Humanidades, Tecnología y Ciencia, del Instituto Politécnico Nacional
Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título: 04-2010-0326124-14000-203 ISSN: 2007-1957

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE COPAL MEDIANTE DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR Y SU APLICACIÓN COSMÉTICA

Nora Argelia Tafoya Medina
Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas
ntafoya@ipn.mx

Resumen

En este trabajo se llevó a cabo la extracción de aceite esencial de copal, a partir de la oleorresina proveniente de los árboles de copal. El método utilizado para llevar a cabo la extracción fue el de destilación por arrastre de vapor, cuya ventaja principal es que no introduce posteriormente etapas de separación complejas, al poder separar las fases simplemente por decantación. De acuerdo con la experimentación, el rendimiento del aceite esencial fue de 1.5 % m/m, partiendo de 60 g de materia prima procesada. El análisis químico cuantitativo por medio de Cromatografía de Gases acoplado a Espectrometría de masas (GC-MS) mostró que los compuestos presentes en el aceite esencial obtenido se identifican plenamente con aquellos que caracterizan el aceite de copal, tales como 43.52 % m/m α-pineno, 21.27 % m/m de (R)-(+)-limoneno, 20.57 % m/m m-cimeno, 5.28 % m/m de α-felandreno. Finalmente, como parte importante de este trabajo, se empleó el aceite esencial de copal como insumo en la formulación de un producto cosmético, mostrando así una aplicación importante de esta sustancia.

Palabras clave: Aceites esenciales, Aceite de Copal, Destilación por arrastre de vapor, Análisis cuantitativo, Cromatografía de gases.

Los aceites esenciales son productos químicos que forman las esencias odoríferas de un gran número de vegetales. Este concepto se aplica también a las sustancias sintéticas obtenidas a partir del alquitrán de hulla, y a las sustancias semisintéticas preparadas a partir de los aceites esenciales naturales (Sadgrove et al., 2022). Los aceites esenciales se extraen de los tejidos mediante diversos procedimientos físicos y químicos según la cantidad y estabilidad del compuesto que se pretenda obtener. En la actualidad, se han desarrollado métodos innovadores como la extracción asistida por ultrasonido, microondas o fluidos supercríticos, que permiten un mayor rendimiento con menor impacto ambiental (Zhang et al., 2024).

La aromaterapia o utilización terapéutica de los aceites esenciales, para cubrir los aspectos físicos y psicológicos de la persona, puede complementar muchas formas de tratamiento y tiene sus raíces en las más antiguas prácticas curativas de la humanidad (Lis-Balchin,

2006). Las plantas de las que derivan los aceites esenciales y las esencias se han utilizado durante miles de años antes de conocerse las técnicas para su destilación (Lawless, 2002).

La destilación por arrastre con vapor es una técnica para la separación de sustancias insolubles en agua y ligeramente volátiles de otros productos no volátiles. Esta técnica sigue siendo ampliamente utilizada debido a su simplicidad, eficiencia y bajo riesgo de degradación térmica, ya que opera a temperaturas relativamente bajas (Tsitlakidou, 2023). Además, este método es relevante en el mercado de los aceites esenciales, ya que son de gran importancia para la economía de muchos países e incluso en zonas marginadas, donde se intenta introducir el cultivo de plantas aromáticas y la obtención de aceites esenciales como una forma de aumentar las perspectivas de la población y la riqueza del país (De la Cruz et al., 2023). Tiene la ventaja de que el impacto ambiental es mínimo, pues la toxicidad de los aceites es pequeña y el proceso de destilación no genera grandes daños (Chen et al., 2024).

La producción mundial de aceites esenciales asciende a miles de toneladas anuales, con una variabilidad significativa entre los distintos tipos de aceites. Mientras algunos apenas alcanzan unas cuantas toneladas por año, otros superan ampliamente las 100 toneladas anuales, como es el caso del aceite de naranja dulce, menta piperita y eucalipto, que lideran la producción global (FAO, 2022).

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), durante el periodo de 1998 a 2002, México registró importaciones de aceites esenciales por un valor total de 499.5 millones de dólares, en contraste con exportaciones por apenas 96.8 millones de dólares, lo cual revela un claro déficit comercial en este rubro (INEGI, 2009).

En el caso específico del periodo comprendido entre 2006 y septiembre de 2008, las importaciones mexicanas de aceites esenciales sumaron 124,935 dólares, mientras que las exportaciones alcanzaron 99,744 dólares (INEGI, 2009). Estas cifras reflejan la creciente demanda interna de estos compuestos aromáticos, en parte atribuible al auge de las industrias cosmética, alimentaria y farmacéutica.

No obstante, datos más recientes muestran que México ha incrementado sus exportaciones, sobre todo en aceites derivados de especies nativas como el orégano silvestre y el limón, con destinos principales hacia Estados Unidos, Europa y Asia (SIAVI, 2023).

El copal es una oleorresina vegetal aromática que se usa como incienso. En la época prehispánica se le conocía como copalquáhuitl al árbol de copal, y a la resina como copalli, palabra proveniente del náhuatl que quiere decir “incienso”. La resina de copal se obtiene de árboles o arbustos, también llamados copales, clasificados dentro del género Bursera, de la familia Burseraceae, plantas que producen aceites y resinas aromáticas apreciadas por la humanidad desde la antigüedad (De la Cruz-Cañizares et al., 2020). Los copales son árboles típicos de las selvas bajas caducifolias, que es la vegetación que se desarrolla en lugares con sequía mayor a cuatro meses al año, lo que hace que los árboles tiren todas sus hojas y luego reverdezcan con las lluvias. En México existen más de 20 especies de copal de diferentes géneros, de los cuales se extraen resinas con estos usos. Los estados que tienen una mayor cantidad de tipos distintos de burseras son: Guerrero, Michoacán y Oaxaca (CONABIO, 2008).

En la época prehispánica el uso de estas resinas tenía gran relevancia social, económica, religiosa-ceremonial y en la vida cotidiana. En Mesoamérica, los indígenas consideraban una relación cercana entre el maíz y el copal, creyendo que el maíz era alimento para los vivos y el copal para los muertos, ya que, según su cosmovisión, el humo del incienso se transformaba en tortillas que los dioses consumían. Desde la antigüedad, el copal se ha utilizado por sus cualidades curativas: quemado, untado o en infusión. Estudios actuales han demostrado propiedades antiinflamatorias del aceite esencial de copal (Espinoza et al., 2022). También fue utilizado como fijador de pigmentos en la elaboración de murales y como adhesivo en piezas ceremoniales, técnicas confirmadas por hallazgos arqueológicos y crónicas coloniales (Martínez, 1969).

Estas resinas se consideran compuestos secundarios, porque no son esenciales para el metabolismo primario de la planta, pero sí actúan como defensa ante insectos, ayudan a cerrar heridas y protegen contra hongos y bacterias (Pichersky & Gershenzon, 2002). En México existen varias clases de copal con distintos aromas, colores y formas de extracción. En este trabajo se empleará copal blanco o de primera, que se extrae mediante cortes diagonales en la superficie del tronco, por la cual brota la resina hasta llegar a un recipiente (por lo regular, una penca de maguey), donde posteriormente se solidifica. Esta resina contiene poca impureza, ya que el copalero experto limpia la resina extrayendo la basura y los insectos atrapados, lo cual mejora su calidad (Molnárová et al., 2020).

Dada la importancia de este tema, el objetivo del presente trabajo fue realizar la extracción del aceite esencial presente en una oleorresina de copal blanco a escala laboratorio mediante destilación por arrastre de vapor y, una vez obtenido el aceite, llevar a cabo su caracterización mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), técnica que permite el análisis cualitativo y cuantitativo. Asimismo, el aceite esencial obtenido se empleó en la formulación de un producto cosmético.

2. Metodología

2.1 Materia prima.

La materia prima utilizada para la experimentación es resina de copal blanco extraída de la región de San Miguel Malinaltepec Oaxaca. Este tipo de resina primeramente se consigue en forma de piedra o barra (Figuras 1-2).

Figura 1. Copal blanco en piedra.

Figura 2. Copal blanco en barra.

2.2 Equipo utilizado a escala laboratorio.

Este material consistió en un mechero Bunsen, tripié, malla de asbesto, un matraz balón 250 mL de 3 vías, un matraz balón de 250 mL, tapones de hule monohoradados, termómetro escala -10/110 °C, conexión de vidrio,

condensador, pinza de tres brazos, pinzas de nuez, varilla de vidrio, embudo de separación de vidrio de 100 mL, mangueras de látex, soporte universal, balanza analítica de 465 g, agua destilada 130 mL, resina de copal 60 g y un frasco de vidrio (contenedor del aceite esencial).

2.3 Procedimiento.

a. En el primer soporte universal se coloca el tripie, encima se le coloca la malla de asbesto y sobre esta el matraz balón de tres vías, se fija una de las pinzas de nuez en el primer soporte universal, que servirá para sostener al matraz balón de tres vías donde se coloca la resina de copal triturada con un martillo para obtener un tamaño de partícula más pequeño, luego se agrega agua destilada previamente medida, se colocan dos tapones monohoradados en cada una de las salidas del matraz a las cuales se les insertara un termómetro con escala de -10 a 110°C, en la salida central se coloca una varilla de vidrio de aproximadamente 80 cm. la cual servirá como válvula de seguridad y en la tercera se coloca una conexión la cual servirá para conectar el condensador y un tapón de hule este servirá como sello.

b. Debajo de la malla de asbesto se coloca el mechero Bunsen el cual está conectado a la toma de gas por medio de manguera de látex.

c. En el segundo soporte se fijan una pinza de tres brazos para darle soporte a la mitad del condensador y en el último soporte se fijan las pinzas sobrantes de tres brazos y las pinzas de nuez para sostener al matraz balón que servirá para recolectar la mezcla de agua con aceite de la destilación, y las segundas servirán para sostener el embudo de separación las cuales servirán para separar la mezcla heterogénea hidrolato/aceite.

d. Al condensador se le coloca una manguera de látex la cual servirá como alimentación de agua (agua fría) y la segunda como salida del agua (agua caliente), está a su vez se coloca en la línea de reciclaje. La alimentación del agua es en contraflujo.

e. Una vez armado el equipo para la destilación (Figura 3) se enciende el mechero Bunsen y se calienta el agua hasta ebullición, verificando que no haya fugas de vapor.

f. Verificar que la entrada al condensador este fría, en dado caso que se empiece a calentar abrir el flujo de agua de enfriamiento.

Figura 3. Equipo de destilación escala laboratorio.

Para la realización de la experimentación se registraron los siguientes datos: peso del material a destilar, volumen de agua destilada vertida al matraz balón de tres vías, temperatura de ebullición del agua, tiempo de destilación, volumen de hidrolato, peso de aceite esencial. (cálculo de rendimiento), flujo de agua de enfriamiento. El agua evaporada posteriormente se condensa y se recolecta en el matraz balón (Figura 4a). Esta mezcla posteriormente se verterá en el embudo de separación (Figura 4b) para poder recolectar en un recipiente el aceite esencial (Figuras 4c, 4e) y en otro el hidrolato obtenido de la destilación (Figura 4d).

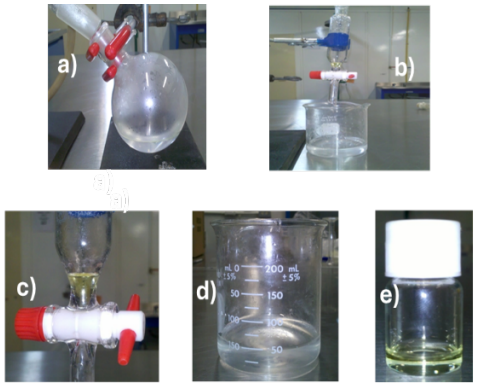

Figura 4. a) Mezcla de agua/aceite esencial, b) Separación del aceite esencial, c) Aceite esencial recuperado, d) Hidrolato, e) Aceite esencial almacenado.

2.4 Análisis químico cualitativo y cuantitativo.

El análisis se llevó a cabo utilizando un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS), modelo Jeol GC-Mate II, utilizando una columna capilar HP-5. Modo de Ionización: Impacto electrónico (EI+), el cual permite la separación y posterior identificación de compuestos volátiles presentes en el aceite esencial. La identificación de las sustancias que conforman el aceite esencial se llevó a cabo inicialmente por comparación con la base de datos del instrumento, posteriormente la identidad de las sustancias se verificó por comparación del patrón de fragmentación correspondiente con datos de la literatura (Integrated Spectral Database System of Organic Compounds, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan).

3. Resultados

Los resultados obtenidos a escala laboratorio evidencian un comportamiento estable y reproducible del proceso de extracción del aceite esencial de copal mediante destilación por arrastre de vapor. En las corridas experimentales se emplearon 60 g de copal pulverizado como materia prima, obteniéndose en ambos casos 50 mL de hidrolato y 0.9 g de aceite esencial, lo que corresponde a un rendimiento del 1.5 % m/m, calculado con base en la relación entre la masa de aceite recuperado y la cantidad de materia prima procesada.

La coincidencia de los valores obtenidos bajo condiciones de operación idénticas confirma la reproducibilidad del método a nivel laboratorio. La constancia en el rendimiento y en las cantidades de aceite esencial e hidrolato recuperadas indica que el proceso de destilación utilizado es adecuado para la extracción del aceite esencial de copal, sin presentar variaciones significativas entre ensayos. Una vez que se obtuvo el aceite esencial de copal a través de la destilación por arrastre de vapor, se realizó un análisis químico cualitativo y cuantitativo por medio de la técnica de análisis instrumental de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). Los resultados de este análisis se muestran en la Figura 5 y las composiciones de los componentes en la Tabla 1.

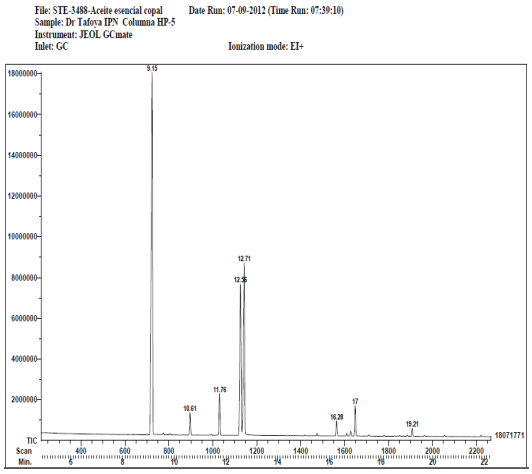

Figura 5. Análisis químico cuantitativo y cualitativo por GC-MS.

Los resultados obtenidos mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) permitieron identificar los principales compuestos presentes en el aceite esencial de copal blanco (Protium copal), entre los que destacan: α-pineno, limoneno, m-cimeno, α-felandreno, cis-verbenol, β-tujeno, canfolenal y crisantenona. La composición reportada en la Tabla 1 coincide notablemente con la literatura científica, lo que confirma la fidelidad del proceso de extracción y la eficacia del análisis instrumental empleado (Rodríguez, Hernández, & Pérez, 2019; Salgado-Hernández, Torres-Pérez, & Gutiérrez-Cuevas, 2020).

De acuerdo con la literatura, en la Figura 6 podemos observar la estructura que corresponde a los compuestos que contienen el aceite esencial de copal de acuerdo con el análisis químico efectuado.

Tabla 1. Composición del aceite esencial de copal (elaboración propia).

Tiempo de retención (min)	% masa	Nombre del compuesto
9.15	43.52	α-pineno
12.71	21.27	(R) - (+) - limoneno
12.57	20.57	m-cimeno
11.76	5.28	α-felandreno
17.01	3.69	(S) - (-) -cis-verbenol
10.61	2.86	β-tujeno
16.27	1.88	(R) - (+)-canfolenal
19.21	0.92	Crisantenona

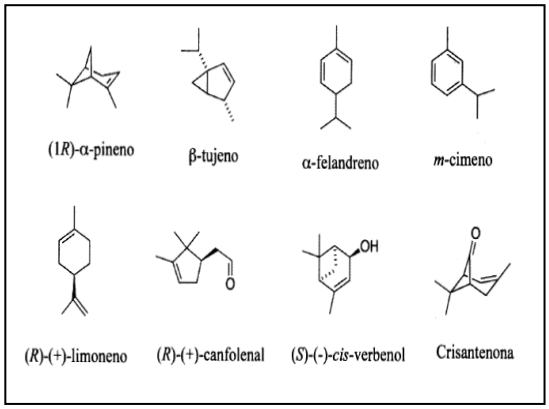

Figura 6. Estructura de los compuestos identificados en el aceite esencial de copal (Rodríguez, 2019).

En particular, la presencia de α-pineno como uno de los componentes mayoritarios coincide con los hallazgos de Salgado-Hernández et al. (2020), quienes lo reportan como un compuesto predominante en aceites esenciales de resinas de copal blanco. Asimismo, compuestos como el limoneno y el cis-verbenol han sido descritos previamente por sus propiedades aromáticas, antimicrobianas y antioxidantes, lo que les confiere interés para aplicaciones cosméticas y farmacológicas (Adams, 2007; Vargas-Morales & Martínez-Sánchez, 2018). La alta concordancia entre los resultados de este estudio y los reportes previos sugiere que el método de destilación utilizado preservó adecuadamente los compuestos volátiles característicos del aceite esencial de copal blanco, sin provocar su degradación térmica. Además, la identificación de compuestos bioactivos reafirma el potencial de esta resina como fuente de ingredientes naturales funcionales.

Finalmente, la confirmación de estos compuestos tanto mediante bases de datos espectrales como por comparación con literatura científica valida que el aceite obtenido en este estudio es auténtico y representa de manera confiable la

composición del aceite esencial de Protium copal. Esto abre la posibilidad de explorar aplicaciones prácticas del mismo en productos de uso tópico, perfumería natural y formulaciones dermocosméticas (Adams, 2007; Integrated Spectral Database System, s.f.).

3.1 Formulación de un producto cosmético con aceite esencial de copal.

La formulación de un ungüento que incluye el aceite esencial de copal obtenido y los pasos ilustrados para obtener el producto final se presentan a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2. Ingredientes y sus porcentajes masa para la formulación (elaboración propia).

Insumos	% masa	Insumos	% masa
Glicerina	3-10	Aceite mineral	5-15
Propilenglicol	1-7	Aceite esencial de copal	0.1-2
Extracto de sábila	1-7	Acido esteárico	1-5
Conservador	0.1-1	Alcohol cetílico	1-5
Miristato de isopropilo	2-7	Neutralizante	0.1-1
Aceite de Almendras	1-20	Agua desmineralizada	1 litro
Silicón	1-5	Emulsificante	1-5
Acido poliacrílico	0.1-1		

El material utilizado incluyó una pala de plástico, tres ollas de acero inoxidable, un tarro de plástico, un termómetro escala -10/110°C, una parrilla de calentamiento, una balanza electrónica.

3.1.1 Procedimiento de formulación.

a) En un recipiente se agrega el ácido poliacrílico y el 25% del agua total de la formulación para llevar a cabo su hidratación.

b) En otro recipiente de acero inoxidable se mezclan los compuestos miristato de isopropilo, aceite de almendras, aceite mineral, emulsificante, ácido esteárico y alcohol cetílico (fase oleosa).

c) En otro recipiente agregar el resto del agua y colocarlo en la parrilla de calentamiento hasta obtener una temperatura de 75-85°C.

d) Calentar la fase oleosa hasta obtener una temperatura de 75-85°C.

e) Al alcanzar esta temperatura se agrega el agua desmineralizada al ácido poliacrílico (fase acuosa) y se homogeniza; posteriormente se agrega la fase oleosa a la fase acuosa manteniendo la agitación en el medio.

f) Agitar la mezcla y posteriormente agregar: glicerina, propilenglicol, silicón y neutralizante, seguir agitando hasta que la mezcla llegue a una temperatura de 50- 55°C.

g) Agregar el extracto de sábila y seguir agitando hasta llegar a una temperatura de 35-40°C.

h) Agregar el conservador y el aceite esencial de copal manteniendo la agitación.

i) Homogenizar hasta llegar a una temperatura de 25°C.

j) Obtener el producto final y por último envasar (Figura 7).

Figura 7. Envasado del producto final.

Conclusiones

En este trabajo se llevó a cabo la extracción de aceite esencial de copal, a partir de la oleorresina proveniente de los árboles de copal. El método utilizado para llevar a cabo la extracción fue el de destilación por arrastre de vapor, cuya ventaja principal es que no introduce posteriormente etapas de separación complejas, al poder separar las fases simplemente por decantación.

De acuerdo con la experimentación, el rendimiento del aceite esencial fue de 1.5 % m/m, partiendo de 60 g de materia prima procesada. El análisis por GC-MS mostró que los compuestos presentes en el aceite esencial obtenido se identifican plenamente con aquellos que caracterizan el aceite esencial de copal, siendo principalmente α-pineno, (R)- (+) -limoneno, m-cimeno, entre otros. Por lo anterior, el aceite obtenido en este trabajo puede caracterizarse como un aceite esencial de copal. Finalmente, como parte importante de este trabajo, se empleó el aceite esencial de copal como insumo en la formulación de un producto cosmético, mostrando así una aplicación importante de esta sustancia.

Referencias

Adams, R. P. (2007). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry* (4th ed.). Allured Publishing Corporation.

Chen, Y., Zhang, X., & Bhandari, B. (2024). Extract toolkit for essential oils: State of the art, trends, and challenges. *Food Chemistry*, 461, 140854.

CONABIO. (2008). *La biodiversidad en Oaxaca: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

De la Cruz, G., Martínez, A., & Ramírez, C. (2023). Evaluation of two cosmetic products formulated with essential oil extracted from copal resin obtained in agroforestry systems. *Journal of Cosmetics*, 11(5), 169.

De la Cruz-Cañizares, J., López-Medina, M., & Torres, R. (2020). Chemical composition of fragrant Mexican copal (Bursera spp.): Analysis of fresh vs. aged resin. *Molecules*, 25(12), 22383.

Espinoza, L. C., Martínez, P., & Villacrés, G. R. (2022). Characterization and in vivo anti-inflammatory efficacy of copal (Dacryodes peruviana) essential oil. *Plants*, 11(22), 3104.

FAO. (2022). *Essential oils market and global trade trends*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org

INEGI. (2009). *Comercio exterior de aceites esenciales, 1998–2008*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2009). *Estadísticas de comercio exterior.* Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx

Integrated Spectral Database System of Organic Compounds. (s.f.). National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan. https://sdbs.db.aist.go.jp

Lawless, J. (2002). *The illustrated encyclopedia of essential oils: The complete guide to the use of oils in aromatherapy and herbalism*. Element Books.

Lis-Balchin, M. (2006). *Aromatherapy Science: A Guide for Healthcare Professionals*. Pharmaceutical Press.

Martínez, M. (1969). *Las plantas medicinales de México* (6ª ed.). Editorial Botas.

Molnárová, J., Cvikrová, M., & Valentová, O. (2020). Comparative analysis of Bursera resin composition from different regions in Mexico. *Natural Product Research*, 34(20), 2923–2931.

Pichersky, E., & Gershenzon, J. (2002). The formation and function of plant volatiles: Perfumes

for pollinator attraction and defense. *Current Opinion in Plant Biology*, 5(3), 237–243.

Rodríguez, M. E., Hernández, A., & Pérez, F. (2019). Composición química y actividad biológica del aceite esencial de Protium copal. *Revista Latinoamericana de Química y Biotecnología*, 7(2), 45–53.

Sadgrove, N. J., Gonçalves, J. C., & Jones, G. L. (2022). Essential oils: Historical perspectives, extraction methods and modern applications. *Journal of Ethnopharmacology*, 298, 115716.

Salgado-Hernández, C., Torres-Pérez, P., & Gutiérrez-Cuevas, A. (2020). Evaluación fitoquímica del aceite esencial de copal blanco (Protium copal) mediante GC-MS. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 51(1), 33–40.

Secretaría de Economía (SIAVI). (2023). *Sistema de Información Arancelaria Vía Internet*. https://www.siavi.economia.gob.mx

Tsitlakidou, A. (2023). Current status, technology, regulation and future perspectives of essential oils usage in the food and drink industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(5), 2221–2230.

Vargas-Morales, J. M., & Martínez-Sánchez, R. (2018). Caracterización de aceites esenciales en resinas aromáticas tradicionales de México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 17(3), 239–248.

Zhang, X., Zhang, X., Bhandari, B., & Wang, S. (2024). Advanced technologies in essential oil extraction: Trends and perspectives. *Food Chemistry*, 462, 140900.