

Artículo de Revisión

**EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO Y SU APLICACIÓN
EN LA OBTENCIÓN DE ACEITES VEGETALES**

**ULTRASONIC-ASSISTED EXTRACTION (UAE) AND ITS
APPLICATION IN OBTAINING VEGETABLE OILS**

John Daniel Fajardo Contreras ^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-1271-4548>
Francisco Alfredo Sánchez Plaza ² <https://orcid.org/0000-0002-9359-5749>
Juan Pablo Dueñas Rivadeneira ³ <https://orcid.org/0000-0002-7673-089X>
Alex Alberto Dueñas Rivadeneira ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-8603-0694>

¹ Estudiante de Maestría Académica con Trayectoria de Investigación en Ingeniería Química. Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí, Av. Urbina y Che Guevara, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

² Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, Av. Urbina y Che Guevara, Portoviejo, Manabí, Ecuador

³ Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Zootécnicas, Universidad Técnica de Manabí, Av. Urbina y Che Guevara, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

⁴ Departamento de Procesos Agroindustriales, Facultad de Ciencias Zootécnicas, Universidad Técnica de Manabí, Av. Urbina y Che Guevara, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Recibido: Septiembre 5, 2022; Revisado: Septiembre 25, 2022; Aceptado: Septiembre 30, 2022

RESUMEN

Introducción:

La extracción de aceites vegetales con disolventes orgánicos contamina el ambiente y son onerosos. La extracción asistida por ultrasonido (EAU), ha proporcionado importantes beneficios en la producción de aceites como son: mayor rendimiento, disminución del tiempo de operación y consumo de disolventes, que la hace amigable con el planeta.

Objetivo:

Proporcionar los fundamentos conceptuales, aplicaciones y potencialidades de la extracción asistida por ultrasonido en el rendimiento, características físico-químicas y bioactividad de los aceites obtenidos de fuentes vegetales.

Materiales y Métodos:

Se revisaron 71 publicaciones originales y de revisión, empleando técnicas y metodologías relacionadas con la extracción y caracterización de aceites vegetales



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: John D. Fajardo, E-mail: jfajardo6894@utm.edu.ec



empleando la EAU, disolventes y prensado en distintos tipos de semillas correspondiente al período 2013-2022, considerando la calidad y naturaleza de las publicaciones.

Resultados y Discusión:

Los artículos investigados demostraron que, con la EAU en vegetales se obtuvieron aceites vegetales, esenciales, compuestos fenólicos; tanto de las semillas (chía), las hojas (guanábana) y mesocarpo (pulpa de aguacate). Los nuevos aportes y métodos optimizaron la extracción de los compuestos requeridos, con la necesidad de aplicarlos en la industria de alimentos, cosméticos y farmacéutico.

Conclusiones:

Los artículos revisados en la obtención de aceites vegetales empleando la EAU, establecieron que esta técnica empleó disolventes orgánicos como el hexano, pero su consumo es menor a los métodos tradicionales; disminuyó tiempos de trabajo; los rendimientos de los extractos fueron más eficientes y las bioactividades benefician al organismo como antioxidantes (canola) o anticancerígenos (oliva).

Palabras clave: aceite vegetal; extracción asistida por ultrasonido; bioactividad; disolventes; rendimiento.

ABSTRACT

Introduction:

The extraction of vegetable oils with organic solvents pollutes the environment and is expensive. Ultrasound-assisted extraction (UAE) has provided important benefits in the production of oils, such as: higher revenues, decreased operation time and solvent consumption, which makes it friendly to the planet.

Objective:

Provide the conceptual foundations, applications and potentialities of ultrasound-assisted extraction in the performance, physical-chemical characteristics and bioactivity of oils obtained from plant sources.

Materials and Methods:

71 original and review publications were studied, using techniques and methodologies related to the extraction and characterization of vegetable oils using EAU, solvents and pressing in different types of seeds corresponding to the period 2013-2022, considering the quality and nature of the publications.

Results and Discussion:

The reviewed articles showed that, with the UAE in vegetables, vegetable and essential oils, and phenolic compounds were obtained; from both the seeds (chia), the leaves (soursop) and the mesocarp (avocado pulp). The new contributions and methods optimized the extraction of the required compounds, with the need to apply them in the food, cosmetic and pharmaceutical process industry.

Conclusions:

The review of the articles dealing with the production of vegetable oils using the EAU, established that this technique used organic solvents such as hexane, but its consumption is lower than traditional methods; decreased work times; the yields of the

extracts were more efficient and the bioactive properties benefit the organism as antioxidants (canola) or anticarcinogenic (olive).

Keywords: vegetable oil; ultrasound-assisted extraction; bioactivity; solvents; performance.

1. INTRODUCCIÓN

Las especies vegetales son muy apreciadas por el ser humano, tanto por sus bondades como alimento y los beneficios de sus componentes bioactivos (Azmir et al., 2013; Bachtler y Bart, 2021).

La obtención de aceites vegetales que comprenden partes del material vegetal, se realiza empleando distintos métodos de extracción como destilación por arrastre con vapor (aceites esenciales) y compresión directa (aceites fijos) que no emplean disolventes orgánicos. Otras técnicas convencionales obtención de aceites fijos como la extracción con Soxhlet, maceración o percolación utilizan disolventes orgánicos de baja polaridad, por lo general poseen costos elevados (Morales-Tovar et al., 2020), bajo rendimiento de producción, exposición prolongada, efecto térmico o contaminan el medio ambiente (Dey y Rathod, 2013; Poodi et al., 2018). La calidad de dichos extractos dependió de la técnica utilizada, del disolvente, tiempo, temperatura y tamaño de la partícula (Chanioti y Tzia, 2017; Živković et al., 2018). Debido a la toxicidad y al precio creciente de los recursos fósiles, es deseable sustituir dichos disolventes por técnicas de extracción eficientes, innovadoras, intensificadas y susceptibles de automatización, como la extracción asistida por ultrasonido (Cravotto et al., 2008; Yara-Varón et al., 2017); que es un método limpio, sencillo, rápido, verde y que disminuye el uso de disolventes (Chen et al., 2012; Rojas y col., 2018).

El fundamento de acción de la técnica consiste en que las ondas de ultrasonido dividen de forma mecánica la pared celular liberando los componentes bioactivos, a su vez el calentamiento local del disolvente incrementa la difusión del extracto, optimizando así la transferencia de masa a través de la interfase sólido-líquido (Medina-Torres et al., 2017; Rojas y col., 2018).

Los compuestos bioactivos naturales en las plantas actúan como agentes protectores frente a radiaciones o infecciones microbianas (Coria-Téllez et al., 2018; Poodi et al., 2018). Estudios bioquímicos avanzados, determinaron que las plantas y sus productos naturales debido a la presencia de ácidos grasos, compuestos polifenólicos y las proteínas reducen el peligro de afecciones como la influenza y coronavirus (Sasidharan et al., 2010; Mathur y Hoskins, 2017; Chakraborty et al., 2020; Wani et al., 2021).

Las técnicas más empleadas para analizar su composición son la cromatografía de gases (GC) y cromatografía líquida (LC), la diferencia radica en que la GC fue más adecuado para el análisis de compuestos volátiles más pequeños, mientras que la LC fue para compuestos más grandes y menos volátiles (Olmo-García et al., 2018; Mota et al., 2021).

Los ácidos grasos insaturados, tales como; el ácido araquidónico, linoleico, oleico y palmitoleico han demostrado actividad antimicrobiana, induciendo la lisis de las membranas celulares de varios organismos infecciosos, incluso, los leucocitos y algunas

células similares a los macrófagos en varios órganos, los linfocitos T y B en algunas condiciones bien definidas, pueden liberar ácidos grasos no saturados para provocar acciones antimicrobianas y de esta forma proteger el organismo contra diversas infecciones (Thormar et al., 1987; Das, 2018; Aristizábal y González, 2022).

En la última década existe un creciente interés de muchas industrias en la exploración, obtención, optimización y recuperación de aceites vegetales, por lo que han inyectado grandes aportes económicos en investigación y tecnología (Kim et al., 2007; Yahya et al., 2018).

Según Campo-Vera y col., (2018), Khan et al., (2018) y Tiwari (2015), la EAU puede beneficiar a la industria química en múltiples formas: Mejorar los rendimientos y procesos de la extracción; proporcionar la oportunidad de utilizar disolventes de limpieza y/o verdes alternativos mediante la mejora de su extracción actuación; mejorar la extracción de componentes sensibles al calor en condiciones que de otro modo tendría bajos o inaceptables rendimientos.

Estudios realizados para obtener aceites vegetales a partir de las semillas de higuera (*Ricinus communis L.*), empleando la EAU y como disolvente el hexano, mostraron rendimientos del 74% (Quiroz y col., 2019), un resultado superior en comparación con el 56% de rendimiento obtenido usando el método convencional de extracción con Soxhlet (Perdomo et al., 2013) y el 51,4% de máxima eficiencia utilizando métodos mecánicos (Leal y col., 2017).

Según Pons, (2015), el uso de disolventes orgánicos presenta desventajas relacionadas con el alto costo de los disolventes (el benceno, reconocido carcinogénico sumamente tóxico; aunque de preferencia se emplea el n-hexano, debido a su solubilidad, bajos costos y facilidad de recuperación). Además, los vapores emitidos por estos disolventes, contaminan la atmósfera a lo cual existen estrictas regulaciones medioambientales.

Este trabajo de revisión resalta los fundamentos teóricos, estudios e importancia de aplicar la técnica de EAU en el rendimiento, bioactividad y características físico-químicas de los aceites a partir de distintas fuentes vegetales en comparación a otras técnicas de extracción y que sean útiles en futuras investigaciones a nivel piloto o industrial.

Por todo lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo proporcionar los fundamentos conceptuales, aplicaciones y potencialidades de la extracción asistida por ultrasonido en el rendimiento, características físico-químicas y bioactividad de los aceites obtenidos de fuentes vegetales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se basó en la búsqueda bibliográfica de publicaciones científicas originales y de revisión de 71 referencias entre los años 2013 y 2022, en bases de datos reconocidas y relacionadas con los trascendentales avances en este campo como son: Scielo, Redalyc, Scopus, PudMed, ScienceDirect, así como capítulos de libros y tesis de grados doctorales. La introducción de palabras claves anglosajonas como “vegetable oils”, “essential oils”, “ultrasound-assisted extraction”, “bioactivity”, “chemical composition”, “fatty acids” y el uso de los conectores “and”, “or”; fue importante para una selectiva exploración de los artículos relacionadas de esta investigación. La revisión

implicó aspectos fundamentales como: la metodología, bases conceptuales, procesamientos de datos y la experimentación dando notabilidad a la investigación y aplicación de la extracción asistida por ultrasonido.

El orden y porcentaje de artículos que se utilizó en la revisión fue el siguiente:

- Método alternativo de extracción asistida por ultrasonido, 50,70%.
- Análisis y aplicación de las bioactividades de los aceites vegetales, 28,17%.
- Determinación y análisis de las características físico-químicas de los extractos, 12,68%.
- Métodos de extracción de aceites vegetales, 8,45%.

La revisión se dividió en dos períodos, el primer período establecido fue entre los años 2018-2022 y el porcentaje de artículos revisados fue del 57,75%, mientras el segundo periodo fue considerado desde el año 2017 de manera decreciente y correspondió el 42,25% de artículos examinados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Aceites vegetales

Según Wade, (2016), los aceites vegetales se dividen en aceites fijos y aceites esenciales. La diferencia fundamental es que los aceites fijos son mezclas de triacilglicéridos (triglicéridos) y se encuentran en mayor porcentaje (90 y 95%) que los aceites esenciales, también denominados volátiles. Los aceites esenciales generalmente se componen de una diversidad de mezclas de moléculas químicas principalmente derivados de benceno y terpenos. Estos terpenos y derivados del benceno contribuyen a la rica bioactividad de los aceites esenciales (Wani et al., 2021).

Este estudio se destinó a la extracción de aceites fijos que normalmente se encuentran en las semillas de plantas como la soya, con menos frecuencia de otras partes de las frutas como aceite de oliva (Lammari et al., 2021); comprenden una amplia gama de clases de compuestos que varían en sus propiedades físico-químicas, como la masa molar y la presión de vapor. Si el aceite a temperatura ambiente (20 °C) es sólido o de consistencia pastosa, se trata de una “grasa”; pero, si es líquido a temperatura ambiente, es un “aceite” (Melo et al., 2007; Durán y col., 2015). En realidad, la presentación física del aceite depende del grado de insaturación (en especial los enlaces dobles *cis*) en sus ácidos grasos.

Según Wade, (2016), un aceite derivado de ácidos grasos saturados tiene un punto de fusión más alto debido a que se empaqueta con mayor facilidad en una red cristalina sólida que un aceite derivado de ácidos grasos insaturados plegados; por ejemplo: el ácido esteárico (p.f. 70 °C) es una grasa saturada que posee 18 átomos de carbono y se empaqueta bien en una red cristalina sólida; mientras que el ácido oleico (p.f. 4 °C) tiene el mismo número de átomos de carbono que el ácido esteárico, pero con un enlace doble *cis* (figura 1), cuyas conformaciones plegadas evitan el empaquetamiento óptimo en el sólido.

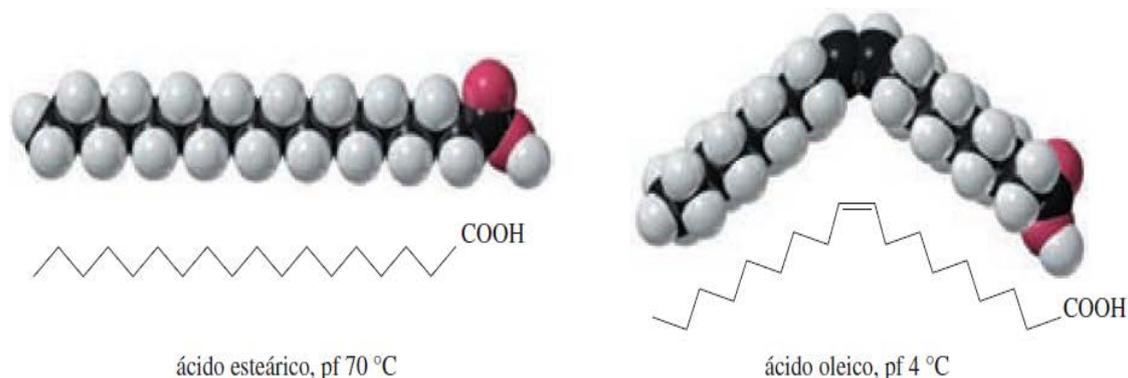


Figura 1. Comparación del ácido esteárico (saturado) y el ácido oleico (insaturado). El doble enlace *cis* disminuyó el punto de fusión en 66 °C (Wade, 2016)

Según Panadare y Rathod, (2017) y Deng y col., (2022), el uso de estos biocompuestos puede evitar el agotamiento de la energía fósil y resolver la crisis energética mundial mediante la producción de biodiésel como fuente de energía renovable. Varios estudios demostraron que el consumo regular de aceite de aguacate, brinda beneficios para la salud en términos de prevención o control de enfermedades (Tan, 2019) como el manejo del riesgo cardiometabólico (Furlan et al., 2017). Investigaciones con aceites vegetales de algodón, coco, soya y dendé, revelaron que estos aceites representan una alternativa para el control de la cochinilla *O. praelonga*, por su toxicidad, repelencia, selectividad a su enemigo natural y facilidad de acceso en el mercado (Pimentel-Farias y col., 2018).

En ciertas áreas de fabricación se realizan procesos que emplean aceites minerales para obtener un corte y geometría específica de metales. Para ello los aceites minerales cumplen los requisitos; sin embargo, deben manipularse con mayores precauciones durante el almacenamiento, la utilización y la eliminación y no son biodegradables, lo que ha abierto las puertas a los aceites vegetales (Sankaranarayanan et al., 2021).

Para una mejor comprensión se clasifica a los aceites vegetales considerando tres aspectos: basado en las fuentes de origen, en los fines de uso y, además por la disponibilidad de aceites (tabla 1); esta categorización ayuda de muchas maneras a hacer una mejor elección del aceite (Mannekote et al., 2018; Sankaranarayanan et al., 2021).

Se identifican tres fuentes principales para el suministro de aceite: aceites de cultivos arbóreos, cultivos anuales y subproductos. La palma, el coco y el olivo se cosecharon de los árboles y los aceites respectivos se subcategorizaron en aceites de cultivos arbóreos. Los aceites de maní y girasol se incluyen en la categoría de aceite de cultivo anual según el cultivo. Los aceites de salvado de arroz y de soya son ejemplos típicos de aceites derivados. La disponibilidad de aceites vegetales crea otra categoría en la que los aceites de coco, girasol, soya y cacahuete (maní) fueron los aceites más disponibles o principales, mientras que los aceites de aguacate, nuez de vela, albaricoque y almendras fueron aceites menores. La utilización final decide una categoría en la que los aceites de girasol, palma, coco y soja fueron ejemplos de utilidades comestibles. *Jatropha*, jojoba, aceite de ricino, entre otros, son ejemplos de utilidades no comestibles (Sankaranarayanan et al., 2021).

Tabla 1. Clasificación de los aceites vegetales

Basado en las fuentes			Basado en los fines de uso		Basado en la disponibilidad	
Aceites de cultivos arbóreos	Aceites de cultivos anuales	Derivados de aceites	Aceites comestibles	Aceites no comestibles	Aceites principales	Aceites minoritarios
Aceite de palma Aceite de coco Aceite de oliva	Aceite de maní Aceite de girasol	Aceite de salvado de arroz Aceite de soya	Aceite de palma Aceite de coco Aceite de oliva Aceite de girasol	Aceite de castor Aceite de jojoba Aceite de jatropha	Aceite de palma Aceite de coco Aceite de maní Aceite de girasol	Aceite de almendra Aceite de aguacate Aceite de nuez

3.1.1 Composición química de los aceites vegetales

Los aceites fijos de origen vegetal están constituidos principalmente por triésteres de ácidos grasos y el glicerol, y se denominan “triglicéridos”. Un aceite puede estar formado por un solo tipo de triglicérido, o por una mezcla de triglicéridos.

3.1.1.1 Triglicéridos

Los principales componentes o los componentes mayoritarios del aceite vegetal fueron los triglicéridos (95 al 98%). El término “aceite” se refiere un tipo de triglicérido que a temperatura ambiente se encuentra líquido (Seniha et al., 2006; Lammari et al., 2021). Los triglicéridos están compuestos por tres moléculas de ácidos grasos esterificados a una moléculas de glicerol (Miao et al., 2014; Yara-Varón et al., 2017). Según el grado de saturación de los ácidos grasos (AG), los triglicéridos se clasifican en ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados (figura 2). De acuerdo a Lammari et al., (2021), las características AG dependen de varios parámetros que incluyen; i) la longitud de la cadena de ácidos grasos, ii) el grado de insaturación y iii) la estereoquímica de los dobles enlaces.

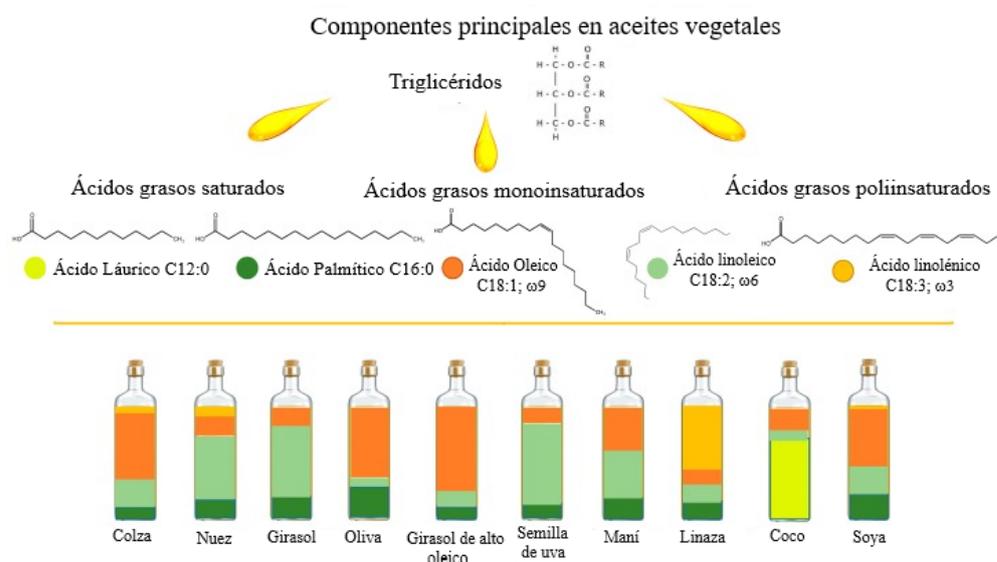


Figura 2. Componentes mayoritarios de diferentes aceites vegetales (Yara-Varón et al., 2017)

3.1.2 Componentes minoritarios de los aceites vegetales

Los aceites vegetales contienen también una diversidad de compuestos menores no triglicéridos (<5%) que presentan propiedades biológicas y valores nutricionales cruciales para las industrias nutracéutica y farmacéutica. Comprenden dos tipos: glicerolípidos que incluyen monoglicéridos, diglicéridos y fosfolípidos; y no glicerolípidos como tocoferoles/tocotrienoles, esteroides, ácidos grasos libres, pigmentos, vitaminas, compuestos fenólicos, proteínas y agua (Yara-Varón et al., 2017; Lammari et al., 2021).

3.2 Sistemas de extracción de aceites vegetales

En las semillas oleaginosas el aceite se encuentra contenido en vacuolas intracelulares cuyas paredes están formadas por polisacáridos del tipo celulósico. En el tejido celular se encuentra presente la pectina y otras proteínas responsables de la coherencia e integridad de la estructura. El aceite vegetal se encuentra unido a estas macromoléculas y los procesos convencionales de extracción se basan en la extrusión de la semilla o fruto oleaginoso que lo contiene (Jeevan & Banerjee, 2019).

Los procesos de obtención de aceites vegetales de forma tradicional se clasifican en mecánicos, químicos o aquellos que incluyen una combinación de los dos (Pons, 2015).

3.2.1 Destilación

La destilación resulta poco conveniente para usarse con aceites vegetales debido a la presencia de triglicéridos que pueden degradarse a altas temperaturas de operación.

3.2.2 Hidrodestilación

La Hidrodestilación consiste en poner en contacto una cantidad de sustancia con agua destilada durante cierto tiempo 30 a 40 minutos, se separa por decantación los aceites y se almacenan en frascos ámbar a temperaturas de 5 °C (López y col., 2020).

3.2.3 Extracción con disolventes

La extracción con disolventes la extracción por disolventes convencionales se lleva a cabo mediante reflujo en un equipo de Soxhlet, utilizando cierta cantidad de muestra previamente secada (entre 40 y 60 °C) y triturada en molino, se agrega un volumen entre 100 mL a 150 mL de hexano, éter de petróleo, alcohol isopropílico (IPA); se debe efectuar un calentamiento con un plato calefactor a 60 °C durante 4 a 5 horas. El rendimiento del extracto obtenido se calcula con respecto al material vegetal empleado, considerando la biomasa seca de muestra y la cantidad de aceite obtenido (Murillo et al., 2019; Zamora-Zamora et al., 2019).

Cabe resaltar que los disolventes orgánicos volátiles, como el n-hexano de uso común, son dañinos para el ambiente y la salud. Además, la alta temperatura del disolvente puede afectar el aroma característico, degradar compuestos termolábiles y causar hidrólisis (Wang et al., 2017; Liu et al., 2020, Deng et al., 2022). La extracción con disolventes orgánicos (de uso restringido), siempre deja un residuo inherente en el aceite y su inflamabilidad lo hace poco deseable a nivel industrial (Pantoja y col., 2017).

3.2.4 Extracción supercrítica

La extracción supercrítica se caracteriza por utilizar disolventes químicamente inertes, como el dióxido de carbono (CO₂), con características solvatantes, económicas, es accesible y de alta efectividad (González-Alejo y col., 2019). Los fluidos supercríticos tienen la capacidad de penetrar en cualquier matriz sólida, debido a los cambios en sus características fisicoquímicas como la viscosidad, que es mucho menor a la de un líquido; los coeficientes de difusión de los solutos fueron mayores que un disolvente líquido. En la etapa supercrítica, los fluidos presentan las particularidades de un gas, pero también de un líquido (Pardo-Castaño et al., 2015; González-Alejo y col., 2019).

3.2.5 Extracción por ultrasonido

La Extracción por ultrasonido es un método amplio y fácil de usar para la obtención de compuestos bioactivos, con bajos tiempos de extracción, amigable con el medio ambiente, altos rendimientos y selectividad. El principio de este método se basa en el fenómeno de cavitación que se da por la formación, crecimiento y colapso de burbujas de vapor o gas generadas por la acción de las ondas de una frecuencia determinada (Ramón & Gil-Garzón, 2021; Arauzo et al., 2020). La cavitación da paso a una presión negativa a un líquido, las fuerzas intermoleculares de Van der Waals no son lo suficientemente fuertes como para mantener la cohesión y se forman pequeñas cavidades o microburbujas llenas de gas que sufren deformaciones radiales y tangenciales antes de colapsarse de manera adiabática, con un volumen tan pequeño que la energía del colapso se entrega a un número relativamente pequeño de moléculas (Picó, 2013; Ramón y Gil-Garzón, 2021). Todos estos fenómenos en conjunto generan una ruptura de la pared celular incrementando la permeabilidad del tejido de las plantas y facilitando la entrada del disolvente al material, provocando el incremento del rendimiento del material que es extraído en un menor tiempo (Bhagya y Dash, 2020; Ramón y Gil-Garzón, 2021); en la tabla 2 se evidencian investigaciones al respecto.

Tabla 2. Aplicación del ultrasonido en varios procesos

<i>Título</i>	<i>Matriz</i>	<i>Resultados</i>	<i>Referencia</i>
Capacidad antioxidante y antiinflamatoria de salvilla (<i>Buddleja scordioides</i> Kunt)	Hojas	La EAU mostró mayor capacidad antioxidantes y alta actividad antiinflamatoria. Los rendimientos se incrementaron en un 80% en una mezcla hexano-cloroformo y en un 50% en otra mezcla hexano-metanol. Los extractos se obtuvieron entre los 10 y 20 minutos del proceso.	(Macías-Cortés et al., 2022)
Valorización de hojas de kiwiberry recuperadas por extracción asistida por ultrasonido para aplicación en la piel	Hojas	Los resultados demostraron que el extracto óptimo mostró un alto contenido fenólico, poder antioxidante reductor férrico (FRAP)), así como una buena capacidad para capturar superóxido y ácido hipocloroso relacionado con los 28 compuestos fenólicos cuantificados.	(Silva et al., 2022)
Aceite de salvado	Revisión	Se están validando varios métodos	(Punia et al.,

de arroz: tendencias emergentes en extracción, beneficios para la salud y su aplicación industrial		novedosos y eficaces para la extracción de RBO de la más alta calidad. La composición nutricional, las actividades biológicas y los beneficios para la salud de RBO han atraído la atención de los consumidores por su aplicación más amplia.	2021)
Caracterización e identificación de compuestos bioactivos con actividad antioxidante del fruto de tejocote (<i>Crataegus mexicana</i>)	Cáscara, pulpa y semilla	La mezcla de disolvente acetona-agua condujo a obtener los mayores rendimientos de extracción. El contenido de fenoles totales y flavonoides totales fue mayor en los extractos de la semilla de, mientras que los contenidos mayores de flavan-3-ol y proantocianidinas se encontraron en la cáscara.	(Robles-Botero y col., 2020)
Efectos sobre el rendimiento y la calidad del aceite de oliva con ultrasonidos de baja frecuencia y alta potencia a diferentes presiones	Pasta de oliva	Con una presión de unos 3,5 bar, se produjo un aumento significativo de la extractabilidad respecto al proceso tradicional. A una presión de 1,7 bar no hubo un efecto significativo entre el tratamiento con ultrasonido y la tecnología tradicional.	(Servili et al., 2019)
Características del Aceite de Chía	Semillas	La EAU mejora la transferencia de masa e incrementó en un 10% en el rendimiento de aceite, la extracción con agitación fue del 69.2%, aumentando al 79.3% con ultrasonido. El método disminuyó en 30 minutos, el proceso sin cambiar la composición de aceite.	(Rosas-Mendoza et al., 2018)
Efecto del proceso ultrasónico previo en el contenido de aceite y la composición de ácidos grasos de la avellana, maní y comino negro	Semillas	No se observó un aumento regular en el contenido de aceite de los aceites de avellana y maní asociado con el proceso ultrasónico aplicado, pero afectó significativamente el contenido de aceite según el grupo de control y se espera que las diferencias tengan efectos significativos en el contenido de aceite y las composiciones de ácidos grasos.	(Al Juhaimi et al., 2018)
Influencia de la EAU en el rendimiento y composición de nutrientes del girasol	Semillas	Rendimientos mayores en semillas sin cáscara; disminución de tiempos a 105 minutos en relación con extracción Soxhlet (6 h) y significativa mejora en la calidad del ácido linoleico.	(Moradi et al., 2018)
Extracción de	Pasta de	Tanto los tratamientos con ultrasonido de	(Martínez-

aceite de aguacate mediante la aplicación de procesos sonofísicos	aguacate	baja como de alta frecuencia del puré de aguacate mejoraron la capacidad de extracción en un 15–24 % adicional de aceite, y la mayor capacidad de extracción se logró después de los tratamientos de 2 MHz.	Padilla et al., 2018)
Extracción verde de carotenoides a partir de residuos de granada utilizando aceites vegetales	Residuos de granada	Se extrajo alrededor del 85,7 y el 93,8% del total de carotenoides presentes en el material de desecho; si la temperatura se incrementa de 20 a 40°C, el rendimiento aumenta al 40%. El período de extracción eficiente para lograr el máximo rendimiento fue de unos 30 min.	(Goula et al., 2017)
Estudio comparativo de extracción convencional, ultrasónica y asistida por microondas de γ -oryzanol a partir de salvado de arroz	Salvado de arroz	Empleando como disolventes éter de petróleo, hexano y metanol, las eficiencias entre el método convencional y EAU, fueron del 14,05%; 24,69% y 12,56% respectivamente, un incremento significativo del rendimiento y que el mejor disolvente es el hexano	(Kumar et al., 2016)
Composición de ácidos grasos del aceite de Moringa oleífera que crece en La Habana, Cuba	Semillas	La composición de ácidos grasos muestra al ácido oleico como componente mayoritario; ácidos C15:0, C27:0 y C28:0, C14:0, C17:0, C18:3. Los resultados, pudieran contribuir a establecer su posible utilidad nutricional.	(Marrero y col., 2014)
Capacidad antioxidante de subproductos del amaranto (<i>Amaranthus hypochondriacus</i>).	Semillas	La homogeneización con EAU en la extracción de componentes antioxidantes genera tiempos de extracción cortos. Los disolventes diluidos (50%), tanto metanol como etanol, son más eficientes en la extracción de componentes antioxidantes que los componentes absolutos.	(López-Mejía y col., 2014)

Según Bhargava et al., (2021), las ventajas y desventajas del ultrasonido son:

Ventajas:

- Es una tecnología ecológica que ha mejorado de manera competente varios procesos en la industria alimentaria.
- Actúa como un excelente sustituto de varias tecnologías convencionales basadas en calor que son perjudiciales para la calidad del producto.
- Contribuye de manera efectiva a la firmeza de las frutas y verduras, una mejor mezcla de las masas, la inactivación microbiana, la homogeneización, la esterilización, la pasteurización y la emulsificación.
- Ha dado como resultado la producción de un producto de mejor calidad a

temperaturas más bajas, con una mejor tasa de transferencia de calor y masa.

- Acelera el proceso de filtración, lo que aumenta la vida útil del filtro, acelera la congelación y da como resultado un tamaño de cristal más pequeño, operaciones de secado y descongelación más rápidas.
- Proporcionó una técnica de procesamiento rápido, lo que limita el costo de producción.
- Mejoró la eficiencia del proceso al eliminar la necesidad de pasos de proceso y aumentar el rendimiento del producto.
- Además, se mejora la calidad y pureza del producto final, al potenciar sus propiedades organolépticas, firmeza y textura.
- También ayuda en la retención de las características nutricionales del producto y aumenta la vida útil del producto.

Desventajas:

- Cuando se aplica a altas intensidades genera calor debido a una escalada de temperatura, lo que tiene efectos perjudiciales sobre las características organolépticas y nutricionales del producto alimenticio.
- La eficacia contra las inactivaciones microbianas y enzimáticas no ha sido del todo exitosa. Sin embargo, el efecto sinérgico junto con la temperatura y la presión puede causar la inactivación.
- Los ultrasonidos de alta potencia pueden causar efectos físicos y químicos adversos en los alimentos.
- Los radicales libres generados debido a la cavitación dan como resultado la oxidación de lípidos acompañada de sabores y olores desagradables, desnaturalización de proteínas y reducción del contenido fenólico total debido a la degradación del ácido ascórbico.
- La aplicación de la temperatura y presión con el ultrasonido, también forma radicales libres que catalizan una reacción que puede dañar la estructura de la proteína y afectar adversamente la textura del producto alimenticio.

4. CONCLUSIONES

1. La extracción asistida por ultrasonido:
 - Optimiza el rendimiento en la producción de aceites vegetales y otros componentes bioactivos como fenoles y flavonoides.
 - Reduce el consumo de disolventes orgánicos y tiempos de operación comparado con métodos convencionales.
 - Es una técnica que se aplica en varios sectores industriales como alimentos, farmacéutica, cosmética y, además es ecológica.
 - Mejora e incrementa las bioactividades como la capacidad antioxidante y la inactivación microbiana.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del Dr. Luís Zalamea Molina, docente investigador de la Universidad Estatal de Guayaquil y al Ing. Jairo García Mendoza[†], Gerente General de Aceites Esenciales Violeta, en la elaboración de la presente investigación.

REFERENCIAS

- Al Juhaimi, F., Uslu, N., & Özcan, M.M., The effect of preultrasonic process on oil content and fatty acid composition of hazelnut, peanut and black cumin seeds., *Journal of Food Processing and Preservation*, Vol. 42, No. 1, 2018, e13335. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13335>
- Arauzo, P.J., Lucian, M., Du, L., Olszewski, M.P., Fiori, L., & Kruse, A., Improving the recovery of phenolic compounds from spent coffee grounds by using hydrothermal delignification coupled with ultrasound assisted extraction., *Biomass and Bioenergy*, Vol. 139, 2020, 105616. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105616>
- Aristizábal C.E., & González, J.L., Aceites vegetales comestibles como agentes complementarios para la protección y desinfección del 2019-nCOVID., *Ingenierías USBMed*, Vol. 13, No. 1, 2022, pp. 30-39. <https://doi.org/10.21500/20275846.5370>
- Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M.H.A., Ghafoor, K., Norulaini, N.A.N., & Omar, A.K.M., Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, Vol. 117, No. 4, 2013, pp. 426-436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- Bachtler, S., & Bart, H.-J., Increase the yield of bioactive compounds from elder bark and annatto seeds using ultrasound and microwave assisted extraction technologies., *Food and Bioproducts Processing*, Vol. 125, 2021, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.009>
- Bhargava, N., Mor, R.S., Kumar, K., & Sharanagat, V.S., Advances in application of ultrasound in food processing: A review., *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 70, 2021, 105293. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105293>
- Bhagya, G.V.S., & Dash, K.K., Ultrasound-assisted extraction of phytochemicals from dragon fruit peel: Optimization, kinetics and thermodynamic studies. *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 68, 2020, 105180. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105180>
- Campo-Vera, Y., Gélvez-Ordoñez, V.M., & Ayala-Aponte, A., Ultrasonido en el procesamiento (homogenización, extracción y secado) de alimentos., *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Vol. 16, No. 1, 2018, pp. 102-113. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v16n1.628>
- Chakraborty, S., Uppaluri, R., & Das, C., Optimization of ultrasound-assisted extraction (UAE) process for the recovery of bioactive compounds from bitter melon using response surface methodology (RSM)., *Food and Bioproducts Processing*, Vol. 120, 2020, pp. 114-122. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.003>
- Chanoti, S., & Tzia, C., Optimization of ultrasound-assisted extraction of oil from olive pomace using response surface technology: Oil recovery, unsaponifiable matter, total phenol content and antioxidant activity., *LWT - Food Science and Technology*, Vol.

- 79, 2017, pp. 178-189. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.029>
- Chen, W., Wang, W.-P., Zhang, H.-S., & Huang, Q., Optimization of ultrasonic-assisted extraction of water-soluble polysaccharides from *Boletus edulis* mycelia using response surface methodology., *Carbohydrate Polymers*, Vol. 87, No. 1, 2012, pp. 614-619. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.08.029>
- Coria-Téllez, A.V., Montalvo-González, E., Yahia, E.M., & Obledo-Vázquez, E.N., *Annona muricata*: A comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity., *Arabian Journal of Chemistry*, Vol. 11, No. 5, 2018, pp. 662-691. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.01.004>
- Cravotto, G., Boffa, L., Mantegna, S., Perego, P., Avogadro, M., & Cintas, P., Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves., *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 15, No. 5, 2008, pp. 898-902. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2007.10.009>
- Das, U.N., Arachidonic acid and other unsaturated fatty acids and some of their metabolites function as endogenous antimicrobial molecules: A review., *Journal of Advanced Research*, Vol. 11, 2018, pp. 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2018.01.001>
- Deng, Y., Wang, W., Zhao, S., Yang, X., Xu, W., Guo, M., Xu, E., Ding, T., Ye, X., & Liu, D., Ultrasound-assisted extraction of lipids as food components: Mechanism, solvent, feedstock, quality evaluation and coupled technologies – A review., *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 122, 2022, pp. 83-96. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.034>
- Dey, S., & Rathod, V.K., Ultrasound assisted extraction of β -carotene from *Spirulina platensis*., *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 20, No. 1, 2013, pp. 271-276. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.05.010>
- Durán, S., Torres, J., & Sanhueza, J., Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: Características y propiedades., *Nutrición Hospitalaria*, Vol. 32, No. 1, 2015, pp. 11-19. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.8874>
- Furlan, C.P.B., Valle, S.C., Östman, E., Maróstica, M.R., & Tovar, J., Inclusion of Hass avocado-oil improves postprandial metabolic responses to a hypercaloric-hyperlipidic meal in overweight subjects., *Journal of Functional Foods*, Vol. 38, 2017, pp. 349-354. <https://doi.org/10.1016/j.jfff.2017.09.019>
- González-Alejo, F.A., Barajas-Fernández, J., & García-Alamilla, P., Extracción de compuestos solubles de la cascarilla de cacao con CO₂ supercrítico. Caso de metilxantinas y grasa., *CienciaUAT*, Vol. 13, No. 2, 2019, pp. 128-140. <https://www.redalyc.org/journal/4419/441960176010/html/>
- Goula, A.M., Ververi, M., Adamopoulou, A., & Kaderides, K., Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils., *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 34, 2017, pp. 821-830. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.07.022>
- Jeevan, S.P., & Banerjee, R., Enhanced lipid extraction from oleaginous yeast biomass using ultrasound assisted extraction: A greener and scalable process., *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 52, 2019, pp. 25-32. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.08.003>

- Khan, M.K., Ahmad, K., Hassan, S., Imran, M., Ahmad, N., & ChangMou, X., Effect of novel technologies on polyphenols during food processing., *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Vol. 45, 2018, pp. 361-381. <https://www.cabdirect.org/globalhealth/abstract/20183077075>
- Kim, Y.H., Kim, K.S., Han, C.S., Yang, H.C., Park, S.H., Ko, K.I., Lee, S.H., Kim, K.H., Lee, N.H., Kim, J.M., & Son, K., Inhibitory effects of natural plants of Jeju Island on elastase and MMP-1 expression., *International Journal of Cosmetic Science*, Vol. 29, No. 6, 2007, pp. 487-488. https://doi.org/10.1111/j.1468-2494.2007.00391_3.x
- Kumar, P., Yadav, D., Kumar, P., Panesar, P.S., Bunkar, D.S., Mishra, D., & Chopra, H.K., Comparative study on conventional, ultrasonication and microwave assisted extraction of γ -oryzanol from rice bran., *Journal of Food Science and Technology*, Vol. 53, No. 4, 2016, pp. 2047-2053. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2175-2>
- Lammari, N., Louaer, O., Meniai, A.H., Fessi, H., & Elaissari, A., Plant oils: From chemical composition to encapsulated form use., *International Journal of Pharmaceutics*, Vol. 601, 2021, 120538. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120538>
- Leal, J., Hernández-Ríos, I., Méndez-Gallegos, S.D.J., Ramos, E., Nuñez, M., & Mosquera-Artamonov, J., Relación entre la composición química de la semilla y la calidad de aceite de doce accesiones de *Ricinus communis* L*., *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 8, No. 6, 2017, pp. 1343-1356. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.299>
- Liu, H.-M., Yao, Y.-G., Ma, Y.-X., & Wang, X.-D., Ultrasound-assisted desolventizing of fragrant oil from red pepper seed by subcritical propane extraction., *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 63, 2020, 104943. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104943>
- López-Mejía, O.A., López-Malo, A., & Palou, E., Capacidad antioxidante de subproductos de semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*)., *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Vol. 64, No. 1, 2014, pp. 50-58. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S000406222014000100007&script=sci_abstract
- López, V., Dueñas, A., Cuenca, G., & Rodríguez-Díaz, J., Caracterización fitoquímica, actividad antioxidante y antibacteriana del aceite esencial y extractos de *Tagetes patula* sobre *Staphylococcus aureus*., *Revista de la Facultad de Agronomía*, Vol. 37, No. 4, 2020, pp. 347-367. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v37.n4.02](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v37.n4.02)
- Macías-Cortés, E., Gallegos-Infante, J.A., Rocha-Guzmán, N.E., Moreno-Jiménez, M.R., Cervantes-Cardoza, V., Castillo-Herrera, G.A., & González-Laredo, R.F., Antioxidant and anti-inflammatory polyphenols in ultrasound-assisted extracts from salvilla (*Buddleja scordioides* Kunth)., *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 83, 2022, 105917. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105917>
- Mannekote, J.K., Kailas, S.V., Venkatesh, K., & Kathyayini, N., Environmentally friendly functional fluids from renewable and sustainable sources-A review., *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 81, 2018, pp. 1787-1801. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.274>
- Marrero, D., Murillo, R.V., González, V.L., & Gutiérrez, J., Composición de ácidos grasos del aceite de las semillas de *Moringa oleífera* que crece en La Habana, Cuba.,

- Revista Cubana de Plantas Medicinales, Vol. 19, No. 2, 2014, pp. 197-204.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1028-47962014000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Martínez-Padilla, L.P., Franke, L., Xu, X.-Q., & Juliano, P., Improved extraction of avocado oil by application of sono-physical processes., *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 40, 2018, pp. 720-726. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.08.008>
- Mathur, S., & Hoskins, C., Drug development: Lessons from nature (Review)., *Biomedical Reports*, Vol. 6, No. 6, 2017, pp. 612-614. <https://doi.org/10.3892/br.2017.909>
- Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Espinosa-Andrews, H., Sánchez-Contreras, A., & Pacheco, N., Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources., *Agronomy*, Vol. 7, No. 3, 2017, 47. <https://doi.org/10.3390/agronomy7030047>
- Melo, V., Ruiz, V.M., & Cuamatzi, O., Bioquímica de los procesos metabólicos., Capítulo VII, Lípidos: estructura y función biológica, Editorial Reverte, 2007, pp. 117-130. Disponible en: <https://books.google.com.gt/books?id=KHec9weY8Y0C>
- Miao, S., Wang, P., Su, Z., & Zhang, S., Vegetable-oil-based polymers as future polymeric biomaterials., *Acta Biomaterialia*, Vol. 10, No. 4, 2014, pp. 1692-1704. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.08.040>
- Moradi, N., Rahimi, M., Moeini, A., & Parsamoghadam, M.A., Impact of ultrasound on oil yield and content of functional food ingredients at the oil extraction from sunflower., *Separation Science and Technology*, Vol. 53, No. 2, 2018, pp. 261-276. <https://doi.org/10.1080/01496395.2017.1384016>
- Morales-Tovar, M.E., Ramos-Ramírez, E.G., & Salazar-Montoya, J.A., Modeling and optimization of the parameters affecting extraction of the chan seed mucilage (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit) by mechanical agitation (MA) and ultrasound-assisted extraction (UAE) in a multiple variables system., *Food and Bioproducts Processing*, Vol. 120, 2020, pp. 166-178. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.009>
- Mota, M.F.S., Waktola, H.D., Nolvachai, Y., & Marriott, P.J., Gas chromatography - mass spectrometry for characterization, assessment of quality and authentication of seed and vegetable oils., *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 138, 2021, 116238. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116238>
- Murillo, R.V., Canavaciolo, V.L.G., Leyes, E.A.R., Pérez, R.C.S., & Sánchez, Á.T.L., Contenido de ácidos grasos del aceite de los frutos completos, semillas y pulpas de la palma *Syagrus romanzoffiana*., *Revista CENIC Ciencias Químicas*, Vol. 50, No. 1, 2019, pp. 155-164. <https://www.redalyc.org/journal/1816/181662291011/>
- Olmo-García, L., Kessler, N., Neuweiger, H., Wendt, K., Olmo-Peinado, J.M., Fernández-Gutiérrez, A., Baessmann, C., & Carrasco-Pancorbo, A., Unravelling the distribution of secondary metabolites in *Olea europaea* L.: Exhaustive characterization of eight olive-tree derived matrices by complementary platforms (LC-ESI/APCI-MS and GC-APCI-MS)., *Molecules*, Vol. 23, No. 10, 2018, 2419. <https://doi.org/10.3390/molecules23102419>
- Panadare, D.C., & Rathod, V.K., Three phase partitioning for extraction of oil: A review. *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 68, 2017, pp. 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.004>

- Pantoja, A.L., Hurtado, A.M., & Martínez, H.A., Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO₂ supercrítico., Acta Agronómica, Vol. 66, No. 2, 2017, pp. 178-185. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n2.57786>
- Pardo-Castaño, C., Velásquez, M., & Bolaños, G., Simple models for supercritical extraction of natural matter., The Journal of Supercritical Fluids, Vol. 97, 2015, pp. 165-173. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.09.044>
- Perdomo, F.A., Acosta-Osorio, A.A., Herrera, G., Vasco-Leal, J.F., Mosquera-Artamonov, J.D., Millan-Malo, B., & Rodríguez-García, M.E., Physicochemical characterization of seven Mexican *Ricinus communis* L. seeds & amp; oil contents., Biomass and Bioenergy, Vol. 48, 2013, pp. 17-24. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133105358>
- Picó, Y., Ultrasound-assisted extraction for food and environmental samples., TrAC Trends in Analytical Chemistry, Vol. 43, 2013, pp. 84-99. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2012.12.005>
- Pimentel-Farias, A., Vieira-Teodoro, A., dos Passos, E.M., de Sena-Filho, J.G., dos Santos, M.C., Rabelo-Coelho, C., Viteri-Jumbo, L., Pimentel-Farias, A., Vieira-Teodoro, A., dos Passos, E.M., de Sena-Filho, J.G., dos Santos, M.C., Rabelo-Coelho, C., & Viteri-Jumbo, L., Bioactividad de aceites vegetales a *Orthezia praelonga* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Orthezidae) y selectividad a su predador *Ceraeochrysa caligata* (Neuroptera: Chrysopidae)., Revista de Protección Vegetal, Vol. 33, No. 3, 2018, e06. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1010-27522018000300006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Pons, G.A., Aceites vegetales, hacia una producción sostenible., El Hombre y la Máquina, No. 46, 2015, pp. 9-19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47843368002>
- Poodi, Y., Bimakr, M., Ganjloo, A., & Zarringhalami, S., Intensification of bioactive compounds extraction from Feijoa (*Feijoa sellowiana* Berg.) leaves using ultrasonic waves., Food and Bioproducts Processing, Vol. 108, 2018, pp. 37-50. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.12.004>
- Punia, S., Kumar, M., Siroha, A.K., & Purewal, S.S., Rice bran oil: Emerging trends in extraction, health benefit, and its industrial application., Rice Science, Vol. 28, No. 3, 2021, pp. 217-232. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2021.04.002>
- Quiroz, D.C., Leon, F.S., Castillo-Reyes, F., Morales-Martínez, T.K., Garza, J.A.R., & Rios-Gonzalez, L.J., Extracción de aceite de la semilla de *Ricinus communis* L. asistida por ultrasonido., Revista Bio Ciencias, Vol. 6, 2019, pp. 1-10. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e433>
- Ramón, C., & Gil-Garzón, M.A., Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: Una revisión. Tecnológicas, Vol. 24, No. 51, 2021, e1822. <https://doi.org/10.22430/22565337.1822>
- Rojas, T., Gómez, S., Gómez, S., Fuentes, M.E., Contreras-López, E., & Muñoz, A.M., Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de sanky (*Corryocactus brevistylus*)., Revista de la Sociedad Química del Perú, Vol. 85, No. 2,

- 2018, pp. 258-267. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.82>
- Robles-Botero, M.V., Ronquillo-de Jesús, E., Quiroz-Reyes, C.N., & Aguilar-Méndez, M.A., Caracterización e identificación de compuestos bioactivos con actividad antioxidante de la cáscara, pulpa y semilla del fruto de tejocote (*Crataegus mexicana*), TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, Vol. 23, 2020, pp. 1-10. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.233>
- Rosas-Mendoza, M.E., Coria-Hernández, J., Meléndez-Pérez, R., & Arjona-Román, J.L., Characteristics of Chia (*Salvia hispanica* L.) Seed oil extracted by ultrasound assistance., Journal of the Mexican Chemical Society, Vol. 61, No. 7, 2018, pp. 326-335. <https://doi.org/10.29356/jmcs.v61i4.463>
- Sankaranarayanan, R., Rajesh, H.N., Senthil, K.J., & Krolczyk, G.M., A comprehensive review on research developments of vegetable-oil based cutting fluids for sustainable machining challenges., Journal of Manufacturing Processes, Vol. 67, 2021, pp. 286-313. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.05.002>
- Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Yoga Latha, L., Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts., African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines, Vol. 8, No. 1, 2010, pp. 1-10. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3218439/>
- Seniha, F., Yağcı, Y., & Tuncer, A., Polymers from triglyceride oils., Progress in Polymer Science, Vol. 31, No. 7, 2006, pp. 633-670. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.07.001>
- Servili, M., Veneziani, G., Taticchi, A., Romaniello, R., Tamborrino, A., & Leone, A., Low-frequency, high-power ultrasound treatment at different pressures for olive paste: Effects on olive oil yield and quality., Ultrasonics Sonochemistry, Vol. 59, 2019, 104747. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104747>
- Silva, A.M., Pinto, D., Moreira, M.M., Costa, P.C., Delerue-Matos, C., & Rodrigues, F., Valorization of Kiwiberry leaves recovered by ultrasound-assisted extraction for skin application: A response surface methodology approach., Antioxidants, Vol. 11, No. 4, 2022, 763. <https://doi.org/10.3390/antiox11040763>
- Tan, C.X., Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. Journal of Functional Foods., Vol. 54, 2019, pp. 381-392. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.031>
- Thormar, H., Isaacs, C.E., Brown, H.R., Barshatzky, M.R., & Pessolano, T., Inactivation of enveloped viruses and killing of cells by fatty acids and monoglycerides., Antimicrobial Agents and Chemotherapy, Vol. 31, No. 1, 1987, pp. 27-31. <https://doi.org/10.1128/AAC.31.1.27>
- Tiwari, B.K., Ultrasound: A clean, green extraction technology., Trends in Analytical Chemistry, Vol. 71, 2015, pp.100-109. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.04.013>
- Wade, L.L., Química orgánica, Vol. II, Capítulo 25, Lípidos, 2016, pp. 578-580. Disponible en: <https://www.pearsoneducacion.net/espa%C3%B1a/TiendaOnline/qu%C3%ADmica-org%C3%A1nica-9e-vol-ii>
- Wang, W., Wu, X., Chantapakul, T., Wang, D., Zhang, S., Ma, X., Ding, T., Ye, X., & Liu, D., Acoustic cavitation assisted extraction of pectin from waste grapefruit peels: A green two-stage approach and its general mechanism., Food Research

- International, Vol. 102, 2017, pp. 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.087>.
- Wani, A.R., Yadav, K., Khursheed, A., & Rather, M.A., An updated and comprehensive review of the antiviral potential of essential oils and their chemical constituents with special focus on their mechanism of action against various influenza and coronaviruses., *Microbial Pathogenesis*, Vol. 152, 2021, 104620. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104620>
- Yahya, N.A., Attan, N., & Wahab, R.A., An overview of cosmeceutically relevant plant extracts and strategies for extraction of plant-based bioactive compounds., *Food and Bioproducts Processing*, Vol. 112, 2018, pp. 69-85. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.09.002>
- Yara-Varón, E., Li, Y., Balcells, M., Canela-Garayoa, R., Fabiano-Tixier, A.-S., & Chemat, F., Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of food and natural products., *Molecules*, Vol. 22, No. 9, 2017, 1474. <https://doi.org/10.3390/molecules22091474>
- Zamora-Zamora, T.I., Bello-Alarcón, A., & Villavicencio-Velásquez, M., Caracterización del aceite de semilla de la especie prosopis juliflora ecuatoriana., *Ciencia Unemi*, Vol. 12, No. 31, 2019, pp. 30-39. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss31.2019pp30-39p>
- Živković, J., Šavikin, K., Janković, T., Čujić, N., & Menković, N., Optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenolic compounds from pomegranate peel using response surface methodology., *Separation and Purification Technology*, Vol. 194, 2018, pp. 40-47. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.11.032>

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Ing. John Daniel Fajardo Contreras. Realizó la revisión bibliográfica y la escritura del artículo.
- M.Sc. Francisco Alfredo Sánchez Plaza. Participó con la experiencia histórica y la corrección del artículo.
- M.Sc. Juan Pablo Dueñas Rivadeneira. Colaboró con la experiencia histórica, aplicación a casos revisión bibliográfica y la corrección del artículo.
- Dr.C. Alex Alberto Dueñas Rivadeneira. Colaboró con la experiencia histórica, aplicación a casos, revisión bibliográfica y la corrección del artículo.