

© 2020 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 23: 1-17, 2020.

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.266>

Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): su origen, importancia y generalidades de sus metabolitos secundarios

*¹Emmanuel Flores-Villa, **Aidé Sáenz-Galindo, Adali Oliva Castañeda-Facio y Rosa Idalia Narro-Céspedes

¹*Estudiante de Posgrado en Ciencia y Tecnología Química. Cuerpo Académico de Ciencia y Tecnología de Polímeros. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Boulevard Venustiano Carranza e Ing. José Cárdenas Valdez, Saltillo, 25280, Coahuila, México. E-mails: *emmanuelflores@uadec.edu.mx, **aidesaenz@uadec.edu.mx

RESUMEN

El presente trabajo, es una revisión que muestra el impacto que tiene el uso de las plantas medicinales en la salud humana. Desde la antigüedad, por tradición, se extendió el uso mayoritario de algunas familias vegetales como la Lamiaceae que destaca por sus propiedades aromáticas y aplicación culinaria en numerosas culturas, así como en el tratamiento y prevención de una gran variedad de enfermedades y malestares. Dentro de las especies pertenecientes a esta familia se encuentra el romero (*Rosmarinus officinalis*), planta que ha ganado importancia en el campo de la investigación por sus diversos atributos biológicos como: antiinflamatorio, antimicrobiano, antioxidante y anticancerígeno, entre otros; resultados que debe a sus metabolitos secundarios como: el ácido carnósico, el carnosol, el ácido rosmárico y el alcanfor, entre otros más, aunado a un potencial efecto cuando es aplicado. También se mencionan algunas metodologías que buscan la extracción de los componentes biológicamente activos del romero.

Palabras clave: Lamiaceae, romero (*Rosmarinus officinalis* L.), metabolito secundario, actividad biológica y extracción.

Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): its origin, importance and generalities of its secondary metabolites

ABSTRACT

This paper is a review that shows the impact that the use of medicinal plants has on human health. Since antiquity by tradition the majority use of some plant families was extended as the Lamiaceae that stands out for its aromatic properties and culinary application in many cultures, as well as in the treatment and prevention of a wide variety of diseases and ailments. Among the species belonging to this family is rosemary (*Rosmarinus officinalis*) a plant that has gained importance in the field of research for its biological attributes such as: anti-inflammatory, antimicrobial, antioxidant and anticancer, among others; results due to its secondary metabolites such as: carnosic acid, carnosol, rosmaric acid and camphor, among others, with a potential effect when applied. Some methodologies that seek the extraction of biologically active components of rosemary are also mentioned.

Keywords: Lamiaceae, rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), secondary metabolite, biological activity and extraction.

INTRODUCCIÓN

La historia mundial menciona, que para las civilizaciones fue de importancia relevante el uso culinario que dieron a las plantas, así como en la composición de perfumes y medicinas, siendo esta última de uso terapéutico tradicional en todas las culturas (Goudjil *et al.*, 2020). Otros usos son para elaboración de cosméticos, nutracéuticos, agentes anti-edad y colorantes (Benelli & Oliveira, 2019).

Las plantas son ricas en antioxidantes, enzimas, glutatión, moléculas de naturaleza fenólica y vitaminas, que previenen tanto la auto-oxidación de los triglicéridos insaturados (Nieto, Ros & Castillo, 2018), como prueba de su efectividad contra el estrés oxidativo en los seres vivos (El-Hadary, Elsanhoty & Ramadan, 2019), que igual controlan y reducen el daño oxidativo en alimentos, causado por especies reactivas de oxígeno, incrementado así la vida de anaquel y calidad del producto (Altemimi, Lakhssassi, Baharlouei, Watson & Lightfoot, 2017).

Desde la antigüedad hasta el día de hoy las plantas que poseen aceites esenciales han sido usadas como una fuente de tratamientos profilácticos y medicinales (Shanaida & Golembiovskaya, 2018), debido a que contienen moléculas volátiles con actividad biológica, como la antioxidante, antimicrobiana, antiséptica, antiinflamatoria (Goudjil *et al.*, 2020), anticancerígena, analgésica y sedante (Fikry, Khalil & Salama, 2019).

Dentro de la composición de una gran cantidad de plantas, se encuentra la presencia de diversos metabolitos secundarios, que exhiben un amplio rango de actividades biológicas, hecho que ha influido en el actual incremento de las investigaciones enfocadas en determinar cuáles son los componentes principales que otorgan estas propiedades (Milevskaya, Prasad & Temerdashev, 2019), los metabolitos se encuentran principalmente en el aceite esencial y en los *extractos* de las plantas, que reportan actividades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes, así como hipolipemiantes (Fikry *et al.*, 2019). Cabe destacar que los metabolitos secundarios son el producto de las reacciones enzimáticas de las plantas, con funciones de atracción, defensa o señalización (Khaw, Parat, Shaw & Falconer, 2017).

La presencia de estas moléculas en las plantas varía, principalmente, según el área geográfica donde se encuentren y a sus condiciones de crecimiento (Fikry *et al.*, 2019; Zinicovscaia *et al.*, 2020). Otro factor que afecta la producción de estos metabolitos es el estrés generado por la sequía, las plantas reducen la biosíntesis de estas moléculas, cambiando la composición química de sus aceites esenciales y extractos, es decir de sus metabolitos secundarios en general (García *et al.*, 2019).

En el contexto de las plantas medicinales, se destaca la familia Lamiaceae, sexta de las plantas aromáticas, más abundante y una de las más extensas dentro de las dicotiledóneas (García *et al.*, 2019), posee una elevada popularidad por el potencial aromático de la mayoría de sus especies (Gürbüz *et al.*, 2019). Dentro de la familia Lamiaceae destaca la importancia del género *Rosmarinus*, que contiene las siguientes especies: *R. laxiflorus*, *R. eriocalyx*, *R. tomentosus*, *R. lavandulaceus* y *R. officinalis*, siendo esta última la más utilizada, gracias a que sus metabolitos secundarios se encuentran en casi todas las partes de la planta (hojas, tallos, flores y raíces) mostrando éstas una gran variedad de actividades biológicas benéficas (Ali, Chua & Chow, 2019).

Es por ello, que el objetivo principal de este artículo de revisión es enfatizar la importancia del romero *Rosmarinus officinalis* L. (*R. officinalis* L.) dentro de la familia Lamiaceae, su valor económico las propiedades biológicas y aplicaciones de sus metabolitos secundarios, así como las generalidades en torno a su extracción. La revisión de la literatura, se hizo consultando en las bases de datos de Nature, SciFinder, Scopus y SpringerLink, utilizando como palabras clave: “Lamiaceae”, “rosemary”, “*Rosmarinus officinalis*”, “techniques for extraction of natural products” y “green extraction technologies”.

FAMILIA LAMIACEAE

En el Orden de las Lamiales la familia Lamiaceae (también conocida como Labiatae) (Fidan *et al.*, 2019) es la más grande de todas, con alrededor de 236 géneros y de 6, 900 a 7, 200 especies (Karpiński, 2020; Fidan *et al.*, 2019) repartidas en todo el mundo, especialmente en la región del Mediterráneo y el suroeste de Asia (Zinicovscaia *et al.*, 2020). Los géneros con mayor cantidad de especies pertenecen a *Salvia* con 900, *Scutellaria* con 360, *Stachys* y *Plectranthus* con 300, *Hyptis* con 280, *Teucrium* y *Vitex* con 250, *Thymus* con 220 y *Nepeta* con 200 (Karpiński, 2020).

Algunos de los miembros de esta familia que poseen importancia económica como plantas culinarias son el tomillo, la albahaca, el romero, la menta, el orégano, la salvia, la hierbabuena (Gürbüz *et al.*, 2019), la lavanda, el hisopo, la mejorana y el toronjil (Sik, Kapesándi, Székelyhidi, Hanczné & Ajtony, 2019), que tienen un elevado contenido de moléculas aromáticas (Fidan *et al.*, 2019).

La Figura 1 muestra algunas de las plantas que forman parte de la familia Lamiaceae, un gran número de ellas con propiedades aromáticas (permitiendo su uso como especias) y relativa facilidad para ser cultivadas (Sik *et al.*, 2019; Risaliti *et al.*, 2019) presentan estructuras glandulares externas productoras de aceites volátiles, que las hace importantes y de gran valor para la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica (García *et al.*, 2019), así como en la agricultura,



Figura 1. Ejemplos de algunas plantas pertenecientes a la familia Lamiaceae. **NOTA:** Fotografías tomadas de internet cuyas direcciones son las siguientes: Romero: <https://bit.ly/312Z7MD>. Página “ASAJA-JAÉN” organización profesional agraria. Tomillo: <https://bit.ly/3fbHqja>. Página de la comunidad “FLICKR” por Rafael de Jesús. Menta: <https://bit.ly/2CTtWeR>. Página del blog “Comer con conciencia: Alimento” por Verónica Mollejo. Orégano: <https://bit.ly/2P6KwKH>. Página del blog de ciencia “Bajo el microscopio” por Miguel Verde. Salvia: <https://bit.ly/3jOLJ7o>. Página de venta de plantas y accesorios de jardín “Beechmount Garden Centre”. Lavanda: <https://bit.ly/2DkAzXr>. Página de venta de semillas “Entre Semillas”.

demonstrando sus propiedades insecticidas, en el control de plagas (Fotso *et al.*, 2019).

Una de las principales características de la familia, es la producción de aceite esencial en los géneros de la subfamilia Nepetoideae destacando *Rosmarinus*, *Mentha*, *Lavandula*, *Thymus* y *Origanum* (Bridi, de Loreto, Anders & Von Poser, 2020).

Las diversas especies de la familia Lamiaceae muestran un alto contenido de fenoles como los polifenoles, cumarinas, quinonas, diterpenoides, triterpenoides, iridoides, saponinas y en algunos casos alcaloides pirrolidínicos y piridínicos. (Lemjallad *et al.*, 2019). Una gran cantidad de estos componentes se relaciona con el elevado poder antioxidante que ostentan estas plantas (Brown, John & Shahidi, 2019).

Esta familia se considera como medicinal, por lo que su uso es muy activo en la fitoterapia (Milevskaya *et al.*, 2019).

La presencia de aceites esenciales con moléculas volátiles biológicamente activas en estas hierbas, ha permitido su aplicación en la aromaterapia (Romero, Ramasamy, Meng, Abdul & Agatonovic-Kustrin, 2019), además de ser usados en la medicina tradicional y moderna, como fuente de medicinas terapéuticas y profilácticas (Shanaida & Golembiovskaja, 2018), sus extractos y aceites esenciales presentan elevadas propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Goudjil *et al.*, 2020), siendo esta última aprovechada en la industria alimenticia contra microorganismos patógenos y causantes del deterioro en alimentos (Tančinová, Medo, Mašková, Foltinová & Árvay, 2019).

La importancia medicinal de la familia Lamiaceae se debe principalmente a la presencia de sustancias bioactivas en la mayoría de las especies, lo cual brinda beneficios en el tratamiento de enfermedades gástricas, respiratorias y nerviosas, así como en la prevención de la diabetes (Ruzzene, Sete, Botelho & Alberton, 2019). En la medicina tradicional

también han sido usadas como tratamiento para el asma, depresión, estrés, dolor de cabeza y Alzheimer (Sik *et al.*, 2019). Algunos estudios evidencian un posible efecto preventivo o terapéutico en enfermedades cardiovasculares, problemas de obesidad, desórdenes neurodegenerativos y cáncer (Sik, Hanczné, Kapcsándi & Ajtony, 2020).

En la medicina tradicional y moderna, las aplicaciones de las plantas de la familia Lamiaceae son muy variadas, debido a la presencia de diversos metabolitos, componentes principales de los aceites esenciales como los ácidos orgánicos, saponinas y taninos, entre otros, que poseen propiedades antifúngicas, antiinflamatorias, antimicrobianas, antioxidantes, antibacterianas (Zinicovscaia *et al.*, 2020), antialérgicas, astringentes, anticarcinogénicas (Sik *et al.*, 2019), hepatoprotectoras, antivirales, antitumorales (Shanida & Golembiowska, 2018), insecticidas y acaricidas (Lemjallad *et al.*, 2019).

ROMERO (*R. officinalis* L.)

Una de las plantas de mayor importancia económica dentro de la familia Lamiaceae es el romero *R. officinalis* (El-Desouky, Mahmoud, Riad & Taha, 2019), también conocido por los sinónimos de *Salvia rosmarinus* (nombre actualmente aceptado) y *Rosmarinus angustifolius* (Borges, Sánchez, Matias, Keita & Tavares, 2018), el nombre del romero deriva de las palabras del latín “ros” y “marinus” lo cual se interpreta como “rocío del mar” o “rocío marino” (Fidan *et al.*, 2019). En Europa y Estados Unidos de América es conocido como “rosemary” y en Brasil como “Alecrim” (Amaral *et al.*, 2017).

El romero es una planta de hojas fragantes, perennes y de color verde (Basheer, 2018), con flores azul blanquecinas (Ali *et al.*, 2019), nativa del Mediterráneo, del norte y sur de África, así como de Asia Occidental (Karadağ *et al.*, 2019), crece en muchos lugares del planeta (en suelos secos o moderadamente húmedos), alcanzando una altura de 1 a 2 metros. No tolera suelos anaeróbicos o muy mojados, pero sí los de salinidad media. Su período de floración es de mayo a junio y el de fructificación es de primavera a verano (Borges *et al.*, 2018).

Los principales usos del romero son en cosméticos, saborizantes de comida (Basheer, 2018; Borges *et al.*, 2018), mejoradores de la vida de anaquel en alimentos percederos (Fidan *et al.*, 2019; Said, Waheed & Khalifa, 2019), estimulantes del crecimiento del cabello, como aroma en la preparación de perfumes y fragancias (Endo *et al.*, 2018), como aditivo para shampoo, crema y jabón (Akhbari, Masoum, Aghababaei & Hamedí, 2018), en colorantes naturales de lociones y enjuagues bucales (Gomes *et al.*, 2020).

En la medicina tradicional se ha usado en el tratamiento del asma bronquial, la epilepsia, el dolor de cabeza, malestares gastrointestinales, cólicos biliares y renales (Said *et al.*,

2019), el control de alergias, pérdida del apetito, anomalías circulatorias, complemento en el tratamiento del dolor muscular, de articulaciones y en inflamaciones (Borges *et al.*, 2018), también como antiespasmódico, carminativo, diurético, antirreumático, antidepresivo, ansiolítico, potenciador de la fertilidad humana y la memoria (Karim, Khan, Abdelhalim, Abdel-Halim & Hanrahan, 2017), en el tratamiento de enfermedades inflamatorias y de la diabetes mellitus (Nieto *et al.*, 2018), potenciador de la cognición y de la circulación sanguínea (Sadeh *et al.*, 2019), expectorante, en el tratamiento de la dismenorrea, desórdenes respiratorios, dolor de garganta y de estómago (Karadağ *et al.*, 2019), en desórdenes de la piel (Ali *et al.*, 2019), el alivio de enfermedades cardiovasculares (Zhang *et al.*, 2019), el tratamiento de lesiones orales (Sumintarti, Fatimasari, Hajrah-Yusuf & Ruslin, 2018), como atenuante de cataratas, tratamiento de alergias cutáneas (de Oliveira, Camargo & de Oliveira, 2019), como tónico en el tratamiento de las flatulencias y tensión nerviosa (Abbaszadeh, Layeghhaghighi, Azimi & Hadi, 2020) y control de la caspa (Trupti & Gadekar, 2018).

Las aplicaciones del romero se dan principalmente en las industrias: alimenticia, fragancias (Fidan *et al.*, 2019), producción orgánica de peces y caviar (Ebrahimi, Haghjou, Nematollahi & Goudarzian, 2020; Zoral *et al.*, 2018), cosmética (Sadeh *et al.*, 2019), farmacéutica (Benelli & Oliveira, 2019), avícola (Abo, Elsadek, Taha, Abd & El-Sabrou, 2020) y pieles como el cuero (Gomes *et al.*, 2020).

Su aceite esencial y extractos son antimicrobianos con propiedades antioxidantes (Basheer, 2018), anti-nefrotóxicos, antiinflamatorios, antitumorales, anti-hepatotóxicos (El-Desouky *et al.*, 2019), antihelmínticos (Zoral *et al.*, 2018), anticancerígenos (Karim *et al.*, 2017), antifúngicos (Ebrahimi *et al.*, 2020), insecticidas, antidiabéticos, antimutagénicos, anti-toxigénicos (Nieto *et al.*, 2018), citotóxicos, analgésicos, herbicidas, hipoglucémicos, hipolipemiantes (Karadağ *et al.*, 2019), antiartríticos (Beltrán *et al.*, 2017), antidepresivos, antiobesidad, neuroprotectores (Hamidpour, Hamidpour & Elias, 2017), antihiper glucémicos, antihiperlipidémicos (Ali *et al.*, 2019), antidiarreicos (Selmi, Rtibi, Grami, Sebai & Marzouki, 2017) e inhibidores de la germinación de semillas (Sadeh *et al.*, 2019), efecto inhibitorio contra el VIH (Barbieri *et al.*, 2019), vasorrelajantes (Zhang *et al.*, 2019), antivirales (Sumintarti *et al.*, 2018), antitrombóticos (Elyemni *et al.*, 2019), hipouricémicos, proapoptóticos (de Oliveira *et al.*, 2019), anti-infecciosos, espasmolíticos (Gomes *et al.*, 2020), entre otros más.

Una gran cantidad de investigaciones se centran hoy en día, en el estudio del romero, destacando aquellas que han demostrado los efectos farmacológicos de sus moléculas fenólicas contra procesos inflamatorios, cardiopatías isquémicas, aterosclerosis, úlceras gástricas, deficiencias

respiratorias y algunos tipos de cáncer (Amaral *et al.*, 2017). Se ha encontrado también que mejora la producción del factor de crecimiento nervioso (Karim *et al.*, 2017).

El potencial antioxidante de los extractos de romero ha permitido su uso de forma regular en el control de la oxidación de lípidos presentes en alimentos (Brown *et al.*, 2019), al interrumpir las reacciones en cadena de los radicales libres (Huang *et al.*, 2020), lo que permite su aplicación como preservativo natural en alimentos cocinados (El-Desouky *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2020).

METABOLITOS SECUNDARIOS DEL ROMERO (*R. officinalis* L.)

Los componentes que confieren las propiedades farmacológicas del romero pueden agruparse en las categorías de flavonoides, terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos) y derivados hidroxicinámicos (Ali *et al.*, 2019).

En el romero se encuentran dos principales constituyentes activos: los flavonoides (como la diosmetina, diosmina, hispidulina, apigenina, luteolina y sinensetina, entre otros) y di y triterpenoides (como la rosmariquinona, el ácido carnósico, ácido ursólico, ácido oleanólico y la picrosalvina, entre otros). Sus moléculas fenólicas pueden atrapar los radicales libres e incrementar de forma indirecta la producción de antioxidantes celulares endógenos (El-Desouky *et al.*, 2019). La actividad antimicrobiana de los extractos y aceite esencial del romero es atribuida principalmente al α -pineno, el acetato de bornilo, el alcanfor y el 1,8-cineol (Ebrahimi *et al.*, 2020).

El romero posee alrededor de un 0.5-2.5% de aceite esencial, conformado en su mayor parte por 1,8-cineol (15-50%), alcanfor (15-25%), α -pineno (10-25%), canfeno (5.2-8.6%) y borneol (3.2-7.7%) (Sumintarti *et al.*, 2018). El aceite esencial de mayor calidad es obtenido de sus hojas, donde se encuentra la mayoría de las tricomas glandulares que lo secretan (Elyemni *et al.*, 2019).

El ácido rosmárico es uno de los componentes fenólicos más comunes en las plantas pertenecientes a la familia Lamiaceae (Sik *et al.*, 2020), cuyas propiedades y actividad biológica se deben especialmente a la presencia de este metabolito (Sik *et al.*, 2019).

Se ha reportado que en los extractos de romero alrededor del 24% de las moléculas volátiles que contiene pertenecen a los terpenos (como la verbenona), acetato de bornilo, alcanfor y α/β cariofileno (Sadeh *et al.*, 2019), se ha identificado una composición mayor de α -pineno, borneol y 1,8-cineol (Karadağ *et al.*, 2019). Contiene rosmanol, isorosmanol, rosmadial y metil carnosato moléculas con propiedad antioxidante (Quintana, Villanueva, Reglero, García & Fornari,

2019). También se ha aislado la salvigenina y la cirsimaritina (Karim *et al.*, 2017), así como alcoholes triterpénicos, ácido oleanólico, rosmarquinonas (Beltrán *et al.*, 2017). Otros metabolitos de importancia encontrados son también el ácido ursólico y betulínico (Benelli & Oliveira, 2019). La Figura 2 muestra las estructuras de algunos metabolitos secundarios presentes en el romero.

El poder preservativo y terapéutico del romero reside en su aceite esencial y extractos, cuya composición química varía dependiendo de las condiciones ecológicas en las que se desarrollan y sin embargo, todos ellos contienen componentes de actividad biológica, como las moléculas fenólicas (ácido carnosínico, carnosol y ácido rosmárico), responsables de la fuerte actividad antioxidante, aprovechada en la preservación de alimentos y en la terapéutica de mecanismos anticáncer y antidiabetes, convirtiendo al romero en una planta de gran interés en las industrias médica y de alimentos (Hamidpour *et al.*, 2017). En la Tabla I se resume a los principales metabolitos secundarios encontrados en el romero así como algunas de sus propiedades biológicas y aplicaciones.

EXTRACCIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS DEL ROMERO (*R. officinalis* L.)

Los materiales herbales contienen importantes componentes bioactivos, cuyo aislamiento y purificación se da mediante la extracción como un primer paso de recuperación, descrito como un fenómeno de transporte donde los componentes de interés en la matriz son transferidos a un disolvente adecuado a lo que se busca obtener (Moreira, Alexandre, Pintado & Saraiva, 2019).

Existen numerosas metodologías para la extracción de las moléculas de actividad biológica de las plantas, que se dividen en dos grupos: *técnicas convencionales* y *técnicas no convencionales* (Sik *et al.*, 2020; Debebe, Shimelis, Asfaw & Jong, 2019).

En las técnicas convencionales se encuentran las de extracción por reflujo, percolación y maceración, que utilizan disolventes orgánicos en elevadas cantidades, así como largos tiempos de extracción (Zhang, Lin & Ye, 2018). También se encuentran el prensado mecánico y la trituración, con inconvenientes como baja eficiencia y severas condiciones de extracción, pobre selectividad y el uso de disolventes orgánicos volátiles (Ventura *et al.*, 2017). Los disolventes utilizados en estas extracciones son un factor importante porque pueden afectar la eficiencia de la extracción de los componentes bioactivos y sus posteriores beneficios en la salud (Ngo, Scarlett, Bowyer, Ngo & Voung, 2017), además de considerar que en la aplicación de las metodologías el uso de disolventes orgánicos es necesario, evitando el uso de aquellos que son tóxicos por los residuos que quedan en el producto final (Pantoja, Hurtado & Martínez, 2017).

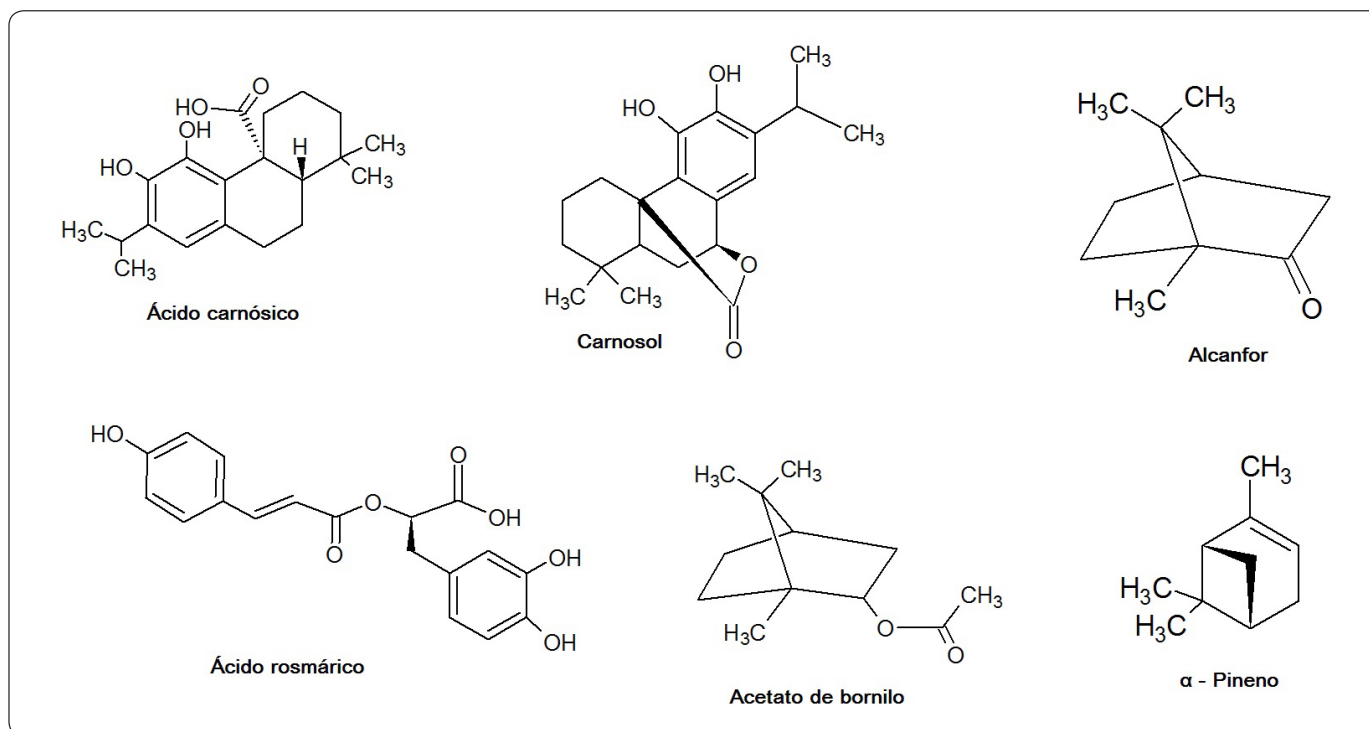


Figura 2. Estructuras de algunos metabolitos secundarios presentes en el romero (*Rosmarinus officinalis* L.). NOTA: Estructuras elaboradas con el software ACD/ChemSketch (Freeware), por Emmanuel Flores Villa. Versión 11.02 (Build 25941, 21 may 2008).

Las técnicas no convencionales buscan superar las limitaciones de las extracciones convencionales con rendimientos de extracción más altos y ahorro de energía (Putnik *et al.*, 2017). Entre las metodologías de esta categoría encontramos las extracciones asistidas por microondas, enzimas, con fluidos supercríticos (Sik *et al.*, 2020), ultrasonido (Debebe *et al.*, 2019), con líquidos iónicos (Ventura *et al.*, 2017), por campos eléctricos pulsantes, tratamientos hidrotérmicos a altas temperaturas e hidrólisis alcalina (Jesus *et al.*, 2019), entre otras.

En la Tabla II se muestra un comparativo de las tecnologías convencionales y las no convencionales más utilizadas para la extracción de los componentes bioactivos de las plantas.

Los extractos del romero que actualmente están en el mercado, se obtienen por secado y molido de sus hojas, seguido de una extracción usando disolventes como la acetona, el etanol, el metanol, el hexano y agua, o mezclas de ellos. El producto resultante puede ser filtrado, para remover los residuos sólidos, seguido de una evaporación de disolventes al vacío, secado por pulverización y tamizado para obtener un fino polvo. Un paso más, incluye una desodorización y/o decoloración usando excipientes grado alimenticio (Senanayake, 2018), como el almidón, empleado en la industria farmacéutica (Sullbarán, Matiz & Baena, 2018).

En el laboratorio, la técnica más utilizada para la extracción de metabolitos secundarios del romero es la maceración. La obtención de extractos acuosos del romero mediante la maceración de sus hojas con agua destilada, requiere un adecuado control de la temperatura con el fin de evitar el crecimiento de microorganismos (Zoral *et al.*, 2018). Se opta por usar una solución hidroalcohólica como agente extractor en las hojas del romero (Endo *et al.*, 2018). También se trabaja con sus flores como materia prima (Karadağ *et al.*, 2019). El prensado en frío es una técnica usada en la obtención del aceite esencial de hojas de romero (El-Hadary *et al.*, 2019). Las técnicas de extracción convencionales, asistidas con tecnologías como el ultrasonido, microondas, extracción con líquido presurizado o usando CO₂ supercrítico son algunas formas de mejorar la extracción de los metabolitos secundarios del romero (Quintana *et al.*, 2019).

La obtención del extracto de romero asistido por fluidos supercríticos, se lleva a cabo usando sus hojas secas, utilizando CO₂ supercrítico como disolvente extractor (Senanayake, 2018).

El uso del ultrasonido para las extracciones de los componentes de interés del romero, incrementa la eficiencia en la obtención de los compuestos bioactivos (Hosseinie, Bolourian, Yaghoubi & Ghanuni, 2018).

Tabla I. Metabolitos secundarios presentes en el romero (*R. officinalis* L.).

Metabolitos presentes en el romero			
Metabolitos	Actividad biológica	Usos/aplicaciones	Referencias
Ácido carnósico.	Antioxidante, antimicrobiana, hepatoprotectora, hipoglucémica, hipolipemiente, anticáncer, vasorrelajante, antiinflamatoria y antitumoral.	Control de la oxidación en los alimentos, conservador de alimentos preparados y como tónico en el alivio de la circulación.	(El-Desouky <i>et al.</i> , 2019) (Brown <i>et al.</i> , 2019) (Huang <i>et al.</i> , 2020) (Hamidpour <i>et al.</i> , 2017) (Basheer, 2018) (Said <i>et al.</i> , 2019) (Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (Quintana <i>et al.</i> , 2019) (Beltrán <i>et al.</i> , 2017) (Benelli & Oliveira, 2019) (Zhang <i>et al.</i> , 2019) (de Oliveira <i>et al.</i> , 2019).
Carnosol.	Antioxidante, antimicrobiana, hepatoprotectora, hipoglucémica, hipolipemiente, anticáncer, vasorrelajante, antiproliferativa, antifúngica, antiinflamatoria y antidiabética.	Control de la oxidación en los alimentos, conservador de alimentos preparados, como tónico en la mejora de la circulación y como aditivo en el tratamiento de la caspa.	(El-Desouky <i>et al.</i> , 2019) (Brown <i>et al.</i> , 2019) (Huang <i>et al.</i> , 2020) (Hamidpour <i>et al.</i> , 2017) (Basheer, 2018) (Said <i>et al.</i> , 2019) (Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (Quintana <i>et al.</i> , 2019) (Beltrán <i>et al.</i> , 2017) (Benelli & Oliveira, 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Zhang <i>et al.</i> , 2019) (de Oliveira <i>et al.</i> , 2019).
Ácido rosmárico.	Antioxidante, antimicrobiana, hepatoprotectora, hipoglucémica, hipolipemiente, anticáncer, neuroprotectora, antiproliferativa y antiviral.	Control de la oxidación en los alimentos y conservador de alimentos preparados.	(Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Brown <i>et al.</i> , 2019) (Huang <i>et al.</i> , 2020) (Hamidpour <i>et al.</i> , 2017) (Basheer, 2018) (Karim <i>et al.</i> , 2017) (Said <i>et al.</i> , 2019) (Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (Quintana <i>et al.</i> , 2019) (Beltrán <i>et al.</i> , 2017) (Benelli & Oliveira, 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019).
Rosmaridifenol.	Antioxidante.	Control de la oxidación en los alimentos.	(Huang <i>et al.</i> , 2020).
Ácido ursólico.	Antioxidante, citotóxica, anticancerígena, hipouricémico y proapoptótica.	Control de la oxidación en los alimentos y como tónico en el control del ácido úrico.	(Huang <i>et al.</i> , 2020) (Benelli & Oliveira, 2019) (El-Desouky <i>et al.</i> , 2019) (Basheer, 2018) (Beltrán <i>et al.</i> , 2017) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (de Oliveira <i>et al.</i> , 2019).
α -pineno.	Antimicrobiana, antiinflamatoria, antioxidante, antifúngica, antibacteriana, antiparasitaria, insecticida, hepatoprotectora, hipoglucémica, hipolipemiente y anticáncer.	Promotor del crecimiento e inmunoestimulante en peces, control de plagas en la agricultura y como conservador de alimentos preparados.	(Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (Borges <i>et al.</i> , 2018) (Karim <i>et al.</i> , 2017) (Endo <i>et al.</i> , 2018) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Selmi <i>et al.</i> , 2017) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Sumintarti <i>et al.</i> , 2018) (Elbahnasawy, Valeeva, El-Sayed & Rakhimov, 2019) (Akhbari <i>et al.</i> , 2018).
β -pineno.	Antiparasitaria e insecticida.	Tratamiento de enfermedades parasitarias en peces, promotor del crecimiento e inmunoestimulante en peces y en el control de plagas en la agricultura.	(Borges <i>et al.</i> , 2018) (Zoral <i>et al.</i> , 2018) (Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Selmi <i>et al.</i> , 2017) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Ferreira <i>et al.</i> , 2020).
Acetato de bornilo.	Antimicrobiana, insecticida, antioxidante, hepatoprotectora, hipoglucémica, hipolipemiente, anticáncer y antifúngico.	Promotor del crecimiento e inmunoestimulante en peces, control de plagas en la agricultura, así como en el control y tratamiento de la caspa.	(Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Selmi <i>et al.</i> , 2017) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019) (Trupti & Gaddekar, 2018).

Tabla I. Metabolitos secundarios presentes en el romero (*R. officinalis* L.) (continuación).

Metabolitos presentes en el romero			
Metabolitos	Actividad biológica	Usos/aplicaciones	Referencias
Alcanfor.	Antimicrobiana, antiinflamatoria, antioxidante, insecticida, antimutagénica, hepatoprotectora, hipoglucémica, hipolipemiante, anticáncer, antifúngica, antiproliferativa y inmunomoduladora.	Promotor del crecimiento e inmunoestimulante en peces, control de plagas en la agricultura y como conservador de alimentos preparados.	(Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Borges <i>et al.</i> , 2018) (Endo <i>et al.</i> , 2018) (Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Sadeh, <i>et al.</i> , 2019) (Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (Benelli & Oliveira, 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Selmi <i>et al.</i> , 2017) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Ferreira <i>et al.</i> , 2020) (Sumintarti <i>et al.</i> , 2018) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019) (Akhbari <i>et al.</i> , 2018) (de Oliveira <i>et al.</i> , 2019).
1,8-cineol.	Antimicrobiana, antiinflamatoria, antidepressiva, antioxidante, relajante muscular, hepatoprotectora, hipoglucémica, hipolipemiante, anticáncer, antiinflamatoria, antiviral, antinociceptiva, insecticida y antifúngico.	Tratamiento de enfermedades parasitarias en peces, promotor del crecimiento e inmunoestimulante en peces, fumigante natural contra plagas, así como en el control y tratamiento de la caspa.	(Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Borges <i>et al.</i> , 2018) (Karim <i>et al.</i> , 2017) (Endo <i>et al.</i> , 2018) (Zoral <i>et al.</i> , 2018) (Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Selmi <i>et al.</i> , 2017) (Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Ferreira <i>et al.</i> , 2020) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019) (Akhbari <i>et al.</i> , 2018) (de Oliveira <i>et al.</i> , 2019) (Ahsaei <i>et al.</i> , 2019) (Trupti & Gaddekar, 2018).
α -cariofileno.	Insecticida y antifúngico.	Control de plagas en la agricultura así como en el control y tratamiento de la caspa.	(Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Selmi <i>et al.</i> , 2017) (Trupti & Gaddekar, 2018).
β -cariofileno.	Insecticida y antifúngico.	Control de plagas en la agricultura, así como en el control y tratamiento de la caspa	(Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Borges <i>et al.</i> , 2018) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Selmi <i>et al.</i> , 2017) (Ferreira <i>et al.</i> , 2020) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019) (Trupti & Gaddekar, 2018).
Verbenona.	Insecticida y antioxidante.	Promotor del crecimiento e inmunoestimulante en peces y control de plagas en la agricultura.	(Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Borges <i>et al.</i> , 2018) (Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019) (Akhbari <i>et al.</i> , 2018).
Borneol.	Antifúngica y antioxidante.	Promotor del crecimiento e inmunoestimulante en peces, control de plagas en la agricultura, así como en el control y tratamiento de la caspa.	(Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (Borges <i>et al.</i> , 2018) (Karim <i>et al.</i> , 2017) (Endo <i>et al.</i> , 2018) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Selmi <i>et al.</i> , 2017) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Ferreira <i>et al.</i> , 2020) (Sumintarti <i>et al.</i> , 2018) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019).
Rosmanol.	Antinociceptivo, ansiolítico, antidepressivo y anticancerígeno.	Como tónico en el tratamiento de la depresión y como analgésico para aliviar el dolor de cabeza.	(Quintana <i>et al.</i> , 2019) (Karim <i>et al.</i> , 2017) (Said <i>et al.</i> , 2019) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Beltrán <i>et al.</i> , 2017) (Ali <i>et al.</i> , 2019).
Isorosmanol.	Antioxidante.	Conservador de alimentos preparados.	(Quintana <i>et al.</i> , 2019) (Nieto <i>et al.</i> , 2018).
Rosmadiol.	Antioxidante.	Conservador de alimentos preparados.	(Quintana <i>et al.</i> , 2019) (Beltrán <i>et al.</i> , 2017).
Metil carnosato.	Antioxidante	Conservador de alimentos preparados.	(Quintana <i>et al.</i> , 2019) (Nieto <i>et al.</i> , 2018).

Tabla I. Metabolitos secundarios presentes en el romero (*R. officinalis* L.) (continuación).

Metabolitos presentes en el romero			
Metabolitos	Actividad biológica	Usos/aplicaciones	Referencias
Salvigenina.	Antinociceptiva, ansiolítica y antidepresiva.	Como tónico en el tratamiento de la depresión y como analgésico para aliviar el dolor de cabeza, garganta y estómago.	(Karim <i>et al.</i> , 2017).
Cirsimaritina.	Antinociceptiva, ansiolítica y antidepresiva.	Como tónico en el tratamiento de la depresión y como analgésico para aliviar el dolor de cabeza, garganta y estómago.	(Karim <i>et al.</i> , 2017).
Ácido oleanólico.	Antiviral, antitumoral, antioxidante y antiproliferativa.	Conservador de alimentos preparados y suplemento nutricional.	(Beltrán <i>et al.</i> , 2017) (El-Desouky <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (de Oliveira <i>et al.</i> , 2019).
Rosmaquinona.	Antioxidante y antiinflamatoria.	Conservador de alimentos preparados.	(Beltrán <i>et al.</i> , 2017) (El-Desouky <i>et al.</i> , 2019).
Ácido betulínico.	Antioxidante.	Conservador de alimentos preparados.	(Benelli & Oliveira, 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019).
Limoneno.	Anticancerígena y hepatoprotectora.	Como tónico coadyuvante en tratamientos del cáncer.	(Borges <i>et al.</i> , 2018) (Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019) (Elyemni <i>et al.</i> , 2019).
Mirceno.	Analgésica, antibacteriana y antioxidante.	Promotor del crecimiento e inmunoestimulante en peces.	(Borges <i>et al.</i> , 2018) (Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Ferreira <i>et al.</i> , 2020) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019) (Abbaszadeh <i>et al.</i> , 2020).
Canfeno.	Antifúngica.	Promotor del crecimiento e inmunoestimulante en peces, así como en el control y tratamiento de la caspa.	(Borges <i>et al.</i> , 2018) (Karim <i>et al.</i> , 2017) (Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Selmi <i>et al.</i> , 2017) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Ferreira <i>et al.</i> , 2020) (Sumintarti <i>et al.</i> , 2018) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019) (Gomes <i>et al.</i> , 2020) (Ahsaei <i>et al.</i> , 2019) (Trupti & Gadekar, 2018).
Ácido cafeico.	Antibacteriana, antioxidante y antitumoral.	Control de la oxidación en alimentos y conservador de alimentos preparados.	(Basheer, 2018) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Beltrán <i>et al.</i> , 2017) (Benelli & Oliveira, 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Sumintarti <i>et al.</i> , 2018) (de Oliveira <i>et al.</i> , 2019) (Gomes <i>et al.</i> , 2020).
α -terpineol.	Analgésica y antioxidante.	Como tónico en el alivio del dolor de cabeza, garganta y estómago.	(Borges <i>et al.</i> , 2018) (Karim <i>et al.</i> , 2017) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Ferreira <i>et al.</i> , 2020) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019) (Elyemni <i>et al.</i> , 2019).
Terpinoleno.	Antifúngica y antibacteriana.	Aditivo aromático en jabones y como tratamiento en el control de la caspa.	(Borges <i>et al.</i> , 2018) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019).
Galocatequina.	Antioxidante.	Control de la oxidación en alimentos y conservador de alimentos preparados.	(Karim <i>et al.</i> , 2017).

Tabla I. Metabolitos secundarios presentes en el romero (*R. officinalis* L.) (continuación).

Metabolitos presentes en el romero			
Metabolitos	Actividad biológica	Usos/aplicaciones	Referencias
<i>P</i> -cimeno.	Antioxidante.	Promotor del crecimiento e inmunoestimulante en peces.	(Ebrahimi <i>et al.</i> , 2020) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Sadeh <i>et al.</i> , 2019) (Elyemni <i>et al.</i> , 2019) (Abbaszadeh <i>et al.</i> , 2020).
Diosmina.	Antiinflamatoria.	Ayuda en el alivio de la circulación periférica.	(Nieto <i>et al.</i> , 2018) (El-Desouky <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Sumintarti <i>et al.</i> , 2018).
Hispidulina.	Antioxidantes y antiinflamatorias.	Conservador de alimentos preparados.	(Nieto <i>et al.</i> , 2018) (El-Desouky <i>et al.</i> , 2019).
Luteolina.	Antiinflamatoria, antimicrobiana y antiproliferativa.	Conservador de alimentos preparados.	(Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (El-Desouky <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Sumintarti <i>et al.</i> , 2018).
Quercetina.	Antioxidante.	Control de la oxidación en alimentos y conservador de alimentos preparados.	(Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (El-Desouky <i>et al.</i> , 2019).
Apigenina.	Antioxidante y antibacteriana.	Control de la oxidación en alimentos y conservador de alimentos preparados.	(Karadağ <i>et al.</i> , 2019) (El-Desouky <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019) (Sumintarti <i>et al.</i> , 2018).
Ácido clorogénico.	Antioxidante, nefroprotectora y anti infecciosa.	Conservador de alimentos preparados.	(Ali <i>et al.</i> , 2019) (de Oliveira <i>et al.</i> , 2019) (Gomes <i>et al.</i> , 2020).
Ácido <i>p</i> -cumárico.	Antibacteriana.	Conservador de alimentos preparados.	(Ali <i>et al.</i> , 2019) (Gomes <i>et al.</i> , 2020).
α -terpineno.	Antioxidante y antibacteriana.	Control de la oxidación en alimentos y conservador de alimentos preparados.	(Ali <i>et al.</i> , 2019) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Ferreira <i>et al.</i> , 2020).
Geraniol.	Insecticida.	Fumigante natural en el control de plagas.	(Ali <i>et al.</i> , 2019).
Timol.	Insecticida.	Fumigante natural en el control de plagas.	(Ali <i>et al.</i> , 2019) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Ahsaei <i>et al.</i> , 2019).
Sabineno.	Antifúngica e insecticida.	Fumigante natural en el control de plagas.	(Ali <i>et al.</i> , 2019) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018).
α -felandreno.	Antifúngica e insecticida.	Fumigante natural en el control de plagas.	(Ali <i>et al.</i> , 2019) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Ferreira <i>et al.</i> , 2020) (Elbahnasawy <i>et al.</i> , 2019).
Eugenol.	Acaricida, antifúngica, antiproliferativa, antiinflamatoria y antioxidante.	Conservador de alimentos preparados en el tratamiento y control de la caspa.	(Ali <i>et al.</i> , 2019) (de Oliveira <i>et al.</i> , 2019).
Carvacrol.	Insecticida.	Fumigante natural en el control de plagas.	(Ali <i>et al.</i> , 2019) (Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Ahsaei <i>et al.</i> , 2019).
δ -3-careno.	Insecticida.	Fumigante natural en el control de plagas.	(Kowalski <i>et al.</i> , 2018) (Ahsaei <i>et al.</i> , 2019).

Tabla II. Características de las técnicas de extracción convencional y no convencional.

	Técnica	Principio	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones	Referencias
C o n v e n c i o n a l	Prensado mecánico.	Dstrucción mecánica de estructuras vegetales que libera componentes de interés.	No requiere calor o uso de disolventes.	Técnica no selectiva y uso de equipo que aplique para altas presiones.	Extracción de aceite esencial y jugo.	(Ventura <i>et al.</i> , 2017) (El-Hadary <i>et al.</i> , 2019) (Sik <i>et al.</i> , 2020) (Debebe <i>et al.</i> , 2019) (Zhang <i>et al.</i> , 2018).
	Maceración.	Fenómeno de transporte donde los componentes de la matriz de interés son transferidos al disolvente utilizado.	Uso de disolventes de bajo costo, no requiere equipo especializado ni tratamiento previo de la muestra y permite la obtención de componentes termolábiles.	Uso de disolventes orgánicos tóxicos, elevado tiempo de extracción y no es selectiva.	Obtención de extractos de plantas con actividad biológica.	(Pantoja <i>et al.</i> , 2017) (Putnik <i>et al.</i> , 2017) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Zoral <i>et al.</i> , 2018) (Senanayake, 2018) (Campo, Gélvez & Ayala, 2018) (Sik <i>et al.</i> , 2020) (Debebe <i>et al.</i> , 2019) (Ngo <i>et al.</i> , 2017) (Zhang <i>et al.</i> , 2018) (Moreira <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019).
	Extracción por reflujo.	Migración de componentes de interés a un disolvente sometido a calentamiento y a volumen constante mediante el reflujo.	Uso de disolventes de bajo costo y no requiere equipo especializado ni tratamiento previo de la muestra.	Uso de elevadas cantidades de disolventes orgánicos tóxicos, elevado tiempo de extracción, no selectiva y daña componentes termolábiles.	Obtención de extractos de plantas con actividad biológica.	(Zhang <i>et al.</i> , 2018) (Pantoja <i>et al.</i> , 2017) (Putnik <i>et al.</i> , 2017) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Zoral <i>et al.</i> , 2018) (Senanayake, 2018) (Campo <i>et al.</i> , 2018) (Ngo <i>et al.</i> , 2017) (Sik <i>et al.</i> , 2020) (Debebe <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019).
	Percolación.	Se basa en el principio de la maceración, con la diferencia de mantener un flujo continuo de disolvente nuevo, evitando su saturación.	Uso de disolventes de bajo costo, no requiere equipo especializado o tratamiento previo de la muestra.	Uso de elevadas cantidades de disolventes orgánicos tóxicos, elevado tiempo de extracción y no es selectiva.	Obtención de extractos de plantas con actividad biológica.	(Zhang <i>et al.</i> , 2018) (Pantoja <i>et al.</i> , 2017) (Putnik <i>et al.</i> , 2017) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Zoral <i>et al.</i> , 2018) (Senanayake, 2018) (Campo <i>et al.</i> , 2018) (Sik <i>et al.</i> , 2020) (Debebe <i>et al.</i> , 2019).
	Trituración.	Dstrucción mecánica y reducción del tamaño del material vegetal con el fin de obtener fluidos de interés contenidos en la muestra.	No requiere el uso de disolventes o equipo especializado ni tratamiento previo de la muestra.	Baja eficiencia de extracción, pobre selectividad y severas condiciones de extracción.	Extracción de aceite esencial y jugo.	(Ventura <i>et al.</i> , 2017) (Zhang <i>et al.</i> , 2018) (Pantoja <i>et al.</i> , 2017) (Putnik <i>et al.</i> , 2017) (Nieto <i>et al.</i> , 2018) (Zoral <i>et al.</i> , 2018) (Senanayake, 2018) (Campo <i>et al.</i> , 2018) (Ngo <i>et al.</i> , 2017) (Sik <i>et al.</i> , 2020) (Debebe <i>et al.</i> , 2019).

Tabla II. Características de las técnicas de extracción convencional y no convencional (*continuación*).

N o c o n v e n c i o n a l	Extracción asistida con fluidos supercríticos.	Uso de disolventes a presiones y temperaturas por encima de su punto crítico.	Rápida, uso reducido o nulo de disolventes orgánicos, conserva componentes térmicamente lábiles, selectiva, recuperación y recirculación del disolvente.	Elevados costos de operación y conocimientos técnicos de las propiedades de los fluidos supercríticos.	Obtención de extractos polares y no polares de las plantas (pueden ser sólidos o líquidos) así como componentes de interés de flores comestibles.	(Quintana <i>et al.</i> , 2019) (Palacio, Arroyave, Cardona, Hurtado & Martínez, 2018) (Khaw <i>et al.</i> , 2017) (Senanayake, 2018) (Sik <i>et al.</i> , 2020) (Debebe <i>et al.</i> , 2019) (Putnik <i>et al.</i> , 2017) (Zhang <i>et al.</i> , 2018) (Pantoja <i>et al.</i> , 2017) (Zhang, Wen, Zhang, Duan & Ma, 2020) (Zhao <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019).
	Extracción asistida por microondas.	Uso de radiaciones electromagnéticas a frecuencias de 300 MHz-300 GHz, con longitudes de onda de 1 cm a 1 m. Aplicación de los fenómenos de rotación dipolar y conducción iónica para calentar la muestra.	Extracción rápida, uso reducido de disolvente, costos adicionales bajos, reducción de la pérdida de los componentes extraídos.	Uso de elevadas temperaturas, limitada a la cantidad de la muestra, uso de disolventes con propiedades dieléctricas y no es selectiva.	Extracción de componentes de interés de las plantas medicinales y de flores comestibles.	(Altemimi <i>et al.</i> , 2017) (Quintana <i>et al.</i> , 2019) (Palacio <i>et al.</i> , 2018) (Flores 2017) (Sik <i>et al.</i> , 2020) (Debebe <i>et al.</i> , 2019) (Putnik <i>et al.</i> , 2017) (Jesus <i>et al.</i> , 2019) (Campo <i>et al.</i> , 2018) (Zhang, <i>et al.</i> , 2018) (Zhang, <i>et al.</i> , 2020) (Zhao, <i>et al.</i> , 2019) (Ali, <i>et al.</i> , 2019).
	Extracción asistida por ultrasonido.	Uso del fenómeno de cavitación, trabaja a frecuencias mayores a los 20 KHz.	Extracción rápida, uso reducido de disolvente, costos adicionales bajos y elevados rendimientos de extracción.	Técnica no selectiva y en tiempos muy prolongados puede dañar componentes lábiles de interés.	Procesamiento de comida y extracción de componentes bioactivos de las plantas y de flores comestibles.	(Altemimi <i>et al.</i> , 2017) (Quintana <i>et al.</i> , 2019) (Palacio <i>et al.</i> , 2018) (Flores 2017) (Sik <i>et al.</i> , 2020) (Debebe <i>et al.</i> , 2019) (Putnik <i>et al.</i> , 2017) (Campo <i>et al.</i> , 2018) (Zhang <i>et al.</i> , 2018) (Joshi & Gogate, 2020) (Zhang <i>et al.</i> , 2020) (Zhao <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019).
	Extracción asistida por enzimas.	Uso de enzimas hidrolíticas de la pared celular que permite la liberación de componentes de interés.	Permite la obtención de componentes termolábiles y tiene elevados porcentajes de extracción.	Requieren de condiciones específicas de operación y la aplicación de calor puede inactivar las enzimas.	Obtención de polisacáridos de interés, carotenoides y licopeno de las plantas.	(Putnik <i>et al.</i> , 2017) (Sik <i>et al.</i> , 2020) (Zhang, <i>et al.</i> , 2018) (Ali, <i>et al.</i> , 2019) (Panda & Manickam, 2019).

Tabla II. Características de las técnicas de extracción convencional y no convencional (continuación).

No convencional	Extracción asistida con líquidos iónicos.	Uso de la solvatación de sales a temperaturas inferiores a los 100 °C, lo que facilita la migración del componente de interés al disolvente.	Estabilidad química, térmica y electroquímica, excelente solvatación de componentes naturales y sintéticos.	Falta investigación que demuestre que son ambientalmente inocuos.	Extracción de componentes bioactivos de biomasa, así como la extracción de moléculas de interés de diferentes plantas.	(Putnik <i>et al.</i> , 2017) (Ventura <i>et al.</i> , 2017) (Debebe <i>et al.</i> , 2019) (de Faria <i>et al.</i> , 2018) (Strehmel, Strunk & Strehmel, 2017).
	Extracción asistida por campos eléctricos pulsantes.	Hace uso de campos eléctricos pulsantes (con voltajes de 100 o 200 V/cm hasta 80 kV/cm) que destruyen las membranas estructurales favoreciendo la transferencia de masa.	No calienta el material, no requiere el uso de químicos, tiempos y uso de energía reducido y alta eficiencia de extracción.	La matriz debe tener una resistividad eléctrica elevada, si los componentes que se desean obtener son enzimas, por ejemplo, puede inactivar algunas de ellas.	Extracción de antioxidantes de las plantas, en procesos de secado, corte, congelado y pasteurización en frío de los alimentos.	(Putnik <i>et al.</i> , 2017) (Jesus <i>et al.</i> , 2019) (Debebe <i>et al.</i> , 2019) (Campo <i>et al.</i> , 2018) (Zhang <i>et al.</i> , 2018) (Zhang <i>et al.</i> , 2020) (Leonhardt <i>et al.</i> , 2020) (Zhao <i>et al.</i> , 2019) (Ali <i>et al.</i> , 2019).

El aceite esencial de las plantas se obtiene por arrastre de vapor, incluida la hidrodestilación o procesos alternativos con el mismo principio (Borges *et al.*, 2018). El aceite esencial del romero emite un intenso aroma a alcanfor, debido al elevado contenido de esta molécula, con un peso de 14.5% (Bilska *et al.*, 2019). Una técnica convencional de obtención del aceite esencial del romero es utilizando sus hojas frescas con hidrodestilación tipo Clevenger (Pereira *et al.*, 2017), técnica, que se puede eficientar, asistida por microondas (Elyemni *et al.*, 2019). Una variación de la anterior metodología, es usando hojas secas de romero molidas, y un proceso de extracción por hidrodifusión y gravedad con un equipo de microondas (Ferreira *et al.*, 2020).

CONCLUSIONES

El uso de las plantas, ha acompañado el desarrollo de la humanidad a través del tiempo, hasta convertirse no sólo en una fuente de alimento, sino también, en una forma de tratar enfermedades o malestares, gracias a sus propiedades medicinales.

De la gran diversidad de hierbas, que han sido usadas de forma tradicional en la mejora de la salud humana, destacan las pertenecientes a la familia Lamiaceae, que cuenta con una gran variedad de especies aromáticas, con potencial terapéutico. Diversas investigaciones actuales, han demostrado científicamente los efectos benéficos que estas

producen, resaltando en ésta familia la especie *Rosmarinus officinalis*, planta que produce una amplia gama de metabolitos secundarios, responsables de diversas actividades biológicas que han permitido su aplicación en la medicina tradicional. Aunque las metodologías convencionales, de extracción de metabolitos secundarios del romero, son ampliamente utilizadas hoy en día, el estudio en el laboratorio de las tecnologías emergentes no convencionales, ha logrado mejorar los porcentajes de extracción y la selectividad de los componentes aislados del romero, permitiendo el escalamiento industrial de algunas de ellas.

Hoy en día, las investigaciones centran su atención en la optimización de metodologías, que permitan la mejor extracción de los componentes bioactivos del romero, así como la identificación de sus metabolitos, para conocer el mecanismo de estas actividades y usarlo en nuevas y potenciales aplicaciones.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Facultad de Ciencias Químicas, por las facilidades otorgadas para llevar a cabo el Posgrado en Ciencia y Tecnología Química como estudiante de tiempo parcial de Emmanuel Flores Villa, así como al apoyo proporcionado por el CONACYT a través del proyecto SEP-CONACYT Ciencia Básica 2017-2018, CB2017-2018 A1-S-44977.

REFERENCIAS

- Abbaszadeh, B., Layeghaghghi, M., Azimi, R. & Hadi, N. (2020). Improving water use efficiency through drought stress and using salicylic acid for proper production of *Rosmarinus officinalis* L. *Industrial Crops & Products*, **144**, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111893>
- Abo, M. M., Elsadek, M. F., Taha, A. E., Abd, M. M. & El-Sabrou, K. (2020). Effect of housing system and rosemary and cinnamon essential oils on layers performance, egg quality, haematological traits, blood chemistry, immunity, and antioxidant. *Animal*, **10**, 1-16. DOI: 10.3390/ani10020245
- Ahsaei, S. M., Rodríguez, S., Salgado, M., Cocero, M. J., Talebi-Jahromi, K. & Amoabediny, G. (2019). Insecticidal activity of spray dried microencapsulated essential oils of *Rosmarinus officinalis* and *Zataria multiflora* against *Tribolium confusum*. *Crops Protection*, **128**, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104996>
- Akhbari, M., Masoum, S., Aghababaei, F. & Hamed, S. (2018). Optimization of microwave assisted extraction of essential oils from Iranian *Rosmarinus officinalis* L. using RSM. *Journal of Food Science and Technology*, **55**, 2197-2207. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3137-7>
- Ali, A., Chua, B. L. & Chow, Y. H. (2019). An insight into the extraction and fractionation technologies of the essential oils and bioactive compounds in *Rosmarinus officinalis* L.: Past, present and future. *Trends in Analytical Chemistry*, **188**, 338-351. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.040>
- Altemimi, A., Lakhssassi, N., Baharlouei, A., Watson, D. G. & Lightfoot, D. A. (2017). Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts. *Plants*, **6**, 1-23. DOI: 10.3390/plants6040042
- Amaral, G. P., Mizdal, C. R., Stefanello S. T., Mendez, A. S. L., Puntel, R. L., de Campos, M. M. A., Soares, F. A. A. & Fachineto, R. (2017). Antibacterial and antioxidant effects of *Rosmarinus officinalis* L. extract and its fractions. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, **9**, 2, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2017.10.006>
- Barbieri, J. B., Goltz, C., Cavalheiro, F. B., Toci, A. T., Igarashi-Mafra, L. & Mafra, M. R. (2019). Deep eutectic solvents applied in the extraction and stabilization of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) phenolic compounds. *Industrial Crops & Products*, **144**, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112049>
- Basheer, A. I. (2018). Effect of alcoholic extract of rosmarinus against some type of enterobacteriaceae. *Tikrit Journal of Pure Science*, **23**, 18-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.25130/tjps.23.2018.104>
- Beltrán, K. L., Déciga, M., Aguilar, H., González, M. E., Martínez, M. F., Ramírez, M. A., Rios, M. Y. & López, F. J. (2017). Synergistic antinociceptive interaction of *Syzygium aromaticum* or *Rosmarinus officinalis* coadministered with ketorolac in rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **94**, 858-864. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2017.07.166>
- Benelli, L. & Oliveira, W. P. (2019). Fluidized bed coating of inert cores with a lipid-based system loaded with a polyphenol-rich *Rosmarinus officinalis* extract. *Food and Bioprocess Technology*, **114**, 216-226. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.01.004>
- Bilska, A., Kobus, J., Kmicik, D., Danyluk, B., Kowalski, R., Szymanowska, D., Gramza, A. & Szczepaniak, O. (2019). Cholinesterase inhibitory activity, antioxidative potential and microbial stability of innovative liver pâté fortified with rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*). *Electronic Journal of Biotechnology*, **40**, 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2019.03.007>
- Borges, R. S., Sánchez, B. L., Matias, A. C., Keita, H. & Tavares, J. C. (2018). *Rosmarinus officinalis* essential oil: A review of its phytochemistry, anti-inflammatory activity, and mechanisms of action involved. *Journal of Ethnopharmacology*, **229**, 29-45. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.09.038>
- Bridi, H., de Loreto, S. A., Anders, M. & Von Poser, G. L. (2020). Terpenes from *Cantinoa* (Lamiaceae) native to Rio Grande do Sul, South Brazil. *Biochemical Systematics and Ecology*, **89**, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2019.103992>
- Brown, N., John, J. A. & Shahidi, F. (2019). Polyphenol composition and antioxidant potential of mint leaves. *Food Production, Processing and Nutrition*, **1**, 1, 1-14. <https://doi.org/10.1186/s43014-019-0001-8>
- Campo, Y., Gélvez, V. M. & Ayala A. (2018). Ultrasonido en el procesamiento (homogenización, extracción y secado) de alimentos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, **16**, 102-113. DOI: <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v16n1.628>
- Debebe, W. D., Shimelis, A. E., Asfaw, D. H. & Jong, B. E. (2019). Evaluation of Ultrasonic-Assisted Extraction of *Moringa stenopetala* Leaves on Bioactive Compounds and Antioxidant Effect. *Food Technology and Biotechnology*, **57**, 1-24. DOI: 10.17113/ftb.57.01.19.5877
- De Faria, E. L. P., Gomes, M. V., Cláudio, A. F. M., Freire, C. S. R., Silvestre, A. J. D. & Freire, M. G. (2018). Extraction and recovery processes for cynaropicrin from *Cynara cardunculus* L. using aqueous solutions of surface-active ionic liquids. *Biophysical Reviews*, **10**, 915-925. <https://doi.org/10.1007/s12551-017-0387-y>
- De Oliveira, J. R., Camargo, S. E. A. & de Oliveira, L. D. (2019). *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. *Journal of Biomedical Science*, **26**, 1-22. <https://doi.org/10.1186/s12929-019-0499-8>
- Ebrahimi, E., Haghjou, M., Nematollahi, A. & Goudarzian, F. (2020). Effects of rosemary essential oil on growth performance and hematological parameters of young great sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture*, **521**, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734909>

- Elbahnasawy, A. S., Valeeva, E. R., El-Sayed, E. M. & Rakhimov, I. I. (2019). The impact of thyme and rosemary on prevention of osteoporosis in rats. *Journal of Nutrition and Metabolism*, **2019**, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2019/1431384>
- El-Desouky, M. A., Mahmoud, M. H., Riad, B. Y. & Taha, Y. M. (2019). Nephroprotective effect of green tea, rosmarinic acid and rosemary on N-diethylnitrosamine initiated and ferric nitrilotriacetate promoted acute renal toxicity in Wistar rats. *Interdisciplinary Toxicology*, **12**, 98-110. DOI: 10.2478/intox-2019-0012
- El-Hadary, A. E., Elsanhoty, R. M. & Ramadan, M. F. (2019). *In vivo* protective effect of *Rosmarinus officinalis* oil against carbon tetrachloride (CCl₄)-induced hepatotoxicity in rats. *PharmaNutrition*, **9**, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2019.100151>
- Elyemni, M., Louaste, B., Nechad, I., Elkamli, T., Bouia, A., Taleb, M., Chaouch, M. & Eloutassi, N. (2019). Extraction of essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. by two different methods: Hydrodistillation and Microwave assisted hydrodistillation. *The Scientific World Journal*, **2019**, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2019/3659432>
- Endo, E. H., Costa, G. M., Makimori, R. Y., Ueda-Nakamura, T., Nakamura, C. V. & Dias, B. P. (2018). Anti-biofilm activity of *Rosmarinus officinalis*, *Punica granatum* and *Tetradenia riparia* against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) and synergic interaction with penicillin. *Journal of Herbal Medicine*, **14**, 48-54. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2018.07.001>
- Ferreira, D. F., Lucas, B. N., Voss, M., Santos, D., Mello, P. A., Wagner, R., Cravotto, G. & Barin, J. S. (2020). Solvent-free simultaneous extraction of volatile and non-volatile antioxidants from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) by microwave hydrodiffusion and gravity. *Industrial Crops & Products*, **145**, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112094>
- Fidan, H., Stankov, S., Ivanova, T., Stoyanova, A., Damyanova, S. & Ercisli, S. (2019). Characterization of aromatic compounds and antimicrobial properties of four spice essential oils from family Lamiaceae. *Ukrainian Food Journal*, **8**, 227-238. DOI: 10.24263/2304-974X-2019-8-2-3
- Fikry, S., Khalil, N. & Salama, O. (2019). Chemical profiling, biostatic and biocidal dynamics of *Origanum vulgare* L. essential oil. *AMB Express*, **9:41**, 1-10. DOI: 10.1186/s13568-019-0764-y
- Flores, E. (2017). Extracción de antioxidantes de las bayas del sauco (*Sambucus nigra* L. subs. peruviana) con ultrasonido, microondas, enzimas y maceración para la obtención de zumos funcionales. *Información Tecnológica*, **28**, 121-132. DOI: 10.4067/S0718-07642017000100012
- Fotso, T. G., Tofel, H. K., Abdou, J. P., Tchao, N., Zourmba, C. M., Adler, C. & Nukene, E. N. (2019). Control of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) Using Fractionated Extracts from *Cameroonian Hemizygia welwitschii* (Lamiaceae) Leaf on Stored *Vigna unguiculata* (Fabales: Fabaceae). *Journal of Insect Science*, **22**, 1-9. DOI: 10.1093/jisesa/iez029
- García, P., Romero, M. J., Llanderal, A., Cermeño, P., Lao, M. T. & Segura, M. L. (2019). Effects of Drought Stress on Biomass, Essential Oil Content, Nutritional Parameters, and Costs of Production in Six Lamiaceae Species. *Water*, **11**, 1-12. DOI: 10.3390/w11030573
- Gomes, P. G. C., Veloso, A. F., Maynard, I. F. N., Marques, M. N., de Souza R. L., Pereira, M. M., Soares, C. M. F. & Lima, A. S. (2020). Integrative process to extract chlorophyll and purify rosmarinic acid from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis*). *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, **2020**, 1-8. DOI: 10.1002/jctb.6343
- Goudjil, M. B., Zighmi, S., Hamada, D., Mahcene, Z., Bencheikh, S. E. & Lajel, S. (2020). Biological activities of essential oils extracted from *Thymus capitatus* (Lamiaceae). *South African Journal of Botany*, **128**, 274-282. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.11.020
- Gürbüz, P., Martínez, A., Pérez, C., Martínez, L., Göger, F. & Ayran, İ. (2019). Potential anti-Alzheimer effects of selected Lamiaceae plants through polypharmacology on glycogen synthase kinase-3 β , β -secretase, and casein kinase 1 δ . *Industrial Crops & Products*, **138**, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.080>
- Hamidpour, R., Hamidpour, S. & Elias G. (2017). *Rosmarinus officinalis* (Rosemary): A Novel Therapeutic Agent for Antioxidant, Antimicrobial, Anticancer, Antidiabetic, Antidepressant, Neuroprotective, Anti-Inflammatory and Anti-Obesity Treatment. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, **1**, 1-6. DOI: 10.26717/BJSTR.2017.01.000371
- Hosseinie, H., Bolourian, S., Yaghoubi, E. & Ghanuni, E. (2018). Optimization of heat and ultrasound-assisted extraction of polyphenols from dried rosemary leaves using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, **42**, 1-15. DOI: 10.1111/jfpp.13778.
- Huang, M., Wang, H., Xu, X., Lu, X., Song, X. & Zhou, G. (2020). Effects of nanoemulsion-based edible coatings with composite mixture of rosemary extract and ϵ -poly-L-lysine on the shelf life of ready-to-eat carbonado chicken. *Food Hydrocolloids*, **102**, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105576>
- Jesus, M. S., Genisheva, Z., Romani, A., Pereira, R. N., Teixeira, J. A. & Domingues, L. (2019). Bioactive compounds recovery optimization from vine pruning residues using conventional heating and microwave-assisted extraction methods. *Industrial Crops & Products*, **132**, 99-110. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.070>
- Joshi, S. M. & Gogate, P. R. (2020). Intensification of dilute acid hydrolysis of spent tea powder using ultrasound for

- enhanced production of reducing sugars. *Ultrasonics – Sonochemistry*, **61**, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ultrsonch.2019.104843>
- Karim, N., Khan, I., Abdelhalim, A., Abdel-Halim, H. & Hanrahan, J. R. (2017). Molecular docking and anti-amnesic effects of nepitrin isolated from *Rosmarinus officinalis* on scopolamine-induced memory impairment in mice. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **96**, 700-709. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2017.09.121>
- Khaw, K. Y., Parat, M. O., Shaw, P. N. & Falconer, J. R. (2017). Solvent Supercritical Fluid Technologies to Extract Bioactive Compounds from Natural Sources: A Review. *Molecules*, **12**, 1-22. DOI: 10.3390/molecules22071186
- Karadağ, A. E., Demirci, B., Çaşkurlu, A., Demirci, F., Okur, M. E., Orak, D., Sipahi, H. & Başer, K. H. C. (2019). *In vitro* antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and analgesic evaluation of *Rosmarinus officinalis* L. flower extract fractions. *South African Journal of Botany*, **125**, 214-220. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.07.039>
- Karpiński, T. M. (2020). Essential Oils of Lamiaceae Family Plants as Antifungals. *Biomolecules*, **10**, 1-35. DOI: 10.3390/biom10010103
- Kowalski, R., Kowalska, G., Pankiewicz, U., Mazurek, A., Sujka, M., Włodarczyk-Stasiak, M. & Kałwa, K. (2018). Effect of the method of rapeseed oil aromatisation with rosemary *Rosmarinus officinalis* L. on the content of volatile fraction. *LWT-Food Science and Technology*, **95**, 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.045>
- Lemjallad, L., Chabir, R., Kandri, Y., El Ghadraoui, L., Ouazzani, F. & Errachidi, F. (2019). Improvement of Heliciculture by Three Medicinal Plants Belonging to the Lamiaceae Family. *The Scientific World Journal*, **2019**, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2019/2630537>
- Leonhardt, L., Käferböck, A., Smetana, S., de Vos, R., Toepfl, S. & Parniakov, O. (2020). Bio-refinery of *Chlorella sorokiniana* with pulsed electric field pre-treatment. *Bioresource Technology*, **301**, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122743>
- Milevskaia, V. V., Prasad, S. & Temerdashev, Z. A. (2019). Extraction and chromatographic determination of phenolic compounds from medicinal herbs in the Lamiaceae and Hypericaceae families: A review. *Microchemical Journal*, **145**, 1036-1049. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.11.041>
- Moreira, S. A., Alexandre, E. M. C., Pintado, M. & Saraiva J. A. (2019). Effect of emergent non-thermal extraction technologies on bioactive individual compounds profile from different plant materials. *Food Research International*, **115**, 177-190. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.046>
- Ngo, T. V., Scarlett, C. J., Bowyer, M. C., Ngo, P. D. & Voung, Q. V. (2017). Impact of Different Extraction Solvents on Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity from the Root of *Salacia chinensis* L. *Journal of Food Quality*, **17**, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2017/9305047>
- Nieto, G., Ros, G. & Castillo, J. (2018). Antioxidant and Antimicrobial Properties of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A Review. *Medicines*, **5**, 1-13. DOI: 10.3390/medicines5030098
- Palacio, E., Arroyave, J. D., Cardona, M., Hurtado, J. H. & Martínez, J. (2018). Extracción de glucosidos de *Stevia Rebaudiana* (Bertoni) a partir de tecnologías de extracción verdes. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, **10**, 43-56. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.2336>
- Panda, D. & Manickam, S. (2019). Cavitation Technology—The Future of Greener Extraction Method: A Review on the Extraction of Natural Products and Process Intensification Mechanism and Perspectives. *Applied Sciences*, **9**, 1-26. DOI: 10.3390/app9040766
- Pantoja, A. L., Hurtado, A. M. & Martínez, H. A. (2017). Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO₂ supercrítico. *Agroindustria y Ciencia de los Alimentos*, **66**, 178-185. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v66n2.57786>
- Pereira, P. S., Maia, A. J., Tintino, S. R., Oliveira-Tintino, C. D. de M., Raulino, I. S. de S., Vega, M. C., Rolón, M., Coronel, C., Barros, L. M., Duarte, A. E., Menezes, I. R. A., Coutinho, H. D. M. & da Silva, T. G. (2017). Trypanocide, antileishmania and cytotoxic activities of the essential oil from *Rosmarinus officinalis*, L. *in vitro*. *Industrial Crops & Products*, **109**, 724-729. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.030>
- Putnik, P., Bursać, D., Režek, A., Barba, F. J., Cravotto, G., Binello, A., Lorenzo, J. M. & Shpigelman, A. (2017). Innovative “Green” and Novel Strategies for the Extraction of Bioactive Added Value Compounds from Citrus Wastes—A Review. *Molecules*, **22**, 1-24. DOI: 10.3390/molecules22050680
- Quintana, S. E., Villanueva, D., Reglero, G., García, M. R. & Fornari, T. (2019). Supercritical antisolvent particle precipitation and fractionation of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts. *Journal of CO₂ Utilization*, **34**, 479-489. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2019.07.032>
- Risaliti, L., Kehagia, A., Daoulzi, E., Lazari, D., Bergonzi, M. C., Vergkizi-Nikolakaki, S., Hadjipavlou-Litina, D. & Bilia, A. R. (2019). Liposomes loaded with *Salvia triloba* and *Rosmarinus officinalis* essential oils: *In vitro* assessment of antioxidant, anti-inflammatory and antibacterial activities. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, **51**, 493-498. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.03.034>
- Romero, C., Ramasamy, K., Meng, S., Abdul, A. B. & Agatonovic-Kustrin, S. (2019). HPTLC based approach for bioassay-guided evaluation of antidiabetic and neuroprotective effects of eight essential oils of the Lamiaceae family plants. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, **178**, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j>

- jpba.2019.112909
- Ruzzene, S., Sete, R. M., Botelho, E. L. & Alberton, O. (2019). Meta-analysis of Lamiaceae and Euphorbiaceae medicinal plants inoculated with *Arbuscular mycorrhizal* fungi. *Australian Journal of Crops Science*, **13**, 588-598. doi: 10.21475/ajcs.19.13.04.p1615
- Said, A. M., Waheed, R. M. & Khalifa, O. A. (2019). Protective Role of Rosemary Ethanolic Extract on Thioacetamide Induced Hepatic Encephalopathy: Biochemical and Molecular Studies. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, **13**, 1-6. DOI: 10.22587/ajbas.2019.13.4.1
- Sadeh, D., Nitzan, N., Chaimovitch, D., Shachter, A., Ghanim, M. & Dudai, N. (2019). Interactive effects of genotype, seasonality and extraction method on chemical compositions and yield of essential oil from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Industrial Crops & Products*, **138**, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.068>
- Selmi, S., Rtibi, K., Grami, D., Sebai, H. & Marzouki, L. (2017). Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oil components exhibit anti-hyperglycemic, anti-hyperlipidemic and antioxidant effects in experimental diabetes. *Pathophysiology*, **24**, 297-303. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pathophys.2017.08.002>
- Senanayake, N. (2018). Rosemary extract as a natural source of bioactive compounds. *Journal of Food Bioactives*, **2**, 51-57. DOI: 10.31665/JFB.2018.2140
- Shanaida, M. & Golembiovská, O. (2018). Identification and component analysis of triterpenoids in *Monarda fistulosa* L. and *Ocimum americanum* L. (Lamiaceae) aerial parts. *Pharmaceutical Science*, **13**, 26-31. DOI: 10.15587/2519-4852.2018.135767
- Sik, B., Hanczné, E. L., Kapcsándi, V. & Ajtony, Z. (2020). Conventional and nonconventional extraction techniques for optimal extraction processes of rosmarinic acid from six Lamiaceae plants as determined by HPLC-DAD measurement. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, **184**, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113173>
- Sik, B., Kapcsándi, V., Székelyhidi, R., Hanczné, E. L. & Ajtony, Z. (2019). Recent Advances in the Analysis of Rosmarinic Acid From Herbs in the Lamiaceae Family. *Natural Product Communications*, **2019**, 1-10. DOI: 10.1177/1934578X19864216
- Strehmel, N., Strunk, D. & Strehmel, V. (2017). Extraction of natural products from bark of *Betula pendula* using ionic liquids. *Metabolomics*, **13**:135, 1-8. DOI: 10.1007/s11306-017-1271-2
- Sullbarán, A., Matiz, G. E. & Baena, Y. (2018). Acetilación del almidón de millo (*Pennisetum glaucum*) y evaluación de su aplicación como posible excipiente. *Revista Colombiana de Ciencias Químicas y Farmacia*, **47**, 255-276. <http://dx.doi.org/10.15446/rcciquifa.v47n2.73969>
- Sumintarti, Fatimasari, N., Hajrah-Yusuf, A. & Ruslin, M. (2018). Effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) leaf extract on angular cheilitis induced by *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans* in male wistar rats. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, **10**, 178-181. DOI: <http://dx.doi.org/10.22159/ijap.2018.v10s1.39>
- Tančinová, D., Medo, J., Mašková, Z., Foltinová, D. & Árvay, J. (2019). Effect of essential oils of Lamiaceae plants on the *Penicillium commune*. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, **8**, 1111-1117. DOI: 10.15414/jmbfs.2019.8.4.1111-1117
- Trupti, P. & Gadekar, S. S. (2018). To study the antidandruff activity of rosemary oil, basil oil, coleus oil over selenium sulfide. *Journal of Pharmaceutical and BioSciences*, **6**, 36-39. DOI: 10.31555/jpbs/2018/6/2/36-39
- Ventura, S. P. M., Silva, F. A., Quental, M. V., Mondal, D., Freire, M. G. & Coutinho, J. A. P. (2017). Ionic-Liquid-Mediated Extraction and Separation Processes for Bioactive Compounds: Past, Present and Future Trends. *ACS Publications*, **117**, 6984-7052. DOI: 10.1021/acs.chemrev.6b00550
- Zhang, J., Chen, T., Li, K., Xu, H., Liang, R., Wang, W., Li, H., Shao, A. & Yang, B. (2019). Screening active ingredients of rosemary based on spectrum-effect relationships between UPLC fingerprint and vasorelaxant activity using three chemometrics. *Journal of Chromatography B*, **1134-1135**, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2019.121854>
- Zhang, J., Wen, C., Zhang, H., Duan, Y. & Ma, H. (2020). Recent advances in the extraction of bioactive compounds with subcritical water: A review. *Trends in Food Science & Technology*, **95**, 183-195. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.018>
- Zhang, Q. W., Lin, L. G. & Ye, W. C. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chinese Medicine*, **13**(20), 1-26. <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>
- Zhao, L., Fan, H., Zhang, M., Chitrakar, B., Bhandari, B. & Wang, B. (2019). Edible flowers: Review of flower processing and extraction of bioactive compounds by novel technologies. *Food Research International*, **126**, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108660>
- Zinicovscaia, I., Gundorina, S., Vergel, K., Grozdov, D., Ciocarlan, A., Aricu, A., Dragalin, I. & Ciocarlan, N. (2020). Elemental analysis of Lamiaceae medicinal and aromatic plants growing in the Republic of Moldova using neutron activation analysis. *Phytochemistry Letters*, **35**, 119-127. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2019.10.009>
- Zoral, M.A., Ishikawa, Y., Ohshima, T., Futami, K., Endo, M., Maita, M. & Katagiri, T. (2018). Toxicological effects and pharmacokinetics of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract in common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, **495**, 955-960. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.048>