizada para esta revisão foi classificada como descriptiva e qualitativa. A coleta de informações foi realizada por meio de uma análise bibliográfica, fundamentada nas obras de especialistas na área.

Este estudo utilizou um método qualitativo de pesquisa, por meio de revisão de literatura, que incluiu artigos publicados nos últimos 7 anos. Foram utilizadas as seguintes bases de dados: Google Acadêmico, MDPI, ResearchGate, SciELO, ScienceDirect (Elsevier), Spring, Wiley e Repositórios Institucionais. Como critério de busca, foram utilizadas as seguintes palavras-chave (em português e em inglês): óleos essenciais, compostos bioativos, antioxidantes, alimentos, óleos vegetais, oxidação, extração, oxidação, vida útil, embalagens para alimentos, bem como diferentes combinações dessas palavras. A pesquisa ocorreu entre os meses de abril de 2023 e dezembro de 2024.

Com base nos resultados obtidos na revisão do tema, foi realizada uma análise detalhada dos métodos de extração de OEs, identificando as principais características de cada técnica e avaliando as suas respectivas vantagens e desvantagens, conforme apresentado a seguir.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 SELEÇÃO DE ARTIGOS

Um número significativo de artigos científicos sobre OEs foi identificado. Após o refinamento da busca com base em palavras-chave relacionadas às áreas de Alimentos, Química e Bioquímica, e a análise criteriosa de títulos e resumos, foram selecionados os textos completos que abordavam a avaliação da atividade antioxidante, em especial quando utilizados em óleos vegetais (ou alimentos com óleos na sua composição). Como resultado, foram incluídos 60 artigos científicos na seleção final.

3.2 O QUE SÃO ÓLEOS ESSENCIAIS?

Os OEs são misturas complexas de compostos líquidos lipofílicos, orgânicos e voláteis, extraídos de plantas aromáticas, matérias-primas naturais de origem vegetal, por diferentes processos, tais como destilação a vapor e hidrodestilação, dentre outros (Sharma *et al.*, 2021). A obtenção das substâncias aromáticas presentes nos OEs pode ser feita de forma sintética, em laboratório, ou de forma natural (Mendonça *et al.*, 2024).

Derivados de metabólitos secundários, os OEs estão presentes em diferentes partes das plantas, como folhas, flores, frutos e cascas, possuindo cor e aroma característicos. A sua composição, rica em terpenos e fenilpropenos, é responsável por suas propriedades aromáticas e biológicas distintas (Scapinello *et al.*, 2024).

As plantas realizam diversos processos metabólicos que garantem o seu crescimento, reprodução e sobrevivência. Esses processos são divididos em metabolismo primário e metabolismo secundário. Segundo Marcolina (2021), o metabolismo primário está diretamente ligado ao desenvolvimento e crescimento da planta e inclui a fotossíntese, a respiração celular, divisão celular e reprodução.

Já o metabolismo secundário, por sua vez, está relacionado à comunicação e interação com diferentes organismos, atraindo-os ou repelindo-os. Desse modo, o metabolismo secundário é responsável, principalmente, pela defesa e proteção da planta contra ameaças externas, como patógenos, herbívoros e estresses ambientais. Desse metabolismo resulta a produção de uma ampla gama de compostos bioativos, que podem ser classificados em duas categorias principais: os terpenos e os fenilpropenos.

- **terpenos:** são formados por hidrocarbonetos compostos por várias unidades de isopreno, sendo os principais componentes dos óleos essenciais; podem repelir insetos, atrair polinizadores, proteger contra doenças e auxiliar na regulação de processos fisiológicos (Forenzi *et al.*, 2022).
- **fenilpropenos:** são compostos fenólicos ou polifenóis e podem variar de moléculas simples, tais como: ácidos fenólicos, para compostos altamente polimerizados, como taninos (Scapinello *et al.*, 2024); combatem radicais livres, influenciam a cor das plantas e atraem polinizadores (Oliveira, 2021).

Os compostos secundários são essenciais para a sobrevivência das plantas em ambientes desafiadores e são frequentemente explorados por suas propriedades medicinais e industriais. Cada óleo essencial pode conter de 20 a 800 substâncias químicas diferentes em concentrações variáveis, sendo uma delas a substância majoritária, enquanto as demais estão presentes em concentrações menores (Marcolina, 2021).

A mesma espécie de planta pode produzir óleos essenciais diferentes devido a variações no ambiente de crescimento, resultando em diferentes composições químicas, conhecidas como quimiotipos. Fatores como altitude, clima, luz, umidade, solo e crescimento da planta podem influenciar na produção dos quimiotipos, os quais podem ser utilizados em diversas indústrias, como farmacêutica, alimentícia e cosmética, principalmente (Ferraz, 2019).

Ainda conforme Macedo *et al.* (2021), determinados óleos essenciais possuem atividades farmacológicas, como atividades antibacterianas, antifúngicas e inseticidas. Além disso, alguns óleos demonstram efeitos terapêuticos, como estimulação da digestão, influência sobre parâmetros cardiovasculares e propriedades analgésicas. Para Marcolina (2021), plantas e frutas, como gengibre, erva-cidreira, sálvia e pitanga, reconhecidas pelos seus elevados teores de óleos essenciais, são frequentemente empregadas na medicina popular com base nessas características.

O Brasil destaca-se globalmente como um dos países com a maior diversidade vegetal e possui uma vasta experiência em conhecimento e tecnologia relacionados a plantas medicinais, integrando saberes tradicionais e científicos (Macedo *et al.*, 2021). Deste modo, não por acaso, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de óleos essenciais, mas enfrenta obstáculos como a falta de padronização da qualidade e o baixo investimento governamental. Para superar esses desafios, foi criada em 2008 a Associação Brasileira dos Produtores de Óleo Essencial (ABRAPOE), que reúne fabricantes e instituições de pesquisa, visando desenvolver estudos para melhorar e padronizar a produção nacional (Marcolina, 2021).

3.3 PRINCIPAIS USOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais são amplamente utilizados em diversas áreas, como aromaterapia, cosméticos, perfumaria, produtos de limpeza e, mais recentemente, na indústria alimentícia. Cada óleo possui propriedades específicas que determinam a sua aplicação. Na área de alimentos, têm ganhado destaque por suas propriedades antioxidantes, além de serem naturais, biodegradáveis e com baixa toxicidade (Scapinello *et al.*, 2024).

Uma prática antiga é a aromaterapia, a qual utiliza os aromas dos óleos essenciais para promover o bem-estar emocional e mental. Estudos indicam que certos aromas, como a lavanda, podem reduzir o estresse, melhorar o sono e aliviar a ansiedade. Alguns óleos essenciais, como menta e eucalipto, têm sido tradicionalmente utilizados para promover a saúde respiratória (Kumari *et al.*, 2024).

Entretanto, embora os óleos essenciais ofereçam benefícios diversos, é essencial considerar as precauções de uso. Alguns óleos podem causar irritações em peles sensíveis, dores de cabeça, alucinações, entre outros, e a dosagem adequada deve ser observada (Alves *et al.*, 2022). Deste modo, grávidas, lactantes e crianças pequenas devem consultar um profissional de saúde antes de utilizar óleos essenciais.

No setor alimentício, diversos óleos essenciais de origem vegetal têm sido empregados por suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes (Scapinello *et al.*, 2024). Em alimentos ricos em óleos e gorduras, a oxidação compromete a qualidade nutricional e sensorial, além de representar riscos à saúde, como envelhecimento precoce, doenças cardiovasculares e neurológicas, e desenvolvimento de câncer, devido ao estresse oxidativo e à formação de radicais livres (Tumilaar *et al.*, 2024). Desse modo, há uma crescente preocupação em manter a qualidade dos alimentos durante o processamento, armazenamento e comercialização, por meio de estratégias como controle de temperatura, exposição à luz e oxigênio, uso de embalagens adequadas e adição de antioxidantes (Ibsch *et al.*, 2020).

Dentre as medidas utilizadas para manter a qualidade e segurança dos óleos e gorduras, a incorporação de antioxidantes é uma das mais amplamente utilizadas na indústria. O aumento da demanda por produtos com menos aditivos sintéticos impulsiona a busca por alternativas naturais, especialmente compostos bioativos de origem vegetal (Ibsch *et al.*, 2020; Scapinello *et al.*, 2024). Nesse cenário, os óleos essenciais destacam-se como fontes promissoras de antioxidantes naturais, atendendo às expectativas dos consumidores e às exigências do mercado por alimentos mais naturais e seguros.

3.4 MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS PARA EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os OEs são extraídos de diversas fontes vegetais, sendo extraídos de folhas, ervas, flores, cascas, raízes, sementes, madeiras e frutas. Cada matéria-prima oferece diferentes compostos aromáticos e terapêuticos, pois cada planta tem as suas especificidades químicas e aromas distintos, influenciando nas propriedades dos óleos extraídos e proporcionando uma ampla variedade de óleos essenciais no mercado (Bruno; Almeida, 2021).

Flores e pétalas de plantas são frequentemente utilizadas na extração de óleos essenciais devido à sua alta concentração de compostos aromáticos. A delicadeza dessas partes da planta, como evidenciado na técnica de enfleurage, contribui para óleos de alta qualidade (Do Prado *et al.*, 2021).

A casca e as raízes de certas plantas também são valiosas matérias-primas na produção de óleos essenciais. O óleo de casca de laranja, por exemplo, é extraído das cascas (Da De Souza *et al.*, 2024), enquanto o óleo de gengibre é obtido das raízes (Silva *et al.*, 2024). Essas partes da planta conferem notas aromáticas distintas aos óleos.

Conforme pode ser observado no Quadro 1, diversas matérias-primas são utilizadas para extração dos OEs, e têm se mostrado eficazes na conservação de alimentos devido às suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas.

A seleção criteriosa e a compreensão das matérias-primas utilizadas na extração de óleos essenciais são fundamentais para garantir a obtenção de produtos de alta qualidade. O conhecimento profundo desses elementos contribui para a excelência na produção de óleos essenciais puros e eficazes.

Quadro 1 – Exemplos de óleos essenciais e principais atividades exercidas

Óleo essencial	Compostos	Atividade
Alecrim <i>Rosmarinus officinalis L.</i>	a-pineno, cânfora e 1,8 cineol	Antioxidante, antifúngica, antimicrobiana
~][Cravo <i>Eugenia caryophyllata</i>	Eugenol, cariofileno, humuleno e acetato de eugenol	Antioxidante, antimicrobiana
Hortelã Pimenta <i>Trachyspermum ammi L.</i>	Mentol, mentona e acetato de mentila	-
Lavanda <i>Lavandula angustifolia Mill</i>	Linalol, acetato de linalila e eucaliptol	Antifúngica
Manjericão <i>Ocimum basilicum L.</i>	Estragol, linalol e eucaliptol	Antifúngica

Fonte: Adaptado de Ribeiro *et al.* (2023).

Sementes e frutos são amplamente explorados na extração de óleos essenciais. Óleos como o de semente de uva e o de laranja, entre outros, são extraídos dessas partes da planta. A escolha dessas matérias-primas impacta diretamente nas propriedades e aplicações dos óleos resultantes (Randolpho *et al.*, 2020; De Menezes, *et al.*, 2021). Para Ferraz (2019), Vaičiulytė, Ložienė e Taraškevičius (2022), o solo e o clima nos quais as plantas são cultivadas desempenham um papel crucial na qualidade das matérias-primas. A composição do solo e os padrões climáticos podem afetar diretamente o perfil químico dos óleos essenciais produzidos.

3.5 MÉTODOS PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS

A extração é uma operação unitária que envolve a transferência de massa de um soluto para uma substância extratora, que pode estar no estado líquido ou sólido. Existem três principais tipos de extração: líquido-líquido e sólido-líquido. Essa operação pode ser realizada por diferentes métodos, cuja escolha depende das características da matéria-prima vegetal e do uso pretendido para o extrato.

Os métodos mais comuns incluem prensagem mecânica, amplamente empregado para extração de óleos vegetais, arraste a vapor e extração com solventes orgânicos, esses preferencialmente utilizados para obtenção de óleos essenciais. O material vegetal, como frutos, folhas ou flores, é submetido a uma corrente de vapor de água, a qual volatiliza os compostos aromáticos presentes. Esses vapores são então conduzidos a um condensador, onde são resfriados e retornam à fase líquida. A separação entre o óleo essencial e a água ocorre por diferença de densidade (Castilho; Da Silva; Felisbino; Rodrigues, 2021).

Além dos métodos por arraste a vapor e extração por solvente, também são muito utilizados para extração dos OEs os métodos por hidrodestilação, maceração, enfleuragem, gases supercríticos e micro-ondas.

A escolha do método contribui significativamente para o rendimento e qualidade do OE extraído e deve considerar o tipo de matéria-prima disponível. Em 2018, Porto avaliou diferentes métodos de extração de óleos essenciais de coentro e orégano. A baixa eficiência observada em algumas técnicas foi atribuída à baixa concentração dos compostos nas plantas. As extrações por hidrodestilação, arraste a vapor e Soxhlet não resultaram em extratos finais. Já os métodos com Clevenger, percolação e maceração não permitiram a separação das fases. Apenas a técnica de *enfleurage*, utilizando óleo mineral, foi eficaz, produzindo extratos com características sensoriais distintas: aroma adocicado e coloração esverdeada para o coentro, e aroma típico com tonalidade amarelada para o orégano.

3.5.1 Método de destilação por arraste a vapor

A técnica de destilação por arraste a vapor é amplamente utilizada devido à sua simplicidade e ao seu impacto ambiental reduzido. Ela é eficaz na preservação das qualidades originais dos óleos essenciais, mantendo as suas propriedades bioativas e aromáticas e é especialmente adequada para materiais sensíveis à temperatura (Machado *et al.*, 2022; Pheko-Ofithile, Tshepo e Makhzoum, 2024).

Desse método, geralmente resulta em um rendimento ligeiramente inferior em comparação com a hidrodestilação, mas produz óleos essenciais com uma composição química mais rica e maior atividade biológica, como observado em *Laurus nobilis L.* (Řebíčková *et al.*, 2020).

Esse processo envolve a passagem de vapor de água por meio de um extrator contendo o material vegetal, o qual é previamente moído para aumentar a eficiência da extração. O vapor quente quebra as estruturas que contêm os óleos essenciais, os quais são então arrastados com o vapor para um condensador, onde a mistura gasosa

é convertida em líquida. Finalmente, a mistura é separada com base nas propriedades físicas dos seus componentes (Kaya *et al.*, 2020).

Apesar das vantagens, a destilação por arraste a vapor ainda enfrenta desafios, como a perda de componentes voláteis e o tempo prolongado de extração (Pheko-Ofitlhile; Tshepo; Makhzoum, 2024).

3.5.2 Método de extração por solventes orgânicos

Outro método utilizado para obtenção dos OEs é a extração por solventes orgânicos. Trata-se de uma técnica mais adequada à extração de óleos sensíveis a altas temperaturas, permitindo, deste modo, um maior rendimento nestes casos (Maldonado, 2022).

Diversos solventes orgânicos podem ser utilizados, mas o n-hexano é geralmente o mais indicado em virtude do seu baixo ponto de fusão (65 °C), alta estabilidade e alta capacidade de dissolução do extrato obtido. Entretanto, o n-hexano apresenta riscos significativos à saúde ocupacional e ao meio ambiente, devido à sua toxicidade ao sistema nervoso central e alta inflamabilidade (ponto de autoignição de 240 °C). Em função dessas preocupações, são investigadas alternativas mais seguras, como água, cetonas, hidrocarbonetos halogenados, aldeídos e álcoois de cadeia curta (Menezes *et al.*, 2021).

O solvente deve ser colocado em contato com o material vegetal e, após um tempo específico, ocorre a separação da fase sólida e líquida. Em seguida, o solvente deverá ser removido por evaporação. Entretanto, a principal limitação ao uso dessa técnica reside na completa remoção do solvente residual, ocasionando a extração de compostos que não são voláteis, podendo induzir a alterações nas moléculas extraídas (Marcolina, 2021).

A extração com solventes orgânicos é comumente realizada utilizando um dispositivo denominado Soxhlet, constituído por um compartimento central de vidro, conectado a um frasco de destilação de solvente na parte inferior e a um condensador posicionado na extremidade superior (Maldonado, 2022).

Trata-se de um método eficaz na extração de compostos voláteis, como o d-limoneno, o qual é um componente predominante em óleos essenciais de cascas de frutas cítricas (Aruna, *et al.*, 2022; Amanullah; Rasamani; Sukumar, 2024). Em um estudo realizado por Amanullah, Rasamani e Sukumar (2024), a eficiência da extração por Soxhlet foi otimizada por meio de ajustes na temperatura, no tempo de extração e na proporção sólido-líquido. No estudo realizado por eles, por exemplo, a extração de óleos essenciais de cascas de *Citrus sinensis* foi maximizada a 90 °C por 270 minutos, usando n-hexano como solvente.

Entretanto, embora o Soxhlet seja eficaz, métodos não convencionais, como a extração sob alta pressão e temperatura, podem oferecer vantagens em termos de economia de energia e tempo de extração, além de não apresentarem toxicidade e/ou inflamabilidade como o n-hexano, por exemplo. No entanto, o Soxhlet ainda continua a ser uma escolha popular devido à sua simplicidade e eficácia comprovada (Pereira *et al.*, 2019).

3.5.3 Método de extração por hidrodestilação

O método de obtenção de OEs por hidrodestilação é amplamente empregado em pesquisas laboratoriais devido à sua simplicidade e eficiência em pequena escala. No entanto, a sua aplicação em ambientes industriais é limitada, uma vez que o método é frequentemente classificado como artesanal e, portanto, menos compatível com processos automatizados em larga escala (Correa, Melo e Marques, 2023).

Na hidrodestilação, a amostra vegetal é totalmente submersa na água aquecida. O vapor gerado provoca a abertura das paredes celulares da planta e os seus compostos voláteis são então arrastados até um condensador, onde se resfriam e formam duas fases imiscíveis — água e óleo essencial — que se separam por diferença de densidade (Maldonado, 2022; Correa; Melo; Marques, 2023).

Segundo Maldonado (2022), no processo de hidrodestilação, frequentemente é necessário fragmentar o material vegetal em partes menores para facilitar a extração do óleo essencial e a remoção dos tricomas glandulares da planta. No entanto, algumas partes da planta, como flores, folhas e outras partes finas e não fibrosas, não requerem essa redução. Em contrapartida, as sementes devem ser completamente esmagadas, e raízes, caules e materiais lenhosos devem ser cortados em pedaços menores.

Cutrin *et al.* (2019) utilizaram a hidrodestilação para extrair óleos essenciais de gengibre (*Zingiber officinale*) e alecrim (*Rosmarinus officinalis*), empregando um sistema Clevenger acoplado a um balão de 1000 mL e aquecido por manta elétrica. Em cada ensaio, foram utilizados 300 g de folhas, com adição de água destilada na proporção de 1:10 (m/v), sob temperatura de 100 °C por 5 horas. O óleo obtido foi seco com sulfato de sódio anidro e armazenado a 4 °C em frascos âmbar. As extrações foram feitas em triplicata, e os óleos avaliados quanto à atividade antimicrobiana e antioxidante. Embora os rendimentos tenham sido inferiores aos reportados na literatura, o óleo de alecrim apresentou maior eficiência de extração em comparação ao de gengibre.

Já no estudo realizado por Da De Souza *et al.* (2024), a hidrodestilação mostrou-se eficaz na extração de óleo essencial de cascas residuais de laranja (OECL), utilizando sistema Clevenger. Dez amostras de 200 g foram submetidas à

destilação por 3 horas, com proporção casca/água de 1:10. O hidrolato foi centrifugado a 6000 rpm por 10 minutos, e o óleo obtido armazenado a -20 °C para análises. O rendimento foi determinado por gravimetria, e os extratos apresentaram significativa atividade antioxidante, com concentração efetiva de 89 mg·mL⁻¹ para inibição de 50% do radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil.

3.5.4 Método de extração por maceração (ou extração a frio)

O método da maceração, também conhecido como extração a frio, é um procedimento que deve ser aplicado às plantas secas, as quais entram em contato com um solvente ou óleo. A mistura ocasiona a dissolução gradual e a liberação dos princípios ativos. Para tanto, as plantas devem ser fragmentadas em pedaços pequenos para favorecer o contato eficiente com o solvente, sendo recomendável agitar o recipiente diariamente para auxiliar na extração (Marcolina, 2021). A Figura 1 ilustra as principais etapas da técnica.

Trata-se de uma técnica tradicional de extração utilizada, especialmente, em matrizes vegetais sensíveis ao calor. De acordo com Soltan *et al.* (2024), a técnica se mostra eficaz na preservação dos constituintes voláteis e termolábeis, sendo especialmente indicada para plantas como o alecrim, quando empregada com solventes como azeite de oliva, que também atua como conservante natural.

Figura 1 - Extração por maceração



Fonte: os autores (2024).

No estudo de Adegbanke e Bada (2024), a maceração foi aplicada à extração de óleos de cravo e gengibre com sucesso, apresentando bons resultados em termos de rendimento e qualidade, quando comparada ao método Soxhlet. Observou-se que fatores como tempo de contato, tipo de solvente e granulometria da amostra interferem diretamente na eficiência da extração.

Apesar de ser um processo demorado, podendo estender-se por horas, dias ou mesmo meses, a maceração demonstra eficácia ao extrair todos os compostos das plantas. Bitwell *et al.* (2023) afirmam que os métodos de extração a frio, como a maceração, são eficazes na preservação de compostos bioativos devido à ausência de calor, evitando a degradação térmica. No entanto, a escolha do solvente, a proporção solvente/matriz e o tempo de extração são fatores que podem afetar a eficiência do processo e a qualidade do óleo essencial obtido.

3.5.5 Método de extração por enfloração (*enfleurage*)

Marcolina (2021) destaca a técnica conhecida como *enfleurage*, a qual é utilizada para extrair óleos essenciais de pétalas de flores, empregando gorduras vegetal ou animal desodorizadas, em temperatura ambiente. As pétalas frescas são dispostas sobre uma camada de gordura, que absorve os seus compostos aromáticos. O processo é repetido de 30 a 40 vezes, substituindo as pétalas até a saturação da gordura (conhecida como “pomada”), que então é lavada com álcool para separar os compostos aromáticos. O óleo essencial final é obtido após a evaporação do álcool por destilação a baixas temperaturas.

Embora tenha sido amplamente utilizado no passado e possa ser considerado obsoleto devido à sua lentidão e baixo rendimento, é um método ainda empregado, principalmente por algumas indústrias de perfumes. Isso ocorre especialmente quando se trata da extração de plantas com baixo teor de óleo e alto valor comercial (Prado *et al.*, 2021).

Prado *et al.* (2021) utilizaram a técnica de *enfleurage* para extrair óleos essenciais de folhas de manjericão (*Ocimum basilicum L.*) e hortelã (*Mentha x piperita L.*). As folhas foram imersas em gordura vegetal hidrogenada, com trocas a cada três dias. Ao término do processo, a gordura foi destilada com etanol para liberação dos óleos. O método mostrou-se viável para a extração de óleos essenciais foliares, embora o rendimento varie conforme a espécie vegetal. Foram obtidos 5,64 mL de óleo de manjericão e 2 mL de hortelã, com estimativas de 0,66 mL e 0,23 mL de óleo por 100 g de gordura, respectivamente. Os autores ressaltam que os valores podem ter sido subestimados devido à perda de óleo durante o uso do rotaevaporador.

Outro estudo, realizado em 2024 por Agrawal, Joshi e Roy, investigou os constituintes químicos e a atividade antimicrobiana do extrato obtido por *enfleurage* das flores de *G. resinifera*. A análise revelou a presença de compostos com atividade antimicrobiana significativa contra várias cepas bacterianas e fúngicas, destacando o potencial do *enfleurage* na obtenção de extratos bioativos.

3.5.6 Método de extração com fluido supercrítico

A extração com dióxido de carbono supercrítico (CO_2) tem se consolidado como uma alternativa sustentável e altamente eficiente para a obtenção de compostos bioativos de origem vegetal, como óleos essenciais, ácidos graxos e fitoquímicos. Essa tecnologia é baseada na utilização do CO_2 em condições acima do seu ponto crítico (31,1 °C e 73,8 bar), nas quais o fluido apresenta propriedades intermediárias entre as fases líquida e gasosa — alta difusividade, baixa viscosidade e densidade variável — que permitem extrair seletivamente compostos lipofílicos e voláteis (Cui *et al.*, 2024).

Cui *et al.* (2024) investigaram a extração de óleo essencial de pétalas de rosas Hetian por meio do uso de CO_2 . O estudo demonstrou que a otimização da temperatura, da pressão e da granulometria da matéria-prima é determinante para o aumento do rendimento da extração. As condições ideais permitiram a recuperação de compostos voláteis em teores superiores aos obtidos por destilação, com aroma e composição mais preservados.

De modo geral, os estudos convergem quanto à eficiência, seletividade e segurança da extração com CO_2 supercrítico, destacando-se também por seu caráter sustentável. No entanto, limitações como os elevados custos operacionais e a necessidade de cosolventes para compostos polares ainda representam desafios. Avanços tecnológicos e a crescente demanda por métodos compatíveis com os princípios da química verde têm impulsionado a superação dessas barreiras.

3.5.7 Método de extração assistida por micro-ondas (MAE)

A extração assistida por micro-ondas (MAE) tem se destacado como uma técnica inovadora e eficiente para a obtenção de óleos essenciais de plantas aromáticas. Essa metodologia utiliza a energia das micro-ondas para aquecer rapidamente a matriz vegetal e o solvente, promovendo a ruptura das células vegetais e facilitando a liberação dos compostos voláteis.

Em um estudo recente, Yeasmin *et al.* (2024) investigaram a extração de óleo essencial de folhas de limão (*Citrus limon*) utilizando MAE. Os resultados demonstraram que a técnica proporcionou um rendimento superior e uma composição química mais rica em comparação com métodos tradicionais, como a hidrodestilação. Além disso, o tempo de extração foi significativamente reduzido, evidenciando a eficiência do processo.

Além disso, um estudo de revisão por Joco *et al.* (2023) analisou diversas técnicas inovadoras de extração de óleos essenciais, incluindo a MAE. Os autores enfatizaram que a MAE oferece vantagens significativas, como maior eficiência, preservação de compostos sensíveis ao calor, redução no uso de solventes e menor consumo de energia. Essas características tornam a técnica uma opção promissora para aplicações nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica.

No Quadro 2 é apresentado um comparativo entre os métodos de extração para OEs pesquisados neste estudo, destacando as suas principais características, vantagens e desvantagens.

Quadro 2 – Comparativo entre os principais métodos de extração para OEs

Método de Extração	Características	Vantagens	Desvantagens
Destilação por arraste a vapor	Uso de vapor d'água para volatilizar compostos, sem contato direto com a água.	Preserva compostos sensíveis ao calor direto; método tradicional e seguro.	Alto consumo energético; nem todos os compostos são totalmente extraídos.
Com solventes orgânicos	Uso de solventes orgânicos (ex: etanol, hexano) para dissolver os compostos.	Alta eficiência; útil para compostos pouco voláteis.	Riscos de toxicidade; necessidade de remover solventes residuais.
Hidrodestilação	Amostra vegetal submersa em água em ebulição; extração por condensação.	Equipamentos simples; amplamente usada em laboratório.	Podem degradar compostos voláteis; requer longos tempos de extração.
Maceração (extração a frio)	Imersão da planta em solvente à temperatura ambiente por dias ou semanas.	Preserva compostos termossensíveis; método simples e seguro.	Tempo de extração muito longo; baixo rendimento.
<i>Enfleurage</i>	Flores em contato com gordura neutra; absorção por repetição de ciclos.	Preserva integralmente o aroma das flores delicadas.	Muito lenta; alto custo e uso de gordura, animal ou vegetal.
Fluido supercrítico (CO_2)	Uso de CO_2 acima do ponto crítico como solvente de alta seletividade.	Alta seletividade, rendimento e pureza; processo limpo e sem resíduos tóxicos.	Alto custo e complexidade de equipamentos; limitações com compostos polares.
Assistida por micro-ondas	Aquecimento rápido da matriz vegetal por radiação de micro-ondas.	Rápido, eficiente, reduz uso de solvente; boa preservação de compostos sensíveis.	Pode exigir equipamentos especializados; controle fino de tempo e temperatura.

Fonte: os autores (2024).

3.6 O QUE SÃO ÓLEOS VEGETAIS: ESTRUTURA QUÍMICA E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Os óleos e gorduras, pertencentes à classe dos lipídios, podem ser de origem vegetal ou animal. Podem ser extraídos de sementes, grãos, algas, animais superiores e peixes. São biomoléculas apolares, insolúveis em água, com função energética e estrutural nos organismos vivos. Estão entre os três principais macronutrientes, com proteínas e carboidratos, sendo componentes essenciais das membranas celulares (Calugar, Grozea e Butnariu, 2024; Ferreira *et al.*, 2022; Ibsch *et al.*, 2020).

No setor alimentício, são consumidos tanto na sua forma natural quanto em preparações culinárias, contribuindo para propriedades organolépticas importantes, como textura, sabor e coloração. Além do seu valor nutricional, os lipídios possuem aplicações industriais diversificadas, sendo utilizados como intermediários químicos e insumos para a fabricação de sabões, detergentes, vernizes, resinas, cosméticos, lubrificantes, biocombustíveis e fármacos, entre outros (Ferreira *et al.*, 2022).

Segundo a Resolução ANVISA RDC n.º 481, de 15 de março de 2021, óleos vegetais são líquidos a 25 °C (tais como os óleos de soja, milho e canola) e as gorduras vegetais são sólidas ou pastosas à mesma temperatura (tais como a gordura de coco e a gordura de palma).

As estruturas químicas dos óleos e gorduras são relativamente simples e alguns deles são impróprios para consumo humano sem o devido processamento prévio (óleos de colza, algodão e rícino). São compostos que possuem três ésteres de cadeia longa ligados ao glicerol. Os ácidos carboxílicos de cadeias longas que formam os ésteres são chamados ácidos graxos. Não necessariamente os três ácidos graxos que compõem os triglicerídeos precisam ser idênticos (Tian *et al.*, 2023).

Os ácidos graxos, por sua vez, podem ser classificados conforme o grau de insaturação: são monoinsaturados quando possuem apenas uma ligação dupla na cadeia carbônica; poli-insaturados quando apresentam duas ou mais; e saturados quando não há presença de ligações duplas, o que lhes confere uma estrutura totalmente saturada. Nos ácidos graxos insaturados, pode ocorrer isomeria geométrica, resultando em isômeros cis ou trans, que apresentam propriedades físico-químicas distintas. A presença de ligações duplas influencia diretamente o ponto de fusão dessas moléculas (Guo *et al.*, 2023).

3.7 PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A VIDA ÚTIL DOS ÓLEOS VEGETAIS

A rancidez, resultado da oxidação lipídica, é a principal responsável pela perda de qualidade dos óleos e gorduras, comprometendo o seu valor nutricional e sendo uma das maiores causas de rejeição por parte dos consumidores. Além de reduzir o valor nutricional, esse processo pode gerar compostos tóxicos devido à formação de radicais livres e espécies reativas de oxigênio, associados a doenças como câncer e envelhecimento precoce. Também são responsáveis por alterar o sabor e o aroma, reduzindo a vida útil do produto e afetando negativamente a sua aceitação (Loganathan *et al.*, 2022; Ibsch *et al.*, 2020).

A vida útil dos óleos e gorduras vegetais pode ser afetada por diversos fatores, como a luz, o calor, a umidade, oxigênio, metais, armazenamento inadequado e pela oxidação, a qual é uma das principais causadoras de deterioração dos óleos.

Desse modo, a oxidação lipídica pode ser retardada por meio do controle dos fatores que contribuem para sua ocorrência: temperatura, exposição à luz e presença de oxigênio. Isso pode ser feito por meio do uso de embalagens adequadas e/ou da adição de antioxidantes que impeçam o desenvolvimento de sabores desagradáveis, conhecidos como *off-flavours*, decorrentes da formação de radicais livres que levarão à formação de compostos oxidativos, como peróxidos e aldeídos (Ibsch *et al.*, 2020).

Além disso, a composição química dos óleos é determinante na sua estabilidade. Aqueles ricos em ácidos graxos insaturados, como os óleos de cártamo, soja e girassol, são mais suscetíveis à rancidez oxidativa, devido à maior reatividade (Soukup; Kouřimská, 2019; Symoniuk *et al.*, 2022). Por outro lado, óleos com maior proporção de ácidos graxos saturados apresentam maior resistência à oxidação (Soukup; Kouřimská, 2019; Ibsch *et al.*, 2020).

Com relação ao uso de embalagens mais adequadas, a prática de armazenar óleos comestíveis em recipientes opacos retarda efetivamente a formação de peróxidos. No entanto, a indústria tem adotado predominantemente embalagens plásticas transparentes de tereftalato de polietileno (PET) devido à sua leveza, resistência, vedação eficiente e facilidade de transporte em larga escala. Apesar dessas vantagens logísticas, a transparência dessas embalagens pode acelerar a deterioração do óleo, a menos que sejam adicionados aditivos anti-UV na sua estrutura (Di Mauro *et al.*, 2019).

Já em relação à inclusão de antioxidantes, naturais ou sintéticos, é considerada uma das mais eficazes na prevenção da degradação oxidativa de óleos e gorduras, sendo amplamente aplicada na indústria de óleos e gorduras vegetais. Antioxidantes sintéticos clássicos – como *BHA* (butil-hidroxi-anisol), *BHT* (butil-hidroxitolueno), *TBHQ* (terc-butil-hidroquinona) e *propil galato* – têm sido amplamente empregados devido à sua alta eficácia em estabilizar óleos e prevenir o aparecimento de ranço (Jeruto *et al.*, 2024; Ibsch *et al.*, 2020).

Entretanto, apesar do uso extensivo de antioxidantes sintéticos na indústria alimentícia, a sua segurança tem sido alvo de questionamentos, e há diversas restrições regulatórias em muitos países. O uso prolongado desses compostos pode estar relacionado ao surgimento de doenças degenerativas, além de alguns, apresentarem potencial carcinogênico. Também há uma percepção negativa por parte dos consumidores (Gharby *et al.*, 2022; Ibsch *et al.*, 2020).

Diante dessas limitações, há um crescente interesse no uso de antioxidantes naturais, considerados mais seguros. Compostos bioativos provenientes de ervas e especiarias têm sido amplamente estudados, destacando-se o extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*), que possui alta atividade antioxidante, solubilidade em

gordura e é autorizado como aditivo alimentar na função de antioxidante (INS 392) em diversas categorias de alimentos, conforme a Resolução-RDC n.º 281, de 29 de abril de 2019 do Ministério da Saúde. Especificamente, é autorizado para uso em óleos de peixe e óleos vegetais (exceto azeite de oliva e óleos virgens).

3.8 USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA AUMENTO DA VIDA ÚTIL DOS ÓLEOS VEGETAIS

Os OEs ricos em fenólicos têm exibido atividade antioxidante comparável ou superior à de aditivos sintéticos tradicionais. O Quadro 3 apresenta algumas fontes naturais de antioxidantes e o tipo de óleo vegetal que foi adicionado, com comprovada eficiência antioxidante.

Plantas e temperos são valiosos antioxidantes naturais, e isso é devido à presença de substâncias fenólicas nos óleos essenciais. Portanto, entre os diversos estudos sobre substâncias naturais com propriedades antioxidantes, muitos deles estão focados nas substâncias fenólicas que podem agir como doadores de hidrogênio para os radicais livres, resultando em um radical estável (Hüther *et al.*, 2023).

Os OEs provenientes de plantas têm sido examinados como agentes inibidores do crescimento de patógenos em alimentos, tais como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, entre outros (Huther *et al.*, 2023; Scapinello *et al.*, 2024).

Quadro 3 – Exemplos de óleos essenciais com função antioxidante para óleos vegetais

Fonte natural do antioxidante	Óleo vegetal avaliado	Resultados obtidos
Óleo essencial de gengibre	Óleo de canola	Os extractos de gengibre (6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, 10-gingerol e 6-shogao) apresentaram propriedades antioxidantes.
Óleo essencial de casca de laranja	Ghee (óleo de manteiga)	O ghee suplementado com extrato de casca de laranja foi mais estável a 6 e 32 °C em comparação com o armazenado a 60 °C. No ghee suplementado com óleo essencial de casca de laranja, houve níveis significativamente menores de peróxidos, TBA e ácidos graxos livres (AGL) em comparação ao ghee suplementado com BHA.
Óleo essencial de orégano	Azeite de oliva extravirgem	O óleo essencial extraído da folha de orégano, adicionado na concentração de 5g/100ml, inibiu significativamente a lipoperoxidação do azeite de oliva virgem
Óleo essencial de manjericão	Óleo de girassol	A adição do óleo essencial de manjericão ao óleo de girassol, na concentração de 200-500 mg.kg ⁻¹ , apresentou estabilidade oxidativa comparável à estabilidade do BHT adicionado ao óleo de girassol

Adaptado de Jeruto *et al.* (2024).

Assim, em função dos óleos essenciais serem ricos em compostos bioativos antioxidantes e antimicrobianos, desempenham um importante papel na minimização ou eliminação de microrganismos e na redução da oxidação lipídica dos óleos vegetais. Essa ação contribui significativamente para prolongar a vida útil destes óleos (Gharby *et al.*, 2022; Khan *et al.*, 2023; Ribeiro *et al.*, 2023).

Entretanto, segundo Scapinello *et al.* (2024), o uso industrial dos OEs pode enfrentar diversas limitações, como a alta variabilidade na sua composição química, possíveis interações com a matriz alimentar, riscos toxicológicos, propriedades sensoriais intensas, além da necessidade de padronização quanto à forma de aplicação. Ademais, a sua natureza volátil e a susceptibilidade à oxidação exigem o desenvolvimento de tecnologias e pesquisas que viabilizem alternativas para superar essas barreiras.

Desse modo, entre as alternativas tecnológicas voltadas à indústria de alimentos, destacam-se os processos de encapsulação e a produção de nanoemulsões, que favorecem a estabilidade dos compostos bioativos, aumentam a sua biodisponibilidade, prolongam a vida útil e facilitam a sua incorporação em matrizes alimentares. Outra estratégia promissora é o uso de embalagens ativas com incorporação de óleos essenciais, permitindo a liberação controlada de compostos antimicrobianos e antioxidantes diretamente da embalagem para o alimento, sem a necessidade de adição direta ao produto (Scapinello *et al.*, 2024; Hadidi *et al.*, 2020).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os óleos essenciais (OEs) são substâncias voláteis obtidas a partir de plantas aromáticas, cujos compostos bioativos — como terpenos, álcoois e ésteres — são responsáveis por propriedades antimicrobianas, antioxidantes e terapêuticas. São amplamente utilizados nas indústrias cosmética, farmacêutica, alimentícia e de perfumaria, além de serem empregados na aromaterapia e na medicina tradicional. Esses compostos são produzidos pelas plantas por meio de metabolismo secundário, e a sua composição química pode variar conforme fatores ambientais, como luminosidade, tipo de solo, altitude e umidade, resultando em diferentes quimiotipos (Vaičiulytė; Ložienė; Taraškevičius, 2022).

A obtenção e aplicação dos OEs dependem de métodos específicos de extração, capazes de preservar a sua integridade química. Dentre os principais processos utilizados destacam-se a hidrodestilação, a destilação por arraste a vapor, a extração com solventes orgânicos, o uso de fluidos supercríticos, a enfloração, a maceração e métodos assistidos por micro-ondas. A seleção da técnica ideal está relacionada às características da matéria-prima utilizada e às propriedades desejadas no produto final, considerando os critérios de eficiência, seletividade, custo e preservação de compostos termossensíveis (Vázquez-Aguilar *et al.*, 2022).

Os óleos vegetais, por sua vez, são produtos lipídicos extraídos de sementes, frutos ou outras partes de plantas, ricos em ácidos graxos que determinam as suas propriedades físico-químicas e aplicações. Esses óleos também são amplamente utilizados nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica. A qualidade e a estabilidade dos óleos vegetais e essenciais dependem não apenas da técnica de extração, mas também de fatores como tipo de embalagem, exposição à luz, oxigênio, calor e presença de metais. A oxidação é um dos principais mecanismos de degradação, e estratégias como o uso de antioxidantes naturais, gases inertes e armazenamento em frascos escuros são importantes para preservar a sua funcionalidade (Silva, 2022).

Portanto, compreender a composição, os métodos de extração e os fatores que influenciam a estabilidade dos óleos essenciais e vegetais é essencial para garantir a sua eficácia, segurança e aplicabilidade industrial. Tais conhecimentos favorecem o desenvolvimento de soluções tecnológicas alinhadas às demandas por produtos naturais, sustentáveis e com alto valor funcional (Gomes; Silva, 2019).

5 AGRADECIMENTOS

Este projeto de pesquisa foi financiado pelo UNIEDU, Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

ADEGBanke, Omolara Racheal; BADA, Raymond Temilola. Comparative Analysis of Oil Extraction from Clove and Ginger using Maceration and Soxhlet Methods: Physicochemical Properties and Quality Assessment. **IPS Journal of Agriculture, Food Technology and Security**, v. 1, n. 1, p. 10-19, 2024.

AGRAWAL, Shivankar; JOSHI, Rajesh K.; ROY, Subarna. Chemical Constituents and Antimicrobial Activity of Enfleurage Extract of Gardenia resinifera Flower. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 60, n. 5, p. 972-975, 2024.

ALVES, Nathalia Visgueira et al. Potencial farmacológico dos óleos essenciais: uma atualização. **Práticas integrativas e complementares: visão holística e multidisciplinar**. Editora Científica Digital, v. 13, p. 144-160, 2022.

AMANULLAH, Muthahar Fazila; RASAMANI, Padmapriya; SUKUMAR, M. Process kinetics optimization for extraction of essential oil from the peel of Citrus sinensis for the development of food packaging film. **Journal of Food Process Engineering**, v. 47, n. 4, p. e14613, 2024.

ARAMOUNI, Karl et al. Biochemical and cellular basis of oxidative stress: implications for disease onset. **Journal of Cellular Physiology**, v. 238, n. 9, p. 1951-1963, 2023.

ARUNA, T. et al. Hydrodistillation and soxhlet method of extraction and analyses of chemical composition of citrus peel essential oil. **Madras Agricultural Journal**, v. 109, n. special, p. 1, 2022.

BEKTASEVIC, Mejra et al. Phytochemical profile, antioxidant activity and cholinesterase inhibition potential of essential oil and extracts of *Teucrium montanum* from Bosnia and Herzegovina. **Separations**, v. 10, n. 8, p. 421, 2023.

BITWELL, Chibuye et al. A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants. **Scientific African**, v. 19, p. e01585, 2023.

BRASIL. **Resolução RDC/ANVISA/MS nº 481, de 15 de março de 2021.** Regulamento técnico que dispõe sobre os requisitos sanitários para óleos e gorduras vegetais. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5887540/RDC_481_2021_.pdf/0b35722f-6275-48d1-b15f-e07992242188. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRASIL. **Resolução RDC/ANVISA/MS nº 281, de 29 de abril de 2019.** Regulamento técnico que autoriza o uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2019/rdc0281_29_04_2019.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRUNO, Catarina; ALMEIDA, Márcia R. Óleos essenciais e vegetais: matérias-primas para fabricação de bioproductos nas aulas de química orgânica experimental. **Química Nova**, v. 44, p. 899-907, 2021.

CALUGAR, Lucian; GROZEA, Ioana; BUTNARIU, Monica. Vegetable Oils in Maintaining Health. **Journal Med Clin Nurs Stud**, v. 2, n. 2, p. 1-7, 2024.

CASTILHO, Giovanna Kawasaki; DA SILVA FELISBINO, Sabrina; RODRIGUES, Natalia Mayume. Estudo sobre os tipos de extração para óleos essenciais e óleos vegetais. **RCMOS-Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, v. 1, n. 10, p. 52-59, 2021.

CHEN, Xiaohua et al. Antioxidant activities of essential oils and their major components in scavenging free radicals, inhibiting lipid oxidation and reducing

cellular oxidative stress. **Molecules**, v. 28, n. 11, p. 4559, 2023.

CORREA, Otávio Bernhardt; MELO, Aline Resmini; MARQUES, Carolina Resmini Melo. Análise de diferentes métodos de extração de óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*). **Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC**, v. 8, n. 2, p. 261-281, 2023.

CUI, Wei *et al.* Research on the Supercritical CO₂ Extraction Process of *Hetian Rose* Essential Oil. **Processes**, v. 12, n. 7, p. 1396, 2024.

CUTRIM, E. S. M. *et al.* Avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante dos óleos essenciais e extratos hidroalcoólicos de *Zingiber officinale* (Gengibre) e *Rosmarinus officinalis* (Alecrim). **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 1, p. 60-81, 2019.

DA DE SOUZA, Tercio *et al.* Uso de cascas de laranja para extração de óleo essencial e avaliação de suas atividades biológicas. **Revista Ifes Ciência**, v. 10, n. 1, p. 01-23, 2024.

DE MENEZES, Maraísa Lopes *et al.* Avaliação da extração por soxhlet do óleo de sementes de uva bordô utilizando como solventes alternativos o álcool etílico e isopropílico. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 77169-77180, 2021.

DI MAURO, Eduardo *et al.* Smart packaging in the sustainability challenge: Eumelanin as a UV-absorption enhancer of polymers. **IEEE Transactions on Nanotechnology**, v. 18, p. 1160-1165, 2019.

DO PRADO, Hellen Ramos *et al.* Aplicabilidade do Método de enfleurage para Extração de Óleos Essenciais de Espécies Vegetais Applicability of the enflleurage Method for Extraction of Essential Oils from Plant Species. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 117457-117479, 2021.

FERRAZ, André. **Guia Completo da Aromaterapia para Iniciantes. Como usar a Aromaterapia para Transformar sua Saúde e Equilibrar suas Emoções.** Viver de Aromas, on-line. Disponível em: https://viverdearomas.com.br/wp-content/uploads/2019/10/Guia_completo_da_aromaterapia_para_iniciantes_2019-2_compresso.pdf. Acesso em: 5 dez. 2024.

FERREIRA, Patrícia G. *et al.* Aqui tem química: supermercado Parte I. Óleos e gorduras. **Revista Virtual de Química**, v. 14, p. 185, 2022.

GANOSI, Eugenia *et al.* An In-Depth Stability Study of the Essential Oils from *Mentha piperita*, *Mentha spicata*, *Origanum vulgare*, and *Thymus vulgaris*: the Impact of Thermal and Storage Conditions. **Separations**, v. 10, n. 9, p. 488, 2023.

GHARBY, Saïd *et al.* An overview on the use of extracts from medicinal and aromatic plants to improve nutritional value and oxidative stability of vegetable oils. **Foods**, v. 11, n. 20, p. 3258, 2022.

GOMES, T. S.; SILVA, A. L. Raw Materials in Essential Oil Production: Influence on Quality and Composition. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 12, p. 67-78, 2019.

GRAND VIEW RESEARCH. **Natural Food Preservatives Market Trends**. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/natural-food-preservatives-market-report>. Acesso em: 6 dez. 2024.

GUO, Qin *et al.* New research development on trans fatty acids in food: Biological effects, analytical methods, formation mechanism, and mitigating measures. **Progress in lipid research**, v. 89, p. 101199, 2023.

HADIDI, Milad *et al.* Chitosan nanoparticles loaded with clove essential oil: Characterization, antioxidant and

antibacterial activities. **Carbohydrate polymers**, v. 236, p. 116075, 2020.

HÜTHER, Cristina M. et al. Aqui tem Química: Parte VI. O Prazer dos Sabores Naturais. **Revista Virtual de Química**, v. 15, n. 1, 2023.

IBSCH, Raquel Bonati Moraes et al. Study of pure and combined antioxidants for replacing TBHQ in soybean oil packed in pet bottles. **Journal of food science and technology**, v. 57, p. 821-831, 2020.

JERUTO, Ronoh D. et al. Comparing Synthetic and Natural Antioxidants in Vegetable Oils: Effects on Oxidation and Oil Quality. **Asian Journal of Applied Chemistry Research**, v. 15, n. 4, p. 119-137, 2024.

JOCO, Randy A. et al. Recent Development on the Extraction Process of Plants Essential Oil and its Effect on Chemical Composition: A Review. **Advanced Journal of Graduate Research**, v. 14, n. 1, p. 9-20, 2024.

KAYA, Durmuş Alpaslan et al. Selection of optimal operating conditions for extraction of *Myrtus Communis* L. essential oil by the steam distillation method. **Molecules**, v. 25, n. 10, p. 2399, 2020.

KHAN, Sohail et al. The extraction and impact of essential oils on bioactive films and food preservation, with emphasis on antioxidant and antibacterial activities—a review. **Foods**, v. 12, n. 22, p. 4169, 2023.

KUMARI, Shweta et al. Therapeutic and Pharmacological Applications of Essential Oils in Skin Care and Aromatherapy: Benefits, Mechanisms, and Safety Considerations. **International Journal for Multidisciplinary Research**, v. 6, n. 4, July-August, 2024.

LOGANATHAN, Radhika et al. A review on lipid oxidation in edible oils. **Malaysian Journal of Analytical Sciences**, v. 26, n. 6, p. 1378 – 1393, 2022.

MACEDO, Julimery Gonçalves Ferreira et al. Therapeutic indications, chemical

composition and biological activity of native Brazilian species from *Psidium* genus (*Myrtaceae*): a review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 278, p. 114248, 2021.

MACHADO, Carlos Alberto et al. Steam distillation for essential oil extraction: An evaluation of technological advances based on an analysis of patent documents. **Sustainability**, v. 14, n. 12, p. 7119, 2022.

MALDONADO, Gabriela. **Estudo sobre os métodos de extração de óleos essenciais: uma revisão integrativa**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022.

MARCOLINA, Marzy. **Óleos essenciais: estudo de extração e atividade antimicrobiana**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

MENDONÇA, Augusto Cezar et al. Óleos essenciais naturais e sintéticos: benefícios na indústria de fragrâncias. **Revista Ft**, v. 28, n. 136, 2024.

OLIVEIRA, Laís Farias Azevedo de Magalhães. **Nanopartículas de sílica mesoporosa carregadas com extrato de própolis vermelha: síntese, caracterização e avaliação in vitro da atividade antioxidante, antimicrobiana e antiviral**. 2021. Tese de Doutorado (Ciências dos Materiais) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

PHEKO-OFITLHILE, Tshepo; MAKHZOUM, Abdullah. Impact of hydrodistillation and steam distillation on the yield and chemical composition of essential oils and their comparison with modern isolation techniques. **Journal of Essential Oil Research**, v. 36, n. 2, p. 105-115, 2024.

PORTO, Laís Lourdes. **Avaliação do potencial antimicrobiano de óleos essenciais de coentro (*coriandrum***

sativum *I.*) e orégano (*origanum vulgare* *I.*). 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

RANDOLPHO, Gabriela Arelhano *et al.* Resíduos de frutas transformados em novos produtos alimentícios: uma revisão sistemática. **Multitemas**, p. 297-311, 2020.

ŘEBÍČKOVÁ, Kristýna *et al.* Comparison of chemical composition and biological properties of essential oils obtained by hydrodistillation and steam distillation of *Laurus nobilis* L. **Plant foods for human nutrition**, v. 75, n. 4, p. 495-504, 2020.

RIBEIRO, Bárbara Raianne Silva Carneiro *et al.* Atividade conservante de óleos essenciais em alimentos: uma revisão da literatura. **Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT-SERGIPE**, v. 8, n. 1, p. 63-76, 2023.

RODRIGUES, Manuela Sulzbach. **Influência de diferentes genótipos e métodos de extração sobre o rendimento e composição dos óleos essenciais de tangerineiras**. 2020. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

SCAPINELLO, Jaqueline *et al.* Aplicação de óleos essenciais em alimentos: uma revisão sobre desafios e perspectivas. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 21, n. 1, p. 01-20, 2024.

SHARIFI-RAD, Mehdi *et al.* Lifestyle, oxidative stress, and antioxidants: back and forth in the pathophysiology of chronic diseases. **Frontiers in physiology**, v. 11, p. 552535, 2020.

SHARMA, Shubham *et al.* Essential oils as additives in active food packaging. **Food Chemistry**, v. 343, p. 1-10, 2021.

SILVA, Maria Alice Brandão *et al.* Guia prático de extração do óleo essencial de gengibre. 2024.

SILVA, Nádia Santana de Andrade da. **Propriedades terapêuticas dos óleos essenciais frente as bactérias**

***Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*: uma revisão de literatura.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – UNIMAM – Centro Universitário Maria Milza, Governador Mangabeira, 2022.

SYMONIUK, Edyta *et al.* Oxidative stability and antioxidant activity of selected cold-pressed oils and oils mixtures. **Foods**, v. 11, n. 11, p. 1597, 2022.

TIAN, Mingke *et al.* The chemical composition and health-promoting benefits of vegetable oils—a review. **Molecules**, v. 28, n. 17, p. 6393, 2023.

TRAN, Thi Kim Ngam *et al.* Impact of Different Storage Conditions on Composition of Lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) Essential Oil of Tien Giang Province, Vietnam. **Asian Journal of Chemistry**, v. 32, n. 11, p. 2743-2747, 2020.

TUMILAAR, Sefren Geiner *et al.* A comprehensive review of free radicals, oxidative stress, and antioxidants: Overview, clinical applications, global perspectives, future directions, and mechanisms of antioxidant activity of flavonoid compounds. **Journal of Chemistry**, v. 2024, n. 1, p. 5594386, 2024.

VAIČIULYTĖ, Vaida; LOŽIENĖ, Kristina; TARASKEVIČIUS, Ričardas. Impact of edaphic and climatic factors on *Thymus pulegioides* essential oil composition and potential prevalence of chemotypes. **Plants**, v. 11, n. 19, p. 2536, 2022.

VÁZQUEZ-AGUILAR, Mireya *et al.* Essential oils: an overview of extraction methods, applications, and perspectives. **Biocontrol Systems and Plant Physiology in Modern Agriculture**, p. 93-124, 2022.

YEASMIN, Mst Sarmina *et al.* Optimization of green microwave-assisted extraction of essential oil from lemon (*Citrus limon*) leaves: Bioactive, antioxidant and antimicrobial potential. **Current Research in Green and Sustainable Chemistry**, v. 8, p. 100413, 2024.