

Estudo de secagem e extração do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis L.*)

Study of drying and extraction of mint essential oil (*Mentha arvensis L.*)

Estudio del secado y extracción del aceite esencial de menta (*Mentha arvensis L.*)

Recebido: 14/07/2022 | Revisado: 28/07/2022 | Aceito: 30/07/2022 | Publicado: 08/08/2022

Mauro Luiz Begnini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6745-3667>
Universidade de Uberaba, Brasil
E-mail: mauroluizbegnini@gmail.com

Thiago Rodrigues Luiz Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1160-6932>
Universidade de Uberaba, Brasil
E-mail: thiago_rodrigues2502@hotmail.com

Larielly Regina Santos Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8640-7332>
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
E-mail: larielly.regina@outlook.com

José Roberto Delalíbera Finzer

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6139-3619>
Universidade de Uberaba, Brasil
E-mail: jrdfinzer@uol.com.br

Edilberto Pereira Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3953-2891>
Universidade de Uberaba, Brasil
E-mail: edilberto.teixeira@uniube.br

Resumo

A espécie *Mentha arvensis L.*, conhecida popularmente como hortelã-japonesa, produz o óleo essencial rico em mentol, cujas aplicações nas indústrias farmacêuticas, alimentícias e cosméticas lhe conferem grande expressão socioeconômica. O objetivo do trabalho foi estudar a secagem e a extração do óleo da hortelã-japonesa. A hortelã-japonesa foi colhida em tempo úmido e quente, com início de floração, acondicionadas de maneira correta e submetidas a secagem em estufa sob duas temperaturas, 40 °C e 60 °C. A umidade das amostras encontradas foi de 86,73 %. Em seguida foram obtidas as curvas de secagem nas duas temperaturas e determinado que o modelo de secagem que melhor se ajustou ao experimento foi o modelo de Peleg. Após a secagem, fez-se a moagem em moinho de facas das duas frações separadamente, posteriormente determinou-se o diâmetro de Sauter a 40 °C: 0,237 mm e 60 °C: 0,250 mm. Após a determinação do diâmetro de Sauter, a extração exaustiva do óleo foi realizada em aparelho de Soxhlet utilizando n-hexano como solvente extrator com as amostras retidas nas peneiras de malhas 70 e 100 de diâmetros 0,150 e 0,215 mm para as amostras secas em temperaturas de 40 °C e 60 °C, pois foram as peneiras que obtiveram a maior massa retila da hortelã-japonesa desidratada. O rendimento da extração do óleo da fração seca a 60 °C apresentou melhor rendimento nos diâmetros estudados, obtendo 3,74 % de rendimento de extração do óleo essencial. Observando o rendimento da extração em relação ao diâmetro das amostras, o diâmetro de 0,180 mm foi melhor nas diferentes temperaturas. Onde se pode concluir que a temperatura e diâmetro das partículas da hortelã-japonesa influenciam no rendimento da extração do óleo essencial.

Palavras-chave: Hortelã-japonesa; Soxhlet; Extração com n-hexano.

Abstract

The species *Mentha arvensis L.*, popularly known as Japanese mint, produces the essential oil rich in menthol, whose applications in the pharmaceutical, food and cosmetic industries give it great socioeconomic expression. The objective of this work was to study the drying and oil extraction of Japanese mint. The Japanese mint was harvested in humid and hot weather, with the beginning of flowering, correctly packaged and submitted to drying in an oven at two temperatures, 40 °C and 60 °C. The humidity of the samples found was 86.73 %. Then the drying curves were obtained at the two temperatures and it was determined that the drying model that best fitted the experiment was the Peleg model. After drying, the two fractions were milled separately in a knife mill, then the Sauter diameter was determined at 40 °C: 0.237 mm and 60 °C: 0.250 mm. After determining the Sauter diameter, exhaustive oil extraction was performed in a Soxhlet apparatus using n-hexane as extracting solvent with the samples retained on 70 and 100 mesh sieves with diameters of 0.150 and 0.215 mm for the samples dried at temperatures of 40 °C and 60 °C, as they were the sieves that obtained the highest redite mass of dehydrated Japanese mint. The oil extraction yield from the dry fraction at 60 °C showed better yield in the studied diameters, obtaining. 3.74 % essential oil extraction

yield. Observing the extraction yield in relation to the diameter of the samples, the diameter of 0.180 mm was better at different temperatures. Where it can be concluded that the temperature and diameter of the Japanese mint particles influence the yield of essential oil extraction.

Keywords: Japanese mint; Soxhlet; Extraction with n-hexane.

Resumen

La especie *Mentha arvensis* L., conocida popularmente como menta japonesa, produce el aceite esencial rico en mentol, cuyas aplicaciones en la industria farmacéutica, alimenticia y cosmética le otorgan gran expresión socioeconómica. El objetivo de este trabajo fue estudiar el secado y extracción de aceite de la menta japonesa. La menta japonesa fue cosechada en clima húmedo y caluroso, con inicio de floración, correctamente envasada y sometida a secado en estufa a dos temperaturas, 40 °C y 60 °C. La humedad de las muestras encontradas fue de 86,73 %. Luego se obtuvieron las curvas de secado a las dos temperaturas y se determinó que el modelo de secado que mejor se ajustaba al experimento era el modelo de Peleg. Después del secado, las dos fracciones se molieron por separado en un molino de cuchillas, luego se determinó el diámetro Sauter a 40 °C: 0,237 mm y 60 °C: 0,250 mm. Después de determinar el diámetro Sauter, se realizó una extracción exhaustiva del aceite en un aparato Soxhlet utilizando n-hexano como solvente de extracción con las muestras retenidas en tamices de malla 70 y 100 con diámetros de 0.150 y 0.215 mm para las muestras secadas a temperaturas de 40 °C y 60 °C, ya que fueron los tamices que obtuvieron mayor masa de redite de menta japonesa deshidratada. El rendimiento de extracción de aceite de la fracción seca a 60 °C mostró mejor rendimiento en los diámetros estudiados, obteniendo. Rendimiento de extracción de aceite esencial del 3,74 %. Observando el rendimiento de extracción en relación al diámetro de las muestras, el diámetro de 0,180 mm fue mejor a diferentes temperaturas. Donde se puede concluir que la temperatura y el diámetro de las partículas de menta japonesa influyen en el rendimiento de extracción del aceite esencial.

Palabras clave: Menta japonesa; Soxhlet; Extracción con n-hexano.

1. Introdução

Hortelã é o nome comum para membros da família Labiatae, que inclui muitas espécies, variedades e híbridos (Costa et al., 2014). Entre as espécies com usos comerciais e medicinais podemos citar: menta (*Mentha spicata* Huds), menta (*Mentha arvensis* L. ou *Mentha x piperita* L.), menta preta (*Mentha vulgaris*), menta branca (*Mentha officinalis*), hortelã (*Mentha spicata* L.), hortelã simples (*Mentha piperita* L.), poejo (L.) e hortelã do jardim (Park, et al., 2002).

A produtividade, composição qualitativa e quantitativa dos óleos essenciais de hortelã diferem em relação à cultivar, origem geográfica, condições de cultivo e dependem fortemente da época em que são colhidas (Kalemba & Synowiec, 2019).

Os óleos essenciais são misturas de muitos compostos voláteis e, são influenciados por fatores ambientais e parâmetros de processamento como temperatura, tempo, pressão e métodos de extração (Costa et al., 2014). Os principais constituintes dos óleos essenciais pertencem aos mono e sesquiterpenos, que são classificados em hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres e éteres. Os óleos essenciais são líquidos lípidos e oleosos que se dissolvem bem em etanol, solventes orgânicos apolares e lipídios e são insolúveis em água (Kalemba & Synowiec, 2019).

Existem vários métodos de extração de óleos essenciais, como prensagem, extração exaustiva a quente e destilação. Alguns parâmetros podem influenciar no desempenho do processo, como composição do solvente, temperatura, tempo de extração e umidade das folhas (Costa et al, 2014). A extração de Soxhlet tem sido uma técnica bem estabelecida e possui um ótimo desempenho em comparação com outros métodos de extração convencionais (Alara, et al., 2018).

Inúmeras equações matemáticas podem ser encontradas na literatura que descrevem isotermas de sorção de água de materiais alimentícios. Cada um dos modelos propostos, empíricos, semi-empíricos ou teóricos, teve algum sucesso na reprodução de dados de umidade de equilíbrio (Park, et al., 2002).

Diante disso, o presente trabalho experimental foi desenvolvido com o objetivo de estudar e avaliar a secagem das folhas de hortelã-japonesa em diferentes temperaturas, obter as curvas de secagem com a finalidade de avaliar a extração do óleo essencial.

2. Metodologia

A hortelã-japonesa utilizada nesse trabalho foi colhida em 02/2022, em tempo úmido e quente e, início de floração, em Uberaba-MG e adquirida diretamente do produtor, in natura e acondicionada em sacos de papel.

A hortelã-japonesa foi transportada para o Laboratório de Química, da Universidade de Uberaba-MG e em seguida iniciados os estudos. Após o recebimento, foi mantida sob refrigeração a -5 °C. Neste presente trabalho foram utilizadas apenas as folhas da hortelã-japonesa.

2.1 Umidade da hortelã-japonesa

Amostras de hortelã-japonesa foram acondicionadas em placas de petri com massa conhecida, previamente aquecidas em estufa a 105 °C por 30 min, para evitar contaminação microbiológica e resfriados até temperatura ambiente. Em seguida, as placas contendo as amostras foram pesadas em balança analítica (Gehaka modelo AG200) e levadas a estufa a 105 °C por 24h. Posteriormente, as amostras foram resfriadas naturalmente até temperatura ambiente e pesadas para determinar o teor de umidade.

A umidade das amostras em base úmida e base seca foram calculadas por meio das respectivas equações:

$$UBs = \frac{M_0 - Ms}{Ms} \quad (1)$$

$$UBu = \frac{M_0 - Ms}{M_0} \cdot 100 \quad (2)$$

em que UBs é a umidade do produto em base seca e UBu base úmida [kg água/kg sólido úmido], M_0 é a massa do sólido úmido; M_s é a massa do sólido seco. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.2 Secagem da hortelã-japonesa

Para determinar a cinética e o modelo de secagem, 30 g de folhas de hortelã-japonesa foram secas em estufa de secagem com circulação de ar (7Lab, modelo Sedi-C 40L) nas temperaturas de 40 °C e 60 °C, separadamente, pesando as amostras em intervalos determinados de tempo até massa constante. Com os dados experimentais da secagem foram calculados os valores da razão de umidade, equação 3, e obtidas as curvas de cinéticas de secagem.

$$RU = \frac{U - Ue}{UBu - Ue} \quad (3)$$

em que RU é a razão de umidade, U é o teor de água no produto, Ue é teor de água no equilíbrio.

Onde cada variável da razão de umidade é calculada utilizando as equações:

$$U = \frac{M - Ms}{Ms} \quad (4)$$

$$Ue = \frac{Me - Ms}{Ms} \quad (5)$$

em que M é a massa em cada tempo; Me é a massa no equilíbrio.

As curvas de secagem foram ajustadas a partir dos dados experimentais obtidos no trabalho, pela utilização de modelos matemáticos empíricos e semi-empíricos, que estão descritos na Tabela 1. Os modelos matemáticos exibidos foram selecionados pelo valor do coeficiente de determinação (R^2) e pelo erro médio relativo (MRE%).

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para ajuste das curvas de secagem da hortelã-japonesa em estufa de secagem.

Modelos	Equação
Weibull	$M = M_e + (M_0 - M_e) \cdot e^{\left(\frac{t}{\beta}\right)}$ (6)
Peleg	$M = M_0 - \frac{t}{K_1 + K_2 \cdot t}$ (7)
Henderson-Pabis	$M = M_e + (M_0 - M_e) \cdot a \cdot e^{(-K \cdot t)}$ (8)
PAGE	$M = M_e + (M_0 - M_e) \cdot e^{(-K \cdot t^n)}$ (9)
Lewis	$M = M_e + (M_0 - M_e) \cdot e^{(-K \cdot t)}$ (10)
Logarítmico	$M = M_e + (M_0 - M_e) \cdot (a \cdot e^{(-K \cdot t)} + C)$ (11)

Onde:

t: Tempo de secagem (min);

K, K₁ e K₂: Coeficiente de secagem (min⁻¹); e

β, n, a e C: constantes de ajustes dos modelos (adimensional).

Fonte: Autores.

2.3 Análise granulométrica da hortelã-japonesa

As amostras secas foram moídas em moinho de facas (7Lab, modelo macro 930) para a obtenção de pó. Em seguida foi realizada a distribuição granulométrica em agitador de peneiras eletromagnética (MBL, modelo AGMAGB).

O diâmetro adotado como referência foi o diâmetro médio de Sauter, muito utilizado na literatura para descrever sistemas particulados (Costa et al., 2014; Nunes et al., 2021).

Desta forma, para a determinação da distribuição granulométrica as amostras foram pesadas em balança analítica e colocadas sobre um conjunto de peneiras padronizadas, de malhas 10, 18, 20, 30, 40, 70 e 100, agitadas durante 2 min sob amplitude de vibração de 2 min. O diâmetro médio de Sauter foi calculado por meio da equação 12, a partir das frações mássicas retidas em cada peneira.

$$\bar{D} = \frac{1}{\sum_i \frac{\Delta x_i}{D_i}} \quad (12)$$

em que \bar{D} é o diâmetro médio de Sauter, Δx_i é a fração em massa retida em cada faixa e D_i é o diâmetro médio em cada faixa da distribuição.

2.4 Extração do óleo essencial da hortelã-japonesa

A extração de óleo com solvente é um processo de transferência dos constituintes solúveis de um material inerte para um solvente com o qual a matriz se acha em contato. Os processos que ocorrem são físicos, pois o óleo transferido para o solvente é recuperado sem nenhuma reação química (Brum, et al., 2009).

O procedimento de extração do óleo foi realizado pelo método Soxhlet. Após a determinação do diâmetro das partículas da hortelã-japonesa desidratada, a extração do óleo essencial foi realizada nas amostras em diferentes diâmetros de Sauter em diferentes temperaturas de secagem.

Para o processo de extração do óleo por Soxhlet, utilizou-se como solvente o n-hexano (n-C₆H₁₄, P.A, Synth) na proporção mássica de 1:30 (m/m), sob agitação de 8 sifonagens por hora à temperatura constante de 70 °C.

O tempo total da extração foi de 5 h, em seguida foi realizada a separação do óleo e solvente pela evaporação em evaporador rotativo e calculado o rendimento de extração, equação 13. O resíduo vegetal extraído no dedal de papel foi seco e descartado.

$$R = \frac{m_f}{m_p} \cdot 100\% \quad (13)$$

em que, R é o rendimento, m_f a massa de óleo extraído e m_p a massa do sólido utilizado na extração.

3. Resultados e Discussão

Devido ao alto teor de umidade da folha *in natura*, e para ter um maior rendimento no processo de extração do seu óleo, ela precisa ser desidratada, passando por algum processo de secagem (Guenther, 1972). As folhas da hortelã- japonesa foram secas em estufa e a umidade encontrada está descrita na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Caracterização da folha da hortelã-japonesa.

Amostra	Umidade da amostra (Kg de água / Kg de sólido)	Umidade da amostra (%)
In natura	6,54 ±0,74	86,73 ± 0,03

Fonte: Autores.

Pode-se verificar que a umidade encontrada nas amostras de folhas de hortelã-japonesa foi de aproximadamente 86,73%.

3.1 Secagem da folha da hortelã-japonesa

O estudo da secagem das folhas de hortelã-japonesa foi realizado em duas temperaturas diferentes, 40 °C e 60 °C, separadamente. A secagem foi acompanhada pela análise da perda de umidade em intervalos de 5 minutos.

As amostras foram pesadas durante o processo de secagem nos intervalos de 5 e 10 minutos e com isso acompanhando a perda de água em relação ao tempo de aquecimento. Isso foi realizado até massa constante. Esse procedimento foi realizado para as duas temperaturas de secagem.

À medida que a área molhada da folha diminui, a temperatura da superfície do material aumenta porque o calor é transferido para a superfície total do material, enquanto o processo de evaporação ocorre apenas na área molhada. Este aumento de temperatura compensa parcialmente a diminuição da área molhada, de modo que o declínio da taxa de secagem é menor do que seria esperado (Strumillo & Kudra, 1986).

3.2 Modelagem da curva de secagem

A curva de secagem foi ajustada a partir dos dados experimentais obtidos no trabalho, pela utilização de modelos matemáticos empíricos e semi-empíricos. Entre os modelos empíricos analisados para descrever o processo de secagem da hortelã japonesa, verificou-se que a equação do modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou em relação aos experimentos de secagem realizados, tanto para a secagem a 40°C ou 60°C, conforme apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Resultados dos modelos matemáticos da secagem de 40°C.

MODELO	CONSTANTES					MRE (%)	R ²
	β	K ₁	K ₂	a/ N	C		
Weibull	62,689	-	-	-	-	0,00	0,9904
Peleg	-	12,426	0,125	-	-	0,00	0,9975
Henderson – Pabis	-	0,0128	-	0,9763	-	-9,98	0,9979
Page	-	0,0076	-	1,1666	-	0,00	0,9931
Lewis	-	0,0160	-	-	-	0,00	0,9904
Logarítmica	-	1,0330	-	0,0150	0,0023	- 5,29	0,9936

Fonte: Autores.

Tabela 4. Resultados dos modelos matemáticos da secagem de 60°C.

MODELO	CONSTANTES					MRE (%)	R ²
	β	K ₁	K ₂	a/ N	C		
Weibull	38,956	-	-	-	-	0,00	0,9749
Peleg	-	8,2802	0,122	-	-	0,00	0,9899
Henderson – Pabis	-	0,0229	-	1,007	-	-6,2189	0,9845
Page	-	0,0072	-	1,3123	-	0,00	0,9830
Lewis	-	0,0257	-	-	-	0,00	0,9749
Logarítmica	-	1,0000	-	0,0215	0,0001	- 9,30	0,9882

Fonte: Autores.

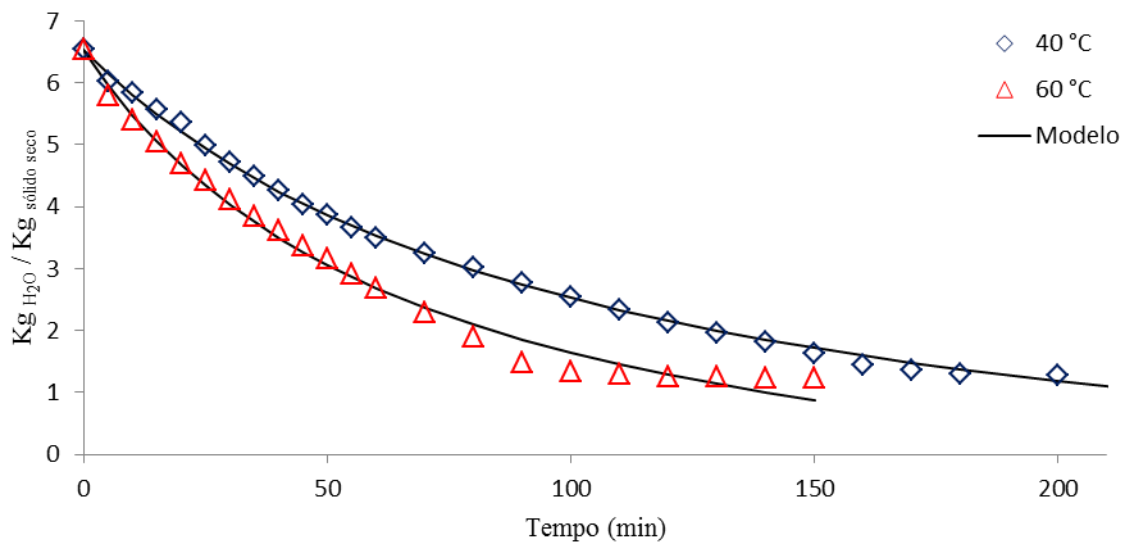
O modelo Peleg foi o melhor modelo para descrever a cinética de secagem do estudo, onde foi obtido o (R²) de 99,75% para secagem a 40 °C e 98,99% para secagem a 60 °C. O erro do ajustamento da curva foi de 0,0 nas duas temperaturas. A constante de capacidade de Peleg (K₂) mostrou um padrão claro para as duas temperaturas, diferente de K₁,

que apresenta uma diminuição com o aumento da temperatura, sendo $12,43 \text{ min}^{-1}$ para a secagem de $40 \text{ }^\circ\text{C}$ e $8,28 \text{ min}^{-1}$ para $60 \text{ }^\circ\text{C}$, conforme apresentado nas Tabelas 3 e 4.

O inverso da constante de taxa de Peleg (K_1) está relacionada à taxa de transferência de massa no início do processo de secagem (Checmarev, et al., 2013) e com o aumento da temperatura essa taxa aumentou, indicando que em aproximadamente 100 minutos de secagem a transferência de massa é maior que a transferência de calor, e após esse tempo as duas curvas começam e entrar em estado estacionário, obtendo um equilíbrio de massa, diminuindo a transferência de massa e a transferência de calor passa a ser dominante na secagem.

Os resultados foram de acordo com alguns estudos da literatura sobre a secagem de vários produtos alimentícios (Checmarev, et al., 2013; Doymaz, 2006). Pode-se observar pelo gráfico da Figura 1, que a secagem na temperatura a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ levou a diminuição da umidade do material mais rapidamente que a temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$, ou seja, para retirar toda umidade da folha até massa constante a $40 \text{ }^\circ\text{C}$ foram necessários aproximadamente 160 min, enquanto a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ isso ocorreu em torno de 100 min.

Figura 1. Curvas de secagem da hortelã-japonesa ajustadas pelo modelo de Peleg.



Fonte: Autores.

A vantagem do modelo de Peleg é economizar tempo ao prever a cinética de secagem, incluindo valores de equilíbrio usando dados experimentais em curto prazo (Checmarev, et al., 2013).

3.3 Caracterização da hortelã-japonesa

Após a moagem, o diâmetro médio de Sauter do material particulado foi determinado pela distribuição granulométrica do pó da hortelã-japonesa, realizado para identificar a faixa de tamanho do material particulado. Os resultados da análise granulométrica para as duas temperaturas de secagem estão demonstrados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Análise granulométrica da amostra desidratada a 40 °C.

Mesh	Massa retida	Fração mássica (Xi)	Diâmetro médio (Di)	Xi/Di
10	0	0,0000	-	-
18	0,012	0,0028	1,5	0,001845
20	0,023	0,0053	0,9205	0,005763
30	0,052	0,0120	0,718	0,016703
40	0,281	0,0648	0,5075	0,127697
70	1,85	0,4267	0,315	1,354478
100	2,118	0,4885	0,1795	2,721274
Σ	4,336	1	-	4,227759

Fonte: Autores.

O diâmetro médio de Sauter da hortelã-japonesa desidratada a 40 °C foi de 0,237 mm, porém foi obtido uma maior massa retida nas peneiras de malha 70 e 100 que apresenta a abertura de 0,210 e 0,150 mm, desta forma as amostras utilizadas para a extração do óleo da hortelã-japonesa foram destas peneiras, separadamente. Dessa maneira, foi possível ter uma maior homogeneidade em cada amostra de pó para extração, a fim de comparar o rendimento da extração em diferentes tamanhos de partículas.

Tabela 6: Análise granulométrica da amostra desidratada a 60 °C.

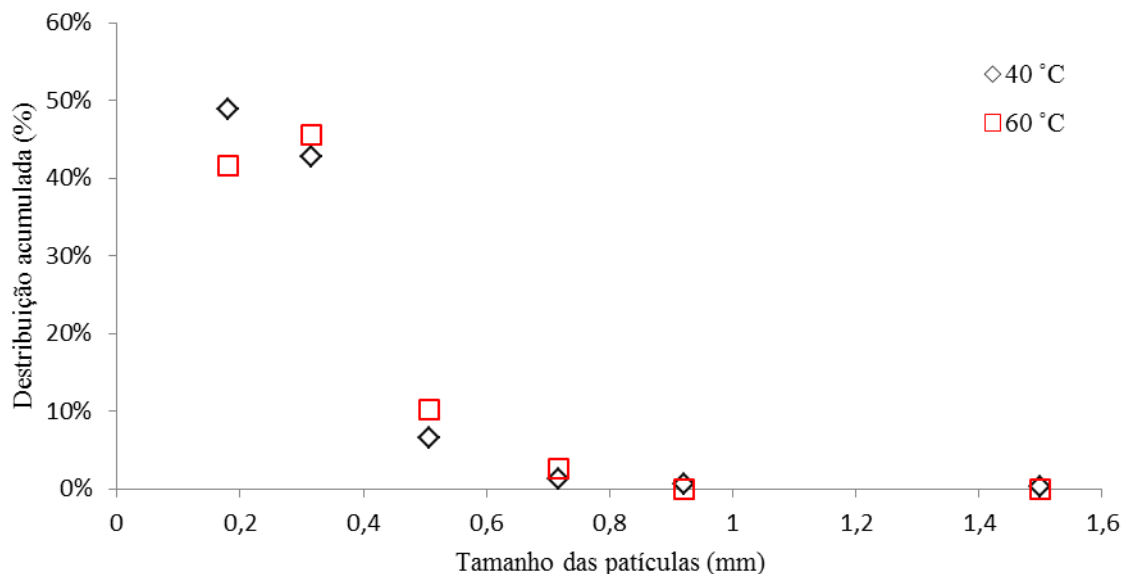
Malha	Massa retida	Fração mássica (Xi)	Diâmetro médio (Di)	Xi/Di
10	0	0,0000	-	-
18	0	0,0000	1,5	0
20	0	0,0000	0,9205	0
30	0,136	0,0253	0,718	0,03526
40	0,547	0,1018	0,5075	0,200639
70	2,452	0,4564	0,315	1,449018
100	2,237	0,4164	0,1805	2,31988
Σ	5,372	1	-	4,004797

Fonte: Autores.

Para a amostra de folhas desidratada a 60 °C o diâmetro de Sauter encontrado para o material particulado foi de 0,250 mm. A metodologia de extração utilizada foi como descrita anteriormente para 40°C, sendo utilizadas para a extração as amostras que ficaram retidas nas peneiras de malha 70 e 100, por apresentarem maior fração mássica retida nessas peneiras.

A curva de distribuição granulométrica está apresentada na Figura 2, sendo realizada para identificar a faixa de tamanho ideal do material, onde mostra os pontos com uma maior fração mássica retida nas malhas.

Figura 2. Curva de distribuição granulométrica.



Fonte: Autores.

Após a análise granulométrica, as amostras de diâmetro de 0,180 e 0,315 mm foram separadas para iniciar o processo de extração do óleo da hortelã-japonesa. Dessa maneira os experimentos de extração foram realizados com a hortelã-japonesa desidratada a 40 °C e 60 °C, e em diferentes diâmetros após a moagem, a fim de determinar o melhor modelo de extração em relação a secagem e granulometria da hortelã-japonesa no presente estudo.

3.4 Rendimento da extração do óleo essencial

A extração do óleo essencial da hortelã-japonesa foi realizada com n-hexano ($n\text{-C}_6\text{H}_{14}$) na proporção mássica de 1:30 (m/m) utilizando extrator de Soxhlet. O hexano é um solvente apolar e isso o torna um bom solvente para a extração de óleos que também são apolares, pela definição que “semelhante dissolve semelhante” então apolar dissolve compostos apolares (Mgoma, et al., 2021).

O volume de solvente de extração é outro fator importante, um grande volume de solvente requer mais energia e tempo para condensar a solução de extração no processo de purificação. A matriz vegetal precisa ser totalmente imersa no solvente para maior recuperação durante o processo de extração (Alara, et al., 2018).

O material sólido e o solvente de massas conhecidas entram em contato na câmara de extração. Quando um determinado nível foi atingido, a solução é aspirada através de um sifão para o balão do solvente extrator. Nesta solução já existe material extraído que permanecerá no balão enquanto o solvente é repetidamente volatilizado até que o processo seja concluído, tendo assim uma extração exaustiva a quente. Esta operação foi repetida até que a extração completa seja alcançada.

O tempo de extração é imperativo para reduzir a energia e o custo do processo de extração (Alara, et al., 2018)

A extração foi dividida com as folhas desidratadas a 40 °C nos diâmetros do pó de hortelã-japonesa de 0,180 e 0,315 mm e em seguida com as secas a 60 °C nos mesmos diâmetros. A extração exaustiva a quente foi realizada no tempo de 5 h para cada batelada. Em seguida o solvente foi evaporado em evaporador rotativo. Os rendimentos da extração das amostras estão descritos a seguir na Tabela 7:

Tabela 7. Dados obtidos na extração das folhas da hortelã-japonesa.

Temperatura de secagem (°C)	Granulometria (mm)	Rendimento (%)
40	0,180	3,34
40	0,315	3,08
60	0,180	3,74
60	0,315	3,60

Fonte: Autores.

O tratamento de secagem da hortelã-japonesa proporcionou rendimento extrativo de óleo essencial em diferentes temperaturas. A extração do óleo essencial da amostra seca na temperatura de 60 °C, teve um rendimento maior em relação a secagem de 40 °C. Isso vem de encontro com o estudo de Radünz et al. (2006) que realizou a secagem da hortelã-comum e observou que o rendimento extrativo do óleo essencial foi melhor nas temperaturas de secagem a 50 °C e 60 °C. Valores de temperatura de secagem acima de 60 °C podem levar a volatilização de parte do óleo essencial.

Analisando os resultados do rendimento da extração do óleo essencial da hortelã-japonesa em diferentes tamanhos de partículas e diferentes temperaturas de extração, Watanabe et al. (2006) afirma que quanto maior a temperatura de extração e menor o tamanho do material particulado, melhor o rendimento da extração do óleo essencial, que foi de 3,87 % o rendimento da extração com partículas de 0,351 mm a 0,175 mm, assim como no presente estudo, onde os rendimentos de extração foram maiores que 3 % com o material nos diâmetros de 0,315 mm e 0,180 mm.

Interessante observar que nesse diâmetro de 0,180 mm, o rendimento da extração do óleo foi maior nas duas amostras secas em diferentes temperaturas, 40°C e 60°C. Dessa maneira, pode-se afirmar comparativamente que a superfície de contato do solvente com a amostra desidratada é um fator importante no processo de extração de óleo.

No presente estudo, a hortelã-japonesa foi colhida em fevereiro, Chagas et al., (2011) relata que o rendimento do óleo essencial também está relacionado a época de colheita, e relata que nos meses de janeiro a março o rendimento foi de 3,14 % e 3,18 % de óleo extraído. Isso vem de encontro com o rendimento do presente estudo, onde que em secagem da planta a 40 °C e diâmetro das partículas de 0,315 mm, obteve-se um rendimento de 3,08 % de óleo essencial extraído.

Espécies medicinais possuem maior concentração de princípios ativos em determinados períodos do ano ou estágio de desenvolvimento vegetativo (Chagas et al., 2011). A época da coleta da hortelã-japonesa pode ter influenciado no rendimento do óleo essencial.

4. Conclusões

De acordo com os resultados de secagem, conclui-se que a temperatura de 60 °C foi mais efetiva para a retirada da umidade da hortelã-japonesa, que apresentou 86,73 % de umidade total. Diante dos modelos matemáticos estudados, o modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou, obtendo o R² de 99,75 % para secagem a 40 °C e 98,99 % para secagem a 60 °C.

A extração do óleo essencial das folhas da hortelã-japonesa utilizando o aparelho de Soxhlet com n-hexano como solvente extrator, apresentou maior eficiência nas amostras secas a 60 °C, podendo afirmar que a temperatura de secagem influencia no rendimento de extração de óleo essencial.

Na temperatura de 60 °C o maior rendimento foi de 3,74 % no diâmetro de 0,180 mm e na temperatura de secagem a 40 °C foi de 3,34 % no mesmo diâmetro, podendo-se afirmar que o diâmetro do material particulado influenciou no rendimento de extração. No diâmetro de 0,315 mm o rendimento foi menor para as amostras secas nas duas temperaturas estudadas.

Diante dos resultados observados no presente estudo, como proposta para otimização dos resultados, pretende-se fazer um estudo semelhante, de forma comparativa com diferentes espécies de hortelã, além da análise e caracterização do óleo essencial extraído,

Agradecimentos

A Universidade de Uberaba – UNIUBE e CNPq pelo apoio financeiro.

Referências

- Alara, O. R., Nour H. A., & Chinonso I. U. (2018) . Soxhlet extraction of phenolic compounds from Vernonia cinerea leaves and its antioxidant activity. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. v 11., pp: 12-17.
- Brum, A. A. S., Arruda, L. F. de A., & d' Arce. M. A. B. R. (2009). Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. *Química Nova*, 32, pp: 849-854.
- Chagas, J. H., Pinto, J. E. B. P., Bertolucci, S. K. V., & Santos, F. M. D. (2011). Produção de biomassa e teor de óleo essencial em função da idade e época de colheita em plantas de hortelã-japonesa. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33, 327-334.
- Checmarev, G., Casales. M. R., & Yeannes, M. I. (2013) . Analysis of applicability of Peleg model to the cooking-infusion of mackerel (*Scomber japonicus*) slices. *Food Science and Technology* , pp: 685-689.
- Costa, S. S., Garipey, Y., Rocha, S. C. S., & Raghavan, V. (2014) . Microwave extraction of mint essential oil – Temperature calibration for the oven. *Journal of Food Engineering*, 126, pp: 1-6.
- Doymaz, I. (2006). Comportamento de secagem em camada fina de folhas de hortelã. *Journal of Food Engineering* , 74 (3), 370-375.
- Guenther, E. (1972). *The essential oils* (6a ed.) Huntington, N.Y.: R.E. Krieger, 63 p.
- Kalembe, D., & Agnieszka, S. (2019). Agrobiological interactions of essential oils of two menthol mints: *Mentha piperita* and *Mentha arvensis*. *Molecules*, 25, pp: 59.
- Mgoma, S. T., Basitere, M., & Mshayisa, V. V. (2021). Cinética e termodinâmica da extração de óleo de abacates sul-africanos usando hexano como solvente. *Jornal Sul-Africano de Engenharia Química*, 37, 244-251.
- Nunes, J. F., de Alcântara, F. C. A., da Silva Moris, V. A., & dos Santos Rocha, S. C. (2012). Dinâmica de fluidos e revestimento de bicarbonato de sódio em leite vibrofluidizado. *Engenharia Química e Processamento: Intensificação do Processo* , 52 , 34-40.
- Park, K. J., Vohnikova, Z., & Brod, F. P. R. (2002). Avaliação dos parâmetros de secagem e isoterms de dessorção de folhas de hortelã de jardim (*Mentha crispa* L.). *Journal of Food Engineering* , 51 (3), 193-199.
- Radünz, L. L., Melo, E. C., Barbosa, L. C. A., Santos, R. H. S., Barbosa, F. F., & Martinazzo, A. P. (2006). Influência da temperatura do ar de secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum (*mentha x villosa* Huds). *Engenharia na Agricultura*, 14(4), 250-257.
- Strumillo, C. Z., & Kudra, T. (1986). *Drying: principles, applications and design*. In: Hughes, R. *Topics in chemical engineering*. UK: Gordon an Breach Science Publisher, v.3.
- Watanabe, C. H., Nosse, T. M., Garcia, C. A., & Pinheiro Povh, N. (2006). Extração do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) por destilação por arraste a vapor e extração com etanol. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 8(4), 76-86.