



Eficacia en la extracción de aceite a partir de especies vegetales

Efficiency in extracting oil from vegetable species

José Luis Cedeño Cevallos¹, María Auxiliadora Navarrete Alcívar²,
Virginia Sánchez Mendoza³, Carlos Antonio Moreira Mendoza⁴

¹ Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Ecuador. jcedeno5429@utm.edu.ec <https://orcid.org/0009-0004-2947-3677>

² Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Ecuador. mnavarrete6153@utm.edu.ec <https://orcid.org/0009-0006-0670-6890>

³ Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Departamento de Procesos Químicos, Alimentos y Biotecnología. Ecuador. virginia.sanchez@utm.edu.ec <https://orcid.org/0000-0001-6366-9084>

⁴ Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Departamento de Procesos Químicos, Alimento y Biotecnología. Ecuador. carlos.moreira@utm.edu.ec <https://orcid.org/0000-0001-5980-0713>

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v10n2.a4137>

Recibido: 30 de noviembre de 2022

Aceptado: 29 de mayo de 2023

Resumen

A lo largo de la historia, los aceites esenciales se han extraído de fuentes naturales como las plantas para diversas aplicaciones como farmacología, química y cosmética. El proceso de extracción involucra técnicas que van desde la destilación esencial con vapor hasta otras más técnicas como fluidos supercríticos e hidrodestilación asistida por microondas, cada una con rendimientos variables. El estudio analizó diferentes métodos de extracción de aceites esenciales mediante análisis documental cualitativo y cuantitativo. Se realizó el análisis estadístico utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI. Los resultados muestran que la hidrodestilación asistida por microondas es el método más eficiente para la extracción de aceites esenciales independientemente del material vegetal utilizado. Otros métodos no mostraron efectos significativos según nuestro análisis ANOVA con un valor-P inferior a 0,05 y un nivel de confianza del 95,0 %.

Palabras clave: Aceites esenciales; proceso de extracción; rendimientos; arrastre por vapor; hidrodestilación asistida por microondas.

Abstract

Throughout history, essential oils have been extracted from natural sources such as plants for various purposes such as pharmacology, chemistry, and cosmetics. The extraction process involves techniques ranging from essential distillation with steam to more technical ones like supercritical fluids and microwave-assisted hydrodistillation, each with varying yields. Our study analyzed different extraction methods for essential oils through qualitative and quantitative documentary analysis. We also conducted the statistical analysis using the Statgraphics Centurion XVI software. The results show that microwave-assisted hydrodistillation is the most efficient method for extracting essential oils regardless of the plant material used. Other methods did not show significant effects based on our ANOVA analysis with a P-value less than 0.05 and a 95.0% confidence level.

Keywords: Essential oils; extraction processes; yields; steams entrainment; microwave-assisted hydrodistillation.

Introducción

Las plantas pueden producir aceite esencial para diversos fines protegen a la planta de plagas, enfermedades e inclusive de la invasión de otras plantas y atraen insectos y aves (polinizantes). Estas cualidades de protección y atracción se ven reflejadas en propiedades antisépticas, antiinflamatorias, antidepresivas, afrodisíacas y otras, presentes en mayor o menor grado en la totalidad de los aceites (Vásquez et al., 2001; Martínez et al., 2003; Matiz et al., 2012; León et al., 2015).

Según Martínez (2015), la historia sobre los aceites vegetales y esenciales han tenido una gran valoración debido a su poseer características medicinales, aromáticas y aplicación terapéutica, lo que ha incidido su uso en las industrias cosmética, médica y perfumería; dado que de forma general se obtienen por arrastre de vapor a partir del hojas, raíces y desechos agroindustriales.

Los aceites esenciales son compuestos naturales, líquidos volátiles, con agradable aroma, que provienen de plantas a las que aportan olores particulares, generalmente gratos, y que son extraídos mediante múltiples técnicas de las cuales la más común es la destilación (Montoya, 2010). Son considerados metabolitos secundarios de las plantas y representan fracciones líquidas volátiles que proporcionan aromas y sabores característicos a las plantas (Matiz et al., 2012). Están constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos, compuestos oxigenados y residuos no volátiles (Juárez et al., 2010; Olivero et al., 2009), alcoholes, aldehídos, ésteres, éteres, cetonas, fenoles y terpenos (Ali et al., 2015); producidos en mayor parte, por especies vegetales de las familias Apiaceae, Lauraceae, Myristicaceae, Lamiaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Rosaceae, Piperaceae, Verbenaceae y Rutaceae (Simões y otros, 2003; Sagástegui et al., 2019).

Por ello, el método utilizado para su obtención es el de destilación en corriente de vapor de agua. Mediante esta técnica, es posible separar los aceites esenciales, volátiles e insolubles en agua, de la planta que los contiene, a una temperatura inferior a la de su punto de ebullición. El aceite esencial y el agua forman un sistema binario de dos líquidos inmiscibles, cuyo comportamiento está determinado por la ley de Dalton de las presiones parciales (Chang, 2005; Casado, 2018).

La destilación al vapor se emplea para la separación de sustancias insolubles orgánicas en conjunto con sustancias volátiles y no volátiles, este método se lo emplea en la obtención/destilación de aceites esenciales que están presentes dentro de la estructura del material vegetal. Cabe destacar que la destilación de vapor también es un recurso importante para separar los ácidos grasos.

Los aceites esenciales pueden ser extraídos mediante prensado en frío (Merle et al., 2004), hidrodestilación (Blanco et al., 1995), fluidos supercríticos (Raeissi et al., 2008) e hidrodifusión con microondas y gravedad (Bousbia et al., 2009) entre otros.

Dentro de obtención de aceites esenciales al hacer énfasis a su producción a escalas comerciales aplican diversos métodos; sin embargo, con los avances tecnológicos algunos procesos se han convertido ineficientes o sus costos se han incrementado, desde el punto de vista de la eficiencia de extracción, se encontró que el problema radica en la eficiencia de los métodos de extracción de aceites esenciales aplicados. El propósito del estudio es analizar diferentes métodos de extracción de aceites esenciales mediante un análisis documental cualitativo y cuantitativo para identificar cuál presenta un mayor rendimiento. Tradicionalmente en algunos países, los aceites esenciales son extraídos industrialmente mediante técnicas económicas viables como el prensado en frío, destilación por arrastre de vapor e hidrodestilación (Navarrete et al., 2010).

Metodología

El estudio realizó bajo el tipo de investigación cualitativo y cuantitativo partiendo de un enfoque documental para comprender los tipos de extracción para aceites de diversas especies vegetales. La investigación contemplo un enfoque descriptivo, explicativa y no experimental.

Al centrarse dentro de un estudio documental, se efectuó una recopilación de información de rigor y criterio científico referidos a procesos extractivos de aceite de especies vegetales la cual se obtuvo de artículos científicos, libros, tesis, entre otros. El análisis de la información recopilada conllevo a establecer las comparativas que rendimiento de extracción por cada uno de los métodos aplicados en la obtención de aceite de especies vegetales.

Los datos proporcionados en el estudio recopilatorio de información permitieron la aplicación de un análisis estadístico de varianza (ANOVA) con la utilización del software estadístico Statgraphics Centurion XVI bajo un 95% de confiabilidad.

Resultados

Por medio de la revisión documental de diversas fuentes de información, enfocados en los diversos métodos de extracción de aceite esencial sobre su rendimiento, se identifica que los métodos de mayor aplicación dentro de este tipo de procesos son por arrastre de vapor (VA), hidrodestilación (HD), hidrodestilación asistida por microondas (MWHd) y extracción con fluidos supercríticos (SFE).

Dentro de los criterios de cada uno de los métodos de extracción analizados, se presentan diversas condiciones de operación que inciden en su eficiencia extractiva. Mediante la comparación de los procesos y materiales que se han empleado es notable que el avance tecnológico haya generado que algunos métodos sean reemplazados por otros de mayor eficiencia y bajos costos. Tomando como base la información recopilada y analizada, la Tabla 1 muestra los diversos métodos con sus respectivos rendimientos y fuente.

Tabla 1

Descripción de los métodos, tiempos y autor

Método	Aceite esencial	Procedimiento	Tiempo de extracción	Rend. (%)	Autor
VA	Cáscara de mandarina	Triturado, tamizado, extractor de arrastre de vapor, separado, envasado.	180 min	0,0816%	Briones y Guerrero (2019)
	Tifo (<i>Minthostachys mollis</i>)	Limpieza, secado, triturado. Material vegetal de tifo con agua destilada, en un extractor por arrastre de vapor, con relación material/agua destilada 1:5, temperatura de 100°C.	150 min	0,69%	Collantes y Mena (2022)
	Manzanilla	Triturado, tamizado, extractor de arrastre de vapor, separación	240 min	0,046%	Melo et al. (2021)
HD	Pomelo	Recepción, selección, secado, tamizado, hidrodestilador, recolector de aceite	45 min	0,0372%	Contreras y Ruíz (2012)
	Cáscara <i>Citrus paradisi</i>	Hidrodestilador, recolector de aceite, sacado con sulfato de sodio anhidro y almacenado	55 min	0,15%	Ruiz y Salazar (2021)
	<i>Minthostachys mollis Griseb</i>	Separándose, para su estudio, las hojas y flores, el material libre de impurezas es llevado a la extracción. El proceso se realizó al emplear 100 g del material vegetal y 1,2 L de agua destilada, durante un periodo de 2 horas.	120 min	0,21%	Campo et al. (2017)

	<i>Minthostachys mollis</i>	Equipo de hidrodestilación, material vegetal, seleccionado y troceado, introducidos en el balón de extracción se empleó asistencia con microondas fue de 1 hora	60 min	0,95%	Torrenegra et al., (2015)
MWHD	Cáscara <i>Citrus sinensis L</i>	Destilador tipo Clevenger con un reservorio de destilación Dean Stark adaptado a un sistema de calentamiento por radiación de microondas	180 min	0,51%	León et al., (2015)
	<i>Pimenta racemosa (Mill)</i>	Se utilizo un balón de 250 mL en conjunto con la planta fresca, se colocó en el horno microondas con una potencia de 1000 W, durante 60 minutos.	60 min	1,8%	Ochoa (2017)
SFE	Manzanilla	con celda de extracción de 500 mL, una bomba de alta presión, un separador y sistemas de control de presión, de temperatura y de flujo de CO ₂ (disolvente)	150 min	0,871%	Melo et al. (2021)
	Naranja	Unidad de fluidos supercríticos “Applied Separations Speed SFE, dióxido de carbono líquido (CO ₂) solvente.	40 min	0,397%	Rondón (2012)
	<i>Ambrossia peruviana</i> (Marco)	El proceso de llevo a 150 bar de presión con temperaturas que oscilaron entre 30°C-40°C, donde se usó 30 g de muestra y como solvente dióxido de carbono	55 min	0,20%	Hidalgo (2018)

Fuente: Elaborado por los autores

Las Figuras 1, 2 y 3 muestran el comportamiento del método de extracción con relación al tiempo de extracción, método de extracción frente al rendimiento, y rendimiento con respecto al tiempo de operación, respectivamente.

Figura 1

Métodos de extracción con relación al tiempo de operación

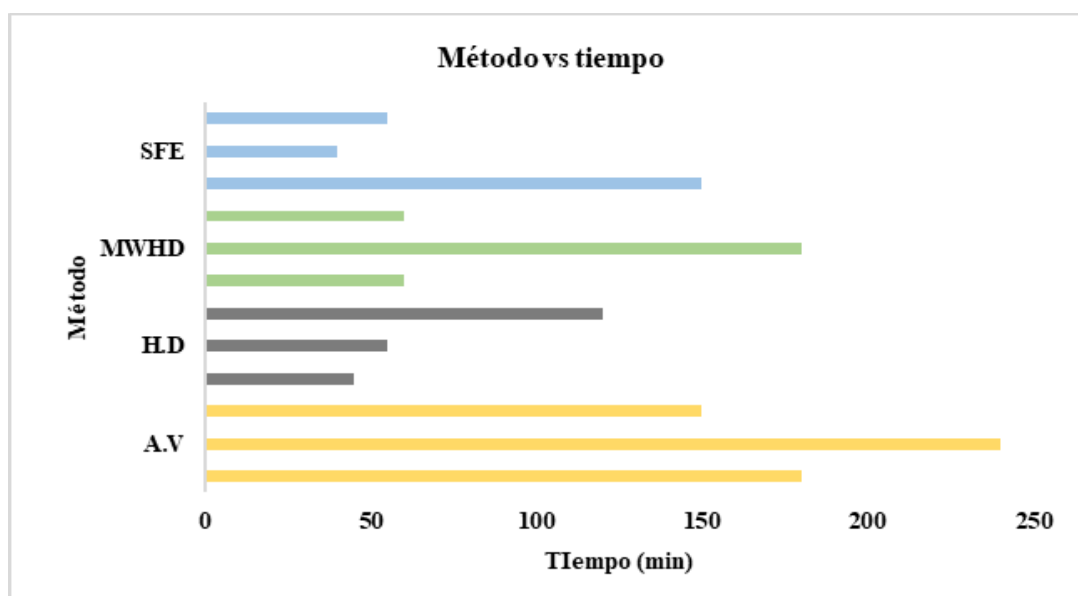


Figura 2

Métodos de extracción con relación al rendimiento de extracción

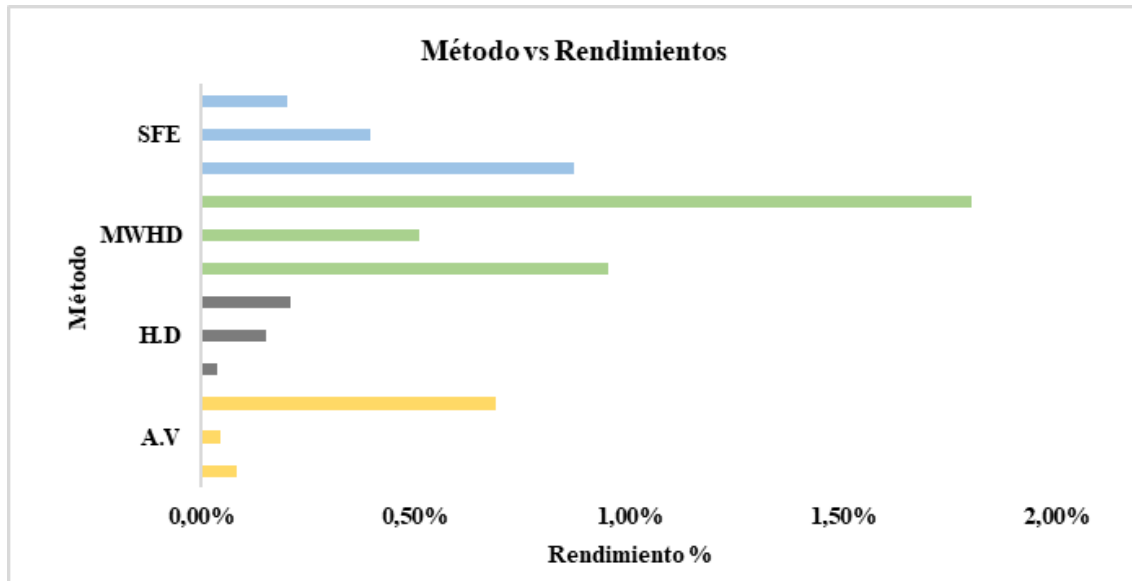
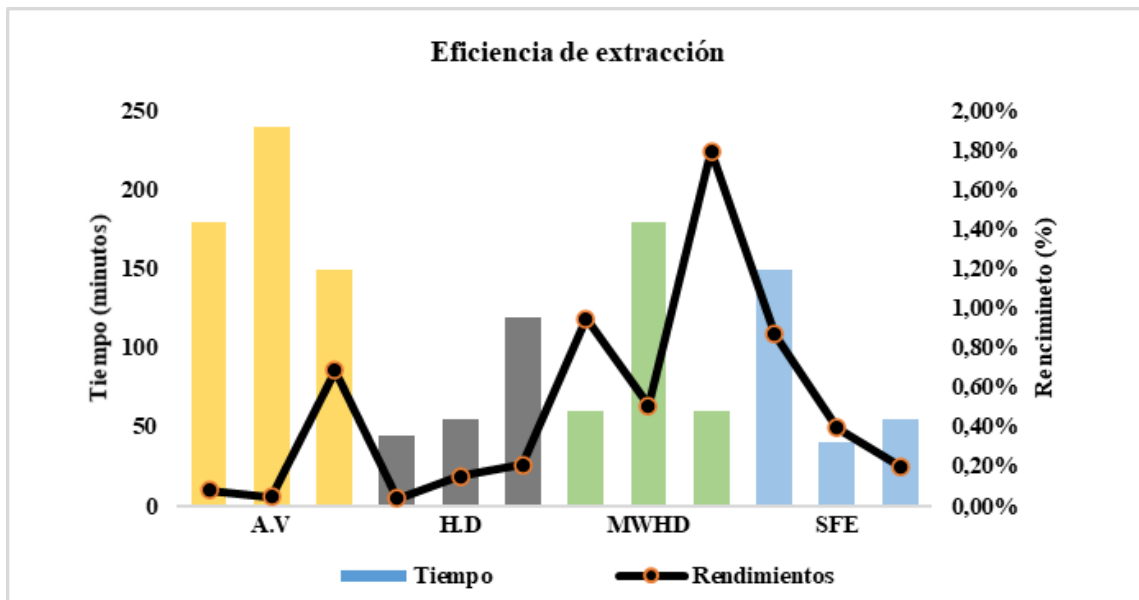


Figura 3

Comparación de rendimiento y tiempo de operación de los métodos de extracción



Estas reflejan que el proceso de hidrodestilación es factible en tiempos operativos cortos; mientras, el rendimiento de extracción de del proceso de hidrodestilación asistido por microondas presento los mejores resultados. Por el otro lado, la relación de los métodos el de mejor ajuste con un tiempo relativamente bajo y con altos niveles de rendimiento corresponden al proceso de hidrodestilación asistida por microondas.

Los datos obtenidos de la Tabla 2 fueron contrastados con un estudio estadístico de varianza (ANOVA) aplicación el software estadístico Statgraphics Centurion XVI, el cual permite la interacción de los métodos estudiados con relación al tiempo de operación y rendimientos, como se observa en la Tabla 3. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que ningún valor-P es menor que 0,05, ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Rendimiento con un 95,0% de nivel de confianza.

Tabla 2

Rendimientos y tiempos de extracción de los métodos extractivos de aceite

Tipo de Extracción	Tiempo de extracción Minutos	Rendimiento %
AV	180	0,08%
AV	240	0,05%
AV	150	0,69%
HD	45	0,04%
HD	55	0,15%
HD	120	0,21%
MWHD	60	0,95%
MWHD	180	0,51%
MWHD	60	1,8%
SFE	150	0,87%
SFE	40	0,4%
SFE	55	0,2%

Tabla 3

Análisis de Varianza para Rendimiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tipo de Extracción	0,00001099	3	0,000003663	0,10	0,9483
Tiempo de extracción	0,000101115	7	0,000014445	0,40	0,8422
Residuos	0,000036125	1	0,000036125		
Total (corregido)	0,000296249	11			

Discusión y Conclusión

El estudio de diversos procesos de extracción concerniente a la obtención de aceites de especies vegetales se ha visto en la necesidad de comparar los diversos métodos de extracción en virtud de los rendimientos de su obtención en base a la cantidad empleada del material vegetal. Según Briones y Guerrero (2019), el método de arrastre por vapor (VA) para el aceite esencial de mandarina fue de 0,08%. Por su parte Melo et al. (2021), en aceite de manzanilla fue de 0,046%. En el método de hidrodestilación (H.D) algunos los rendimientos fueron, por Contreras y Ruíz (2012) para aceite de pomelo de 0,0372%; mientras para Ruiz y Salazar (2021) el aceite esencial de *Citrus paradisi* fue de 0,15%. En método hidrodestilación asistida por microondas (MWHD) en estudios efectuados por Torrenegra et al., (2015) en aceite esencial de *Minthostachys mollis* el rendimiento fue de 0,95%; para León et al. (2015) el aceite esencial de *Citrus sinensis L* del 0,51%. En cuanto al proceso de extracción con fluidos supercríticos (SFE) los rendimientos, según Melo et al. (2021), en aceite de manzanilla fue 0,871%, mientras para Rondón (2012) en el aceite esencial de naranja el rendimiento fue de 0,397%.

Otros investigadores dentro de sus estudios al emplear otras especies vegetales para la obtención de aceite esencial y con los métodos previamente analizados, con lo cual se han evidenciado diversos rendimientos en base a los diversos materiales, como lo reflejan los datos

proporcionados por Jaramillo y Jami (2019) al aplicar la hidrodestilación en tres especies de rosas siendo estas damascena, bourbon y arbustiva cuyos rendimientos oscilaron entre 0,050% al 0,055%. Mientas en el estudio desarrollo por Sevillano et al. (2019) mediante la destilación por arrastre de vapor a la especie vegetal de *Rosmarinus officinalis* su rendimiento de extracción de aceite esencial fue del 2,66%; por su parte los datos de Soler (2021) en el cual el aceite de lavanda con la HD el rendimiento máximo fue de 0,358%.

En lo referente a la utilización de fluidos supercríticos, se empleó en la obtención de aceite esencial de cilantro y albaca cuyos rendimientos fueron de 2,25% y 0,70% respectivamente, es notorio que el mismo proceso tiene resultados diversificados lo que implica que el tipo y variedad de la especie vegetal influye directamente en los rendimientos operativos de los procesos extractivos (Cáliz et al., 2020). La hidrodestilación asistida por microondas en el estudio desarrollado por Usaquén y Zafra (2018) aplicado en semilla de mando el rendimiento obtenido fue del 0,81%. Es notable que cada proceso de extracción presenta condiciones propias que han permitido su aplicación en la obtención de aceite esenciales lo que se refleja en sus rendimientos, cada uno de estos métodos poseen sus ventajas y desventajas. Sin embargo, con los avances tecnológicos algunos de estos métodos quedan obsoletos al no cumplir con las expectativas o estimaciones esperadas, al adaptarse los métodos a los cambios tecnológicos potenciando los nuevos métodos en la reducción de tiempos de operación y aumentando la eficiencia de los rendimientos.

Luego de la revisión de la literatura y el análisis de los datos obtenidos, sobre rendimientos de extracción, es notable que los métodos más comunes son destilación por arrastre de vapor e hidrodestilación en la actualidad presentan ineficiencias al presentar bajos rendimientos en base a prolongados tiempos de operación. Dentro de los nuevos avances han surgido nuevos procesos de extracción como lo es con fluidos supercríticos siendo el dióxido de carbono (CO₂) el solvente e hidrodestilación asistida por microondas, en lo que respecta a sus tiempos de operación son moderados lo que compensan con sus niveles de rendimientos altos y de bajos coste, lo que incide en su difusión. No obstante, entre los diversos métodos analizados el que indica el mejor

rendimiento independiente del material vegetal empleado es la hidrodestilación asistida por microondas.

Por medio de análisis efectuado se ha concluido que el mejor método para la extracción de aceites esenciales corresponde al método de hidrodestilación asistida por microondas al presentar altos rendimientos de extracción relación a los tiempos de operación aplicados, al presentar una mayor eficacia independiente de los diversos materiales vegetales y tiempos de operación moderados, han despertado un gran interés para las industrias dado que permite la mejora de los procesos y a su vez las repercusión en la reducción de los costes de producción.

Conflicto de interés

Los autores se declaran que no existe conflicto de interés en la redacción de este artículo.

Participación de los autores

JC y MN prepararon el borrador del manuscrito y diseño del instrumento. VS y CM establecieron los resultados y discusión. Todos los coautores revisaron y aprobaron el manuscrito.

Referencias

- Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), 601-611. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007>
- Blanco, C., Stashenko, E., Combariza, M., & Martínez, J. (1995). Comparative study of Colombian citrus oils by high-resolution gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 697(1-2), 501-513.

[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0021-9673\(94\)00955-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0021-9673(94)00955-9)

Bousbia, N., Vian, M., Ferhat, M., Meklati, B., & Chemat, F. (2009). A new process for extraction of essential oil from Citrus peels: microwave hydrodiffusion and gravity. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 409-413. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.034>

Briones, H. R., & Guerrero, D. A. (2019). Extracción de aceites esenciales de mandarina (*Citrus reticulata*) y palo santo (*Bursera graveolens*) por el método de arrastre de vapor. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 2(3), 14-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.46296/ig.v2i3.0007>

Cáliz, J., Estrada, J., Jiménez, H., & Meneses, E. (2020). *Extracción del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) con CO₂ supercrítico y sus posibles aplicaciones*. Facultad de Ciencias y Biotecnología, Programa de Química Farmacéutica, Universidad CES, 1-9. https://repository.ces.edu.co/bitstream/handle/10946/4914/1037667670_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Campo, M., Ambuludí, D. L., Cepeda, N. C., Márquez Hernández, I., San Martín Galván, D., & Cuesta, O. (2017). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Minthostachys mollis* Griseb contra el *Staphylococcus aureus*. *Revista Cubana de Farmacia*, 51(4). <http://www.revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/183/175>

Casado, I. (2018). *Optimización de la extracción de aceite esenciales en corriente de vapor*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf

Chang, R. (2005). *Química*. McGraw-Hill Companies.

Collantes, T. L., & Mena, K. R. (2022). *Extracción del aceite esencial de tifo (*minthostachys mollis*), mediante la metodología de arrastre de vapor*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8605/1/PC-002251.pdf>

- Contreras, E. d., & Ruíz, J. D. (2012). *Estudio comparativo de dos métodos de extracción para el aceite esencial presente en la cáscara de pomelo (Citrus maxima)*. [Tesis de grado, Universidad de Cartagena]. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/108/Proyecto%20final%20de%20grado%2014-11-2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hidalgo, F. D. (2018). *Caracterización química y física del aceite esencial de Ambrossia peruviana (Marco) obtenido por extracción tradicional y fluidos supercríticos*. [Tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja]. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/22014/1/Hidalgo%20Ramírez%2c%20Francisco%20Daniel.pdf>
- Jaramillo, L., & Jami, G. (2019). *Quimio-biodiversidad de aceites esenciales producidos de variedades híbrida provenientes tipos de rosas*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17575/1/UPS-QT14012.pdf>
- Juárez, J. R., Castro, A. J., Jaúregui, J. F., Lizano, J. V., Carhuapoma, M., Choquesillo, F. F., Félix, L. M., Cotillo, P. A., López, J. P., Jaramillo, M. R., Córdova, A. I., Ruíz, J. R., & Ramos, N. J. (2010). Chemical composition, antibacterial activity of essential oil Citrus sinensis L. (Sweet orange) and formulation of a pharmaceutical form. *UNMSM - Ciencia e Investigación*, 13(1), 9-13. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/ciencia/v13_n1/pdf/a02v13n1.pdf
- León, G., Osorio, M. d., & Martínez, S. R. (2015). Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de Citrus sinensis L. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 742-750. <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v49n4/far14415.pdf>
- Martínez, J., Sulbarán de Ferrer, B., Ojeda, G., Ferrer, A., & Nava, R. (2003). Actividad antibacteriana del aceite esencial de mandarina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(4), 502-512. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182003000400010

- Matiz, G., Osorio, M., Camacho, F., Atencia, M., & Herazo, J. (2012). Diseño y evaluación in vivo de formulaciones para acné basadas en aceites esenciales de naranja (*Citrus sinensis*), albahaca (*Ocimum basilicum* L) y ácido acético. *Biomédica*, 32(1), 125-133. <https://doi.org/https://doi.org/10.7705/biomedica.v32i1.614>
- Melo, M. C., Ortiz, D. E., & Hurtado, A. M. (2021). Comparación de la composición y de la actividad antioxidante del aceite esencial de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) obtenido mediante extracción con fluidos supercríticos y otras técnicas verdes. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(172), 845-856. <https://doi.org/https://doi.org/10.18257/raccefyn.862>
- Merle, H., Morón, M., Blázquez, A., & Boira, H. (2004). Taxonomical contribution of essential oils in mandarins cultivars. *Biochemical Systematics and Ecology*, 32(5), 491-497. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bse.2003.09.010>
- Montoya, G. D. (2010). Aceite esenciales una alternativa de diversificación. [Informe, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55532/9588280264.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Navarrete, C., Gil, J., Durango, D., & García, C. (2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales. *DYNA*, 77(162), 85-92. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v77n162/a10v77n162.pdf>
- Ochoa, A. S. (2017). Estudio comparativo de la dinámica de destilación del aceite esencial de pimenta racemosa (mill) J.W. Moore por los métodos de hidrodestilación e hidrodestilación asistida por microonda. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20145/1/BCIEQ-T-0205%20Ochoa%20Quinatoa%20Alberto%20Steven.pdf>

- Olivero, J., Caballero, K., Jaramillo, B., & Stashenko, E. (2009). Repellent activity of the essential oils from *Lippia origanoides*, *Citrus sinensis* and *Cymbopogon nardus* cultivated in Colombia against *Tribolium castaneum*, Herbst. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 41(3), 244-250. <http://www.scielo.org.co/pdf/suis/v41n3/v41n3a06.pdf>
- Raeissi, S., Diaz, S., Espinosa, S., Peters, C., & Brignole, E. (2008). Ethane as an alternative solvent for supercritical extraction of orange peel oils. *The Journal of Supercritical Fluids*, 45(3), 306-313. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.supflu.2008.01.008>
- Rondón, Y. (2012). Desarrollo de una fragancia a partir de una mezcla de aceites esenciales de jazmín café (*murraya paniculata*) y naranja (*citrus sinensis*) extraídos con CO₂ supercrítico. [Tesis de grado, Universidad de Carabobo]. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/8030/yrondon.pdf?sequence=3>
- Ruiz, J. R., & Salazar, M. E. (2021). Composición química y actividad antibacteriana de los aceites esenciales de *Citrus paradisi*, *Juglans neotropica* DIELS, *Schinus molle* y *Tagetes elliptica* Smith. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(3), 228-241. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i3.350>
- Sagástegui, W. A., Rengifo, R. A., Rosales, L. E., Arkin, P. A., & Soto, M. R. (2019). Composición química y efecto del aceite esencial de las hojas de *Lippia alba* (Verbenaceae) en los niveles de estrés académico de estudiantes universitarios. *Arnaldoa*, 26(1), 381-390. <https://doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26119>
- Sevillano, R., Siche, R., Castillo, W., & Silva, E. (2019). Optimización de la extracción por arrastre de vapor de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) utilizando diseños secuenciales. *Revista de Investigación Científica*, 16(1), 53-61. <https://doi.org/10.17268/manglar.2019.008>
- Simões, E., Schenke, G., Gosman, Mell, J. P., Ment, L., & Petrovick, P. (2003). *Farmacognosia: da planta ao medicamento de C.M.O.* Editora da Universidade UFRS.

- Soler, R. (2021). Extracción asistida por ultrasonidos de compuestos de valor añadido. [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Superior de Linares]. https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/14516/1/Documento_definitivo_Rafael_Soler_Gallardo.pdf
- Torrenegra, M. E., Granados, C., Osorio, M. R., & León, G. (2015). Comparación de la Hidrodestilación Asistida por Radiación de Microondas (MWHD) con Hidrodestilación Convencional (HD) en la Extracción de Aceite Esencial de *Minthostachys mollis*. *Información Tecnológica*, 26(1), 117-122. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000100013>
- Usaquén, M. J., & Zafra, M. A. (2018). Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel de laboratorio. [Tesis de grado, Fundación Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6733/1/1019086449-2018-I-IQ.pdf>
- Vásquez, O., Alba, A., & Marreros, J. (2001). Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*). *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 1(1), 38-42. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000074&pid=S0370-3908201100030001100013&lng=en