

AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE SECAGEM E SEU EFEITO NO POTENCIAL BIOATIVO DE EXTRATOS DA FOLHAS DE OLIVEIRA

Thamiris Renata Martiny¹, Alaor Valério Filho², Luisa Bataglin Avila³, Guilherme Luiz Dotto⁴,
Gabriela Silveira da Rosa⁵

133

1* – Dr^a., Universidade Federal do Pampa-Unipampa, thamiris.martinyhotmail.com; 2 - Me., Universidade Federal de Pelotas-UFPEL; 3 - Me., Universidade Federal do Pampa-Unipampa; 4 - Dr., Universidade Federal de Santa Maria-UFSM; 5 - Dr^a., Universidade Federal do Pampa-Unipampa

EVALUATION OF DRYING TECHNIQUES AND ITS EFFECT ON THE BIOACTIVE POTENTIAL OF OLIVE LEAVES EXTRACTS

Resumo: O presente artigo tem como objetivo a secagem de folhas de oliveira aplicando duas técnicas de secagem (secagem convectiva e liofilização) e caracterizar os extratos das folhas secas verificando seu potencial bioativo. A secagem convectiva das folhas foi realizada em estufa de circulação de ar na temperatura de 40 °C e durante 24 h, e a liofilização foi realizada a uma temperatura de -50 °C por 48 h. Os extratos das folhas foram obtidos por maceração e caracterizados quanto compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. A utilização das folhas após a secagem na forma de extratos é necessária para o desenvolvimento de novos produtos, como forma de minimização do descarte de resíduos produzidos pela olivicultura. Através dos resultados obtidos o extrato da folha de oliveira foi considerado como sendo fonte de compostos fenólicos com atividade antioxidante, podendo ser considerado um alimento funcional. Comparando as técnicas de secagem utilizadas, a secagem convectiva se sobressaiu, pois apresentou uma maior preservação dos compostos bioativos.

Palavras-chave: Secagem convectiva; liofilização; compostos fenólicos; atividade antioxidante; olivicultura.

Abstract: *This article aims to dry olive leaves using two drying techniques (convective drying and freeze drying) and characterize the extracts of dried leaves checking their bioactive potential. Convective drying of the leaves was carried out in an air circulation oven at a temperature of 40 °C for 24 h, and freeze drying was carried out at a temperature of -50 °C for 48 h. Leaf extracts were obtained by maceration and characterized for total phenolic compounds and antioxidant activity. The use of leaves after drying in the form of extracts is necessary for the development of new products, as a way to minimize the disposal of residues produced by olive growing. Through the results obtained, the olive leaf extract was considered to be a source of phenolic compounds with antioxidant activity, and can be considered a functional food. Comparing the drying techniques used, convective drying stood out, as it showed greater preservation of bioactive compounds.*

Keyword: *Convective drying; Freeze drying; Phenolic compounds; Antioxidant activity; olive growing.*

INTRODUÇÃO

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma planta da família Oleaceae, incluindo espécies vegetais distribuídas em regiões tropicais e temperadas, no entanto, esta é uma espécie consolidada na região mediterrânea (GIACOMETTI; ŽAUHAR; ŽUVIĆ, 2018; PUTNIK et al., 2017). Porém, essa cultura vem se expandindo para outros territórios, principalmente no Brasil. Segundo o Instituto Brasileiro de Olivicultura, a área atual cultivada com esta espécie no Brasil é de cerca de 10.000 ha. O país tem como seu principal produtor o Rio Grande do Sul (RS), com mais de 70% de área cultivada com oliveiras (BELARMINO et al., 2020). As terras brasileiras se mostraram boas para o cultivo da oliveira, hoje produzindo azeites premiados mundialmente. Isso demonstra a importância social e econômica desta cultura e a oportunidade emergente de usar qualquer um dos subprodutos gerados (CAVALHEIRO et al., 2015a; ROSA et al., 2021). Do ponto de vista econômico, o interesse pela oliveira está ligado à produção de azeitonas e azeite, mas durante esta produção são gerados subprodutos, igualmente valiosos, nas frações líquidas e sólidas, as frações sólidas são as folhas e bagaço e a fração líquida é o efluente da fábrica, que pode ser valorizado compondo produtos inovadores, considerados uma rica fonte de produtos naturais como os compostos de alto teor fenólico, além disso, o reaproveitamento de subprodutos reduz a poluição por eles causada, atendendo a critérios de sustentabilidade da planta (ELKACMI et al., 2017; NUNES et al., 2016).

Dentre esses subprodutos destacam-se as folhas da oliveira, que são geradas durante o processamento do fruto, na colheita e na poda, em grande quantidade, cerca de 25 kg de folhas e galhos, por árvore, das atividades de poda (LAMPROU et al., 2020). Para a fabricação do azeite, onde as folhas são separadas das azeitonas por uma máquina de sopro, podem representar entre 4% e 10% em peso da azeitona que vai para o beneficiamento. De acordo com o último relatório da Organização e Agricultura de Alimentos (FAO) que

pesquisou o setor, 21,06 Mt de azeitonas são processadas todos os anos (FAO, 2020) levando à geração de 0,84 Mt de folhas de oliveira. Apenas na Espanha, 0,2 milhões de toneladas de folhas de oliveira são geradas por ano (LAMA-MUÑOZ et al., 2019; ROMERO et al., 2018; ŞAHIN; BILGIN, 2018). No Brasil, na safra 2018/2019, com área de produção de 1.500 hectares, foram colhidos 1.700.000 kg de azeitonas e produzidos 198.664 litros de óleo, o que representa uma quantidade substancial de folhas geradas como subproduto. A produção atual de óleos no Brasil ainda é pequena e típica de uma indústria nascente, mas já possui expressivo destaque internacional e perspectivas de crescimento (INTERNATIONAL OLIVICULTURE COUNCIL, 2020; COSTA, 2019).

O reaproveitamento da folha de oliveira é importante para a gestão dos resíduos, contribuindo do ponto de vista do meio ambiente. A folha tem potencial de conversão em produtos úteis de alto valor agregado, principalmente no que diz respeito aos benefícios à saúde humana devido à sua composição rica em compostos bioativos (AHMAD-QASEM et al., 2016; ERBAY; ICIER, 2009). A investigação sobre a utilização da folha de oliveira, nos mais diversos setores industriais, é relevante. Algumas de suas aplicações incluem o desenvolvimento de drogas naturais, alimentos funcionais e conservantes de alimentos naturais (AHMAD-QASEM et al., 2016; MARTINY et al., 2020a). A presença de fenólicos e atividade antioxidante em folhas de oliveira foram relatados (ABAZA et al., 2011; EL; KARAKAYA, 2009; LEE; LEE, 2010), mas muito poucos estudos estão disponíveis sobre métodos para preservá-los. E quando se trata da oliveira de origem geográfica brasileira, os estudos são inexistentes.

Estudos indicam que a atividade biológica dos compostos presentes na folha de oliveira é eficaz no tratamento de doenças, como febre, inflamação e hipertensão (KERMANS SHAH et al., 2020). Tendo em vista a atual situação de pandemia desencadeada pela COVID-19, um estudo mostrou que a oleuropeína (composto fenólico) extraída da folha de oliveira pode atuar como um agente antiviral (COPPA et al., 2017; OMAR, 2010; SUN; OSTRIKOV, 2020). As propriedades medicinais das folhas de oliveira referem-se principalmente aos

compostos fenólicos, que constituem um importante grupo de compostos antioxidantes, formado por um grande grupo de substâncias químicas. Os compostos fenólicos são considerados produtos secundários do metabolismo vegetal, geralmente derivados de reações de defesa contra agressões ambientais, com diferentes estruturas e atividades químicas (MARTÍNEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000). Folhas de oliveira têm quantidades substanciais de compostos fenólicos, como oleuropeína (o principal), verbascosídeo, luteolin-7-O-glucosídeo, hidroxitirosol, vanilina e rutina em sua composição, resultando em propriedades bioativas (GIACOMETTI; ŽAUHAR; ŽUVIĆ, 2018; KIRITSAKIS; GOULA; ADAMOPOULOS, 2017). Nesse sentido, é importante o estudo de técnicas que auxiliem na preservação desses compostos em folhas de oliveira e que possibilitem sua aplicação. Entre essas técnicas está a operação de secagem.

O processo de secagem de produtos vegetais que são utilizados pela indústria como matéria-prima é importante e deve ser aplicado após a colheita para uma melhor preservação, uma vez que a redução do teor de umidade evita a ação de agentes deteriorantes como enzimas e micro-organismos (GEANKOPLIS, 1998; MARTINAZZO et al., 2010). Além disso, dependendo do tratamento térmico, a secagem de produtos vegetais pode promover a redução indesejável de constituintes de interesse ou mesmo alterações nas características do produto (ERBAY; ICIER, 2010). Nesse sentido, um dos desafios da indústria na secagem da folha de oliveira é o conhecimento das melhores condições de secagem para diminuir as perdas dos compostos bioativos. A secagem convectiva tem sido comumente usada para a desidratação de produtos vegetais ao longo dos anos (CALÍN-SÁNCHEZ et al., 2020), já a liofilização é uma técnica não convencional que vem sendo cada vez mais utilizada.

A secagem por convecção usa ar quente como agente de transferência de calor e desidrata os produtos. Algumas vantagens dessa técnica são: método barato, uniformidade, simplicidade, facilidade de manuseio, acessibilidade e

proporciona melhor secagem (CALÍN-SÁNCHEZ et al., 2020; SENADEERA et al., 2020). A liofilização se processa em duas etapas: (1) congelamento da água da matéria-prima; (2) aquecimento do sólido congelado para induzir a sublimação da umidade. Algumas vantagens da liofilização são: previne danos de oxidação; minimiza as alterações de compostos químicos; e manutenção de estrutura porosa (CALÍN-SÁNCHEZ et al., 2020).

O presente artigo tem como objetivo a secagem de folhas de oliveira aplicando duas técnicas de secagem (secagem convectiva e liofilização) e caracterizar os extratos das folhas secas verificando seu potencial bioativo.

METODOLOGIA

Matéria-prima

As folhas de oliveira (*Olea europaea* L.) utilizadas nessa pesquisa foram cedidas pela estância Guarda Velha, localizada no município de Pinheiro Machado, Rio Grande do Sul, do cultivar Arbequina (31°30'04.0"S, 53°30'42.0"W). As folhas de oliveira foram coletadas em uma área de plantio de árvores da espécie, no mês de março de 2021, devidamente separadas dos galhos e flores e armazenadas em sacos plásticos. As folhas *in natura* podem ser armazenadas sob refrigeração em sacos plásticos fechados hermeticamente e cobertos com papel alumínio por um período de 16 dias sem que haja perdas significativas em seu conteúdo de compostos fenólicos totais (CAGLIARI, 2017). Portanto, esse período é respeitado para o uso das folhas coletadas.

Inicialmente, as folhas coletadas passaram por um pré-tratamento que consistiu da higienização com água corrente, solução comercial de hipoclorito de sódio 2% a 2,5% e água destilada em adaptação ao método sugerido por Peixoto Neto, Azevedo e Araújo (2002). Após esse tratamento inicial, as amostras foram encaminhadas às secagens.

Secagem convectiva

A secagem convectiva procedeu-se em estufa (ETHIK, Brasil) a 40 °C por 24 h. A temperatura de secagem foi escolhida baseada no estudo de Cagliari (2017), em que o autor conclui que em temperaturas maiores que 60 °C há uma perda maior dos compostos fenólicos totais das folhas de oliveira.

138

Liofilização

Primeiramente as folhas foram congeladas à -20 °C por 24 h. Após, foram encaminhadas para o liofilizador (Liotop – L101), em que foram liofilizadas a -55 °C por 48 h.

Obtenção dos extratos de folhas de oliveira

As folhas secas pelas diferentes metodologias de secagem foram cominuídas e peneiradas, assim obtendo-se um pó das folhas. Para padronização granulométrica das folhas de oliveira secas e moídas foi utilizada a fração retida na peneira de 60 *mesh*, fabricada no padrão ABNT/ASTM/TYLER (BERTEL INDÚSTRIA METALÚRGICA LTDA., Brasil). O uso das folhas previamente processadas, em pó, proporciona o aumento da superfície de contato, ou seja, aumenta a exposição do soluto ao solvente, aumentando dessa forma a extração de seus constituintes.

O produto composto pelas folhas secas, moídas e peneiradas foi submetido ao processo de maceração dinâmica. Foram pesados 1 g de cada amostra e adicionados 100 mL de água em *erlenmeyers*, que foram cobertos com papel alumínio com o objetivo de impedir o contato do sistema extrator com a luz. Na presença de luz pode haver degradação indesejada dos compostos que se pretende obter com a extração (CASTELO-BRANCO; TORRES, 2011). As extrações por maceração foram realizadas em banho *Dubnoff* com controle

de temperatura e agitação (QUIMIS, Brasil). A temperatura de extração foi de 88 °C e o tempo de extração foi de 2 h, sendo essas condições otimizadas por Martiny et al., (2021).

Os extratos obtidos foram caracterizados quanto ao conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

Compostos fenólicos totais

Para a determinação dos compostos fenólicos totais é utilizado o método espectrométrico adaptado de Singleton; Rossi (1965). Uma alíquota (0,5 mL) de extrato de folhas de oliveira é misturada com 10 mL de água destilada e 1 mL de Folin-Ciocalteu. Após 5 min, são adicionados 8 mL de solução aquosa a 7,5% (m/v) de carbonato de sódio. A mistura é armazenada no escuro por 2 h. Em seguida, a absorbância da mistura é quantificada no comprimento de onda de 765 nm com um espectrofotômetro (Ultraspec1000, AmershamPharmacia Biotech, EUA). Os resultados dos compostos fenólicos totais são expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por grama de matéria seca ($\text{mg}_{\text{GAE}} \cdot \text{g}^{-1}$ b.s). A análise é realizada em triplicata.

Atividade antioxidante

A atividade antioxidante é determinada a partir do método desenvolvido por Brand-Williams; Cuvelier; Berset (1995). O extrato de folhas de oliveira (0,2 mL) é misturado com 7,8 mL de solução de DPPH e mantida por 30 min no escuro à temperatura ambiente. O mesmo procedimento é realizado com uma alíquota de água, a fim de se obter o branco. A concentração da solução de DPPH é de 6×10^{-5} M e será preparada com padrão de DPPH e metanol de grau de HPLC. A absorbância do branco e das amostras dos extratos são medidas usando um espectrofotômetro (Ultraspec1000, AmershamPharmacia Biotech,

EUA) a 517 nm. A porcentagem de radicais livres capturados pelo radical DPPH é calculada usando a Equação 1.

$$AA (\%) = \left(\frac{A_{branco} - A_{amostra}}{A_{branco}} \right) \cdot 100 \quad \dots \quad (1)$$

em que AA é a atividade antioxidante, A_{branco} é a absorbância do branco e $A_{amostra}$ é a absorbância das amostras de extrato de folhas de oliveira.

Análise estatística

Os dados experimentais foram analisados em triplicata e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de Tukey adotando-se nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das análises estatísticas foi utilizado o software *Statistica*®, versão 10.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para compostos fenólicos totais e atividade antioxidante para as folhas de oliveira desidratadas pelos processos de secagem convectiva e liofilização.

Tabela 1: Compostos fenólicos totais (FT) e atividade antioxidante (AA) dos extratos obtidos das folhas secas por técnicas de secagem distintas.

Extrato	FT (mg _{GAE} .g ⁻¹)*	AA (%)*
Folha secagem convectiva	149,94 ± 1,14 ^A	91,59 ± 0,96 ^A
Folha liofilizada	134,42 ± 0,19 ^B	95,23 ± 1,82 ^B

*média ± desvio médio (n=3). Letras maiúsculas sobrescritas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre as formulações estudadas (P > 0,05). Fonte: Autores (2021).

Pela análise da Tabela 1, quando se comparou os dois métodos de secagem, foram observadas diferenças significativas, tanto para os compostos fenólicos quanto para atividade antioxidante. O extrato obtido das folhas secas por secagem convectiva apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos

totais e menor atividade antioxidante quando comparado ao extrato obtido das folhas liofilizadas. Esse foi um resultado que não era esperado, haja vista que a liofilização possui como característica geral uma menor degradação dos compostos de interesse presentes na matriz. A composição química das plantas é sensivelmente afetada pelo processo de secagem, porém em muitos casos essa operação faz-se necessária para atender aos requisitos de estoque e transporte dos produtos. A escolha do método adequado de secagem para cada matriz vegetal é de fundamental importância, para minimizar a perda de princípios ativos e retardar a sua deterioração, permitindo a conservação das plantas por um período maior para a sua posterior comercialização e uso (DUAN et al., 2016).

No presente trabalho o uso da secagem convectiva mostrou-se mais vantajosa, dado o maior conteúdo de compostos fenólicos totais. Além disso, quando comparada a liofilização a secagem convectiva é mais viável de ser implementada, pois possui uma operação fácil, baixo custo e projeto simples. Já a liofilização possui um custo de instalações muito alto e é um processo lento e caro (Calín-Sánchez, 2020). Keselj et al. (2017) estudaram o consumo de energia da secagem convectiva e da liofilização e compararam os dois métodos, os resultados mostraram que o consumo de energia para o processo de liofilização é maior do que para o processo de secagem convectiva, além disso a liofilização levou mais tempo do que a secagem por convecção.

Barbosa e Graziano (2006) também estudaram e compararam o efeito da liofilização e da secagem convectiva em uma matriz vegetal (laranja) sobre os probióticos da fruta, os resultados deles mostraram que o tratamento por secagem convectiva foi melhor quando comparado a liofilização pois preservou o probiótico *Lactobacillus plantarum* 299v por mais tempo.

Os resultados dos compostos fenólicos totais encontrados no presente estudo foram excelentes quando comparados aos dados relatados na literatura. Abaza et al. (2011) também produziram extratos aquosos de folhas de oliveira por maceração e encontraram 16,52 mg_{GAE.g}⁻¹ (d.b). Ahmad-Qasem et al. (2013)

estudaram a extração fenólica de folhas de oliveira utilizando uma técnica mais avançada, o ultrassom e relataram que um conteúdo fenólico inferior que variou de 21,6 a 43,4 mg_{GAE.g}⁻¹ (d.b.). Cavalheiro et al. (2015b) relataram uma taxa de extração de 29 mg_{GAE.g}⁻¹ (d.b.) para folhas de oliveira sob extração por maceração em etanol, em condição de temperatura ambiente com durações variando de 5 a 24 h. Por fim, Rosa et al. (2021) obtiveram extratos de folhas de oliveira secas por secagem convectiva que apresentaram como resultado 57,28 mg_{GAE.g}⁻¹ (d.b.) para compostos fenólicos e 67,25 % para atividade antioxidante.

A ação antioxidante de um composto está diretamente relacionada com os componentes bioativos presentes e depende da estrutura química e concentrações destes fitoquímicos na matriz (MAGALHÃES et al., 2008). As folhas de oliveira apresentaram alto teor de compostos fenólicos totais e conseqüentemente, elevada atividade antioxidante. Em comparação com outras pesquisas, resultados semelhantes de atividade antioxidante de até 94% foram obtidos para extratos de folha de oliveira (FARES et al., 2011; MOUDACHE et al., 2016; ŞAHIN; BILGIN, 2018).

Os extratos das folhas secas de oliveira podem ser aplicados nos mais diversos setores da indústria sobretudo nas indústrias farmacêuticas e de alimentos. Martiny et al., (2020b) produziram extratos de folhas de oliveira a partir de folhas secas por secagem convectiva. Eles obtiveram 89,52% de atividade antioxidante e 115,96 mg_{GAE.g}⁻¹ (d.b.) de compostos fenólicos e aplicaram os extratos em embalagens para carne de cordeiro, os resultados demonstraram que a carne pode ser armazenada por um período maior de tempo. Em outra publicação, os pesquisadores aplicaram extrato de folha de oliveira para controlar a estabilidade oxidativa do óleo de soja, o que resultou em maior atividade antioxidante (MOHAMMADI et al., 2016). Por fim, em uma pesquisa recente sobre soluções para a pandemia de COVID-19, a oleuropeína contida nas folhas de oliveira foi citada. A oleuropeína tem sido um poderoso inibidor de vírus e bloqueando a síntese de enzimas para a replicação do vírus (SUN; OSTRIKOV, 2020).

CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados é visto que a utilização das folhas de oliveira após a secagem é viável para o desenvolvimento de novos produtos, como forma de minimização do descarte de resíduos produzidos pela indústria. A folha de oliveira é fonte de compostos fenólicos com atividade antioxidante, podendo ser considerado um alimento funcional. Comparando as técnicas de secagem utilizadas, a secagem convectiva se sobressaiu, pois preservou mais os compostos bioativos. No entanto, como sugestões de trabalhos futuros, análises mais detalhadas dos compostos bioativos poderão ser realizadas; além de avaliar a estabilidade das folhas secas durante o seu armazenamento; aplicar o extrato obtido no desenvolvimento de novos produtos para as indústrias alimentícias e farmacêuticas, por exemplo.

143

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal do Pampa pelo apoio, ao Grupo de Pesquisa Engenharia de Processos em Sistemas Particulados pelo auxílio técnico e à Estância Guarda Velha pela doação das folhas de oliveira utilizadas neste estudo.

REFERÊNCIAS

ABAZA, L. et al. Chétoui olive leaf extracts: influence of the solvent type on phenolics and antioxidant activities. **Grasas y Aceites**, v. 62, n. 1, p. 96–104, 2011.

AHMAD-QASEM, M. H. et al. Kinetic and compositional study of phenolic extraction from olive leaves (var. Serrana) by using power ultrasound. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 17, p. 120–129, 2013.

AHMAD-QASEM, M. H. et al. Drying and storage of olive leaf extracts. Influence on polyphenols stability. **Industrial Crops and Products**, v. 79, p. 232–239,

2016.

BARBOSA, M. H.; GRAZIANO, K. U. Influence of wearing time on efficacy of disposable surgical masks as microbial barrier. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 37, n. 3, p. 216–217, 2006.

BELARMINO, L. C. et al. **Análise econômica exploratória da olivicultura no Brasil e Espanha**. VIII Simpósio da Ciência do Agronegócio 2020. **Anais**. 2020.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

CAGLIARI, A. **INFLUÊNCIA DA SECAGEM CONVECTIVA EM LEITO FIXO SOBRE AS PROPRIEDADES DA FOLHA DE OLIVEIRA (Olea europaea L.)**. [s.l.] Universidade Federal do Pampa, 2017.

CALÍN-SÁNCHEZ, A. et al. Comparison of Traditional and Novel Drying Techniques and Its Effect on Quality of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs. **Foods**, v. 9, n. 1261, 2020.

CASTELO-BRANCO, V. N.; TORRES, A. G. Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: determinantes químicos e sua relação com a associations with oil quality. v. 24, n. 1, p. 173–187, 2011.

CAVALHEIRO, C. V. et al. Olive leaves offer more than phenolic compounds - Fatty acids and mineral composition of varieties from Southern Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 122–127, 2015a.

CAVALHEIRO, C. V. et al. Olive leaves offer more than phenolic compounds - Fatty acids and mineral composition of varieties from Southern Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 122–127, 2015b.

COPPA, C. F. S. C. et al. Extração de oleuropeína a partir de folhas de oliveira utilizando solvente hidroalcoólico. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

COSTA, L. T. **Desempenho competitivo da cadeia produtiva do azeite de oliva extravirgem no Rio Grande do Sul**. [s.l.] Federal University of Rio Grande do Sul, 2019.

DUAN, X. et al. Technical aspects in freeze-drying of foods. **Drying Technology**, v. 34, n. 11, p. 1271–1285, 2016.

EL, S. N.; KARAKAYA, S. Olive tree (Olea europaea) leaves: Potential beneficial

effects on human health. **Nutrition Reviews**, v. 67, n. 11, p. 632–638, 2009.

ELKACMI, R. et al. Techno-economical evaluation of a new technique for olive mill wastewater treatment. **Sustainable Production and Consumption**, v. 10, p. 38–49, 2017.

ERBAY, Z.; ICIER, F. Optimization of hot air drying of olive leaves using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 91, p. 533–541, 2009.

ERBAY, Z.; ICIER, F. Thin-layer drying behaviors of olive leaves (*Olea europaea* L.). **Journal of Food Process Engineering**, v. 33, p. 287–308, 2010.

FARES, R. et al. The Antioxidant and Anti-proliferative Activity of the Lebanese *Olea europaea* Extract. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 66, n. 1, p. 58–63, 2011.

GEANKOPLIS, C. J. **Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias**. 3. ed. [s.l.] CECSA, 1998.

GIACOMETTI, J.; ŽAUHAR, G.; ŽUVIĆ, M. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of major phenolic compounds from olive leaves (*Olea europaea* L.) using response surface methodology. **Foods**, v. 7, n. 9, p. 1–14, 2018.

KERMANS SHAH, Z. et al. Olive leaf and its various health-benefitting effects: a review study. **Pakistan Journal of Medical and Health Sciences**, v. 14, n. 2, p. 1301–1312, 2020.

KESELJ, K. et al. Comparison of energy consumption in the convective and freeze drying of raspberries. **Journal on Processing and Energy in Agriculture**, v. 21, n. 4, p. 192–196, 2017.

KIRITSAKIS, K.; GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Valorization of Olive Leaves : Spray Drying of Olive Leaf Extract. **Waste and Biomass Valorization**, v. 9, n. 0, p. 616–633, 2017.

LAMA-MUÑOZ, A. et al. Optimization of oleuropein and luteolin-7-o-glucoside extraction from olive leaves by ultrasound-assisted technology. **Energies**, v. 12, n. 13, 2019.

LAMPROU, G. K. et al. Statistical optimization and kinetic analysis of the extraction of phenolic compounds from olive leaves. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 95, n. 2, p. 457–465, 2020.

LEE, O. H.; LEE, B. Y. Antioxidant and antimicrobial activities of individual and combined phenolics in *Olea europaea* leaf extract. **Bioresource Technology**, v.

101, n. 10, p. 3751–3754, 2010.

MAGALHÃES, L. M. et al. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. **Analytica Chimica Acta**, v. 613, n. 1, p. 1–19, 2008

MARTINAZZO, A. P. et al. Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim limão [Cymbopogon citratus (DC.) Stapf]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, p. 488–498, 2010.

MARTÍNEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 50, p. 5–18, 2000.

MARTINY, T. R. et al. A novel biodegradable film based on k-carrageenan actived with olive leaves extract. **Food Science & Nutrition**, v. 00, p. 1–10, 2020a.

MARTINY, T. R. et al. A novel biodegradable film based on κ-carrageenan activated with olive leaves extract. **Food Science and Nutrition**, v. 8, n. 1, p. 3147–3156, 2020b.

MOHAMMADI, A. et al. Application of nano-encapsulated olive leaf extract in controlling the oxidative stability of soybean oil. **Food Chemistry**, v. 190, 2016.

MOUDACHE, M. et al. Phenolic content and antioxidant activity of olive by-products and antioxidant film containing olive leaf extract. **Food Chemistry**, v. 212, p. 521–527, 2016.

NUNES, M. A. et al. Olive by-products for functional and food applications: Challenging opportunities to face environmental constraints. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 35, p. 139–148, 2016.

OMAR, S. H. Oleuropein in olive and its pharmacological effects. **Scientia Pharmaceutica**, v. 78, n. 2, p. 133–154, 2010.

PUTNIK, P. et al. Green Extraction Approach for the Recovery of Polyphenols from Croatian Olive leaves (*Olea europea*). **Food and Bioproducts Processing**, 2017.

ROMERO, C. et al. New by-products rich in bioactive substances from the olive oil mill processing. **J Sci Food Agric.**, v. 98, n. 1, p. 225–230, 2018.

ROSA, G. S. DA et al. Eco-friendly extraction for the recovery of bioactive compounds from Brazilian olive leaves. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 28, p. e00276, 2021.

ŞAHİN, S.; BILGIN, M. Olive tree (*Olea europaea* L.) leaf as a waste by-product of table olive and olive oil industry: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 4, p. 1271–1279, mar. 2018.

147

SENADEERA, W. et al. Influence of different hot air drying temperatures on drying kinetics, shrinkage, and colour of persimmon slices. **Foods**, v. 9, n. 1, p. 5–7, 2020.

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

SUN, Z.; OSTRIKOV, K. (KEN). Future antiviral surfaces : Lessons from COVID-19 pandemic. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 25, p. e00203, 2020.