



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“COMPOSICIÓN Y OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE
MENTA (*MENTHA PIPERITA L.* Y *MENTHA ARVENSIS L.*) Y SU
APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA Y DE BEBIDAS”**

TRABAJO ESCRITO VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTÍNUA

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

PRESENTA

CAROLINA GÁLVEZ CERVANTES



CDMX

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: FONSECA LARIOS RODOLFO
VOCAL: Profesor: OCAMPO HURTADO ANA LAURA
SECRETARIO: Profesor: ZAVALA ARELLANO MIGUEL ANGEL
1er. SUPLENTE: Profesor: SANCHEZ CHINCHILLAS ARGELIA
2° SUPLENTE: Profesor: MORAN RAMOS SOFIA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: CENTROS DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

ASESOR DEL TEMA: IB. MIGUEL ÁNGEL ZAVALA ARELLANO

SUSTENTANTE: CAROLINA GÁLVEZ CERVANTES

ÍNDICE

CAPITULO 1. Introducción.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
CAPÍTULO 2. Generalidades de los aceites esenciales.....	3
2.1 Qué son los aceites esenciales.....	3
2.2 Composición química.....	3
2.3 Propiedades biológicas.....	10
2.4 Clasificación.....	11
2.5 Localización en la planta.....	12
CAPÍTULO 3. Desarrollo.....	13
3.1 Generalidades de la <i>Mentha</i>	13
3.2 <i>Mentha piperita</i> L.....	16
3.3 <i>Mentha arvensis</i> L.....	18
CAPÍTULO 4. Aceites esenciales de menta.....	21
4.1 Generalidades de los aceites esenciales de menta.....	21
4.2 Aceite esencial de <i>Mentha piperita</i> L.....	24
4.3 Aceite esencial de <i>Mentha arvensis</i> L.....	26
CAPÍTULO 5. Métodos de obtención de los aceites esenciales de menta.....	28
5.1 Métodos de obtención convencionales.....	28
5.2 Métodos de obtención alternos.....	34

CAPÍTULO 6. Mentol.....	47
6.1 Características generales.....	47
6.2 Método de obtención del mentol natural.....	49
6.3 Mentol sintético.....	52
CAPÍTULO 7. Legislación de aceites esenciales y saborizantes en México, Estados Unidos y Europa.....	56
7.1 Especificaciones fisicoquímicas de aceites esenciales de menta.....	57
7.2 Adulteración de los aceites esenciales de menta.....	59
CAPÍTULO 8. Aplicaciones.....	61
8.1 Alimentos y bebidas.....	65
8.1.1 Saborizante.....	65
8.1.2 Conservador.....	78
8.1.3 Antioxidante.....	82
CAPÍTULO 9. Discusión.....	86
CAPÍTULO 10. Conclusiones.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del isopreno.....	5
Figura 2. Ejemplos de fenilpropanos en aceites esenciales.....	9
Figura 3. Taxonomía de <i>Mentha</i>	13
Figura 4. Principales componentes químicos de plantas de menta.....	14
Figura 5. Planta de <i>Mentha piperita</i> L.....	18
Figura 6. Planta de <i>Mentha arvensis</i> L.....	20
Figura 7. Tricoma glandular peltado de las hojas de menta.....	22
Figura 8. Destilación por arrastre de vapor.....	30
Figura 9. Tipos de destilaciones por arrastre de vapor.....	32
Figura 10. Rotavapor.....	33
Figura 11. Diagrama de fases.....	36
Figura 12. Extracción asistida por pulsos eléctricos.....	39
Figura 13. Hidrodestilación por microondas al vacío.....	40
Figura 14. Hidrodifusión por microondas y gravedad.....	42
Figura 15. Extracción por microondas sin disolvente.....	43
Figura 16. Contenido cuantitativo de terpenoides predominantes en aceites esenciales de <i>Mentha piperita</i> L.....	45
Figura 17. Representación de L-Mentol.....	48
Figura 18. Diagrama de la obtención de mentol natural.....	51
Figura 19. Isómeros del mentol.....	53
Figura 20. Lanzamientos de nuevos productos en la industria que contienen menta por categoría.....	67
Figura 21. Composición de una goma de mascar.....	70
Figura 22. Composición de una goma de mascar sin azúcar.....	71
Figura 23. Proceso de producción de goma de mascar.....	72
Figura 24. Mecanismo de acción antimicrobiano de los aceites esenciales.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nomenclatura de terpenos.....	5
Tabla 2. Ejemplos de monoterpenos y sesquiterpenos presentes en aceites esenciales.....	6
Tabla 3. Ejemplos de terpenoides en aceites esenciales.....	7
Tabla 4. Propiedades biológicas de algunos aceites esenciales.....	10
Tabla 5. Composición aproximada de <i>Mentha piperita</i> L.....	17
Tabla 6. Composición aproximada de <i>Mentha arvensis</i> L.....	19
Tabla 7. Composición aprox. del aceite esencial de <i>Mentha piperita</i> L.....	26
Tabla 8. Composición aproximada del aceite esencial de <i>Mentha arvensis</i> L. desmentolizado.....	27
Tabla 9. Comparación de los métodos de extracción convencionales.....	34
Tabla 10. Características de fluidos supercríticos usados.....	37
Tabla 11. Comparación de los métodos de extracción alternos.....	44
Tabla 12. Evaluación sensorial y parámetros fisicoquímicos de los isómeros del (1R)-Mentol.....	54
Tabla 13. Evaluación sensorial y parámetros fisicoquímicos de los isómeros del (1S)-Mentol.....	55
Tabla 14. Especificaciones fisicoquímicas para el aceite esencial de <i>Mentha piperita</i> L.....	58
Tabla 15. Especificaciones fisicoquímicas para el aceite esencial de <i>Mentha arvensis</i> L.....	58
Tabla 16. Comparación de componentes seleccionados para determinar adulteración.....	60
Tabla 17. Primeras compañías productoras de aceites esenciales.....	63
Tabla 18. Consumo mundial estimado de los principales aceites esenciales.....	64
Tabla 19. Contenido promedio de saborizante en productos alimenticios y de aceite esencial en el saborizante.....	66
Tabla 20. Precios de aceites esenciales estándar y orgánicos.....	85

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales son líquidos naturales, volátiles y aromáticos extraídos de plantas especiales. Los aceites esenciales son una mezcla compleja de metabolitos secundarios (terpenos, compuestos fenólicos, alcoholes, etc.). Caracterizados por un fuerte olor y sabor que son variables dependiendo de la composición química del aceite esencial, poseen una amplia gama de actividades biológicas, incluidas las antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias (Falleh et., al, 2020).

Los aceites esenciales son ampliamente usados en diversos productos cosméticos, farmacéuticos, alimenticios, entre otros, y tienen una creciente demanda en el mercado por ser productos naturales, siendo el aceite esencial de menta uno de los más importantes mundialmente.

El aceite esencial de menta es uno de los más utilizados debido a sus propiedades aromáticas. Todas las especies e híbridos naturales de *Mentha* contienen aceites esenciales. Hoy en día, los taxones de *Mentha*, ya sean nativos o naturalizados, son ubicuos y se encuentran en todos los continentes excepto en la Antártida. Debido a las propiedades aromáticas de estos taxones, algunos se han utilizado tradicionalmente durante más de 2000 años.

Mentha es el género más importante de la familia *Labiatae* (*Lamiaceae*) porque contiene una serie de taxones cuyos aceites esenciales han alcanzado un alto valor económico. Estos aceites son *Mentha arvensis* L. (la fuente natural de mentol), *Mentha piperita* L., hierbabuena escocesa y hierbabuena nativa. La cantidad de aceites producidos anualmente supera las 23,000 toneladas métricas con un valor superior a los 400 millones de dólares. Esto los convierte en uno de los aceites esenciales más importantes económicamente producidos (Lawrence, 2006).

Los aceites de menta se utilizan ampliamente en la industria de los aromas y sabores, donde son componentes indispensables de los productos de las industrias de confitería, las bebidas alcohólicas y el tabaco. También se utilizan ampliamente

en la industria de las fragancias en productos de cuidado personal, cuidado bucal y aromatizantes, y en menor medida, en fragancias finas.

Por lo que en este trabajo se hará una investigación de los aceites esenciales de menta más utilizados en la industria alimentaria, provenientes de *Mentha piperita L.*, y *Mentha arvensis L.*, haciendo énfasis en la importancia que tienen para la elaboración de diversos productos alimenticios.

1.1 Objetivo

El objetivo del presente trabajo es realizar una investigación bibliográfica sobre las dos principales especies de aceite esencial de menta utilizados a nivel mundial: *Mentha piperita L.* y *Mentha arvensis L.* En esta actualización se expondrán sus características, composición, los métodos convencionales y alternos para la obtención del aceite esencial, así como el método de obtención del mentol y sus características, por ser éste también un compuesto de una gran importancia para el sector alimentario. Así mismo se abordarán temas sobre la aplicación en la industria alimentaria y de bebidas de los aceites esenciales de menta piperita y menta de maíz.

CAPÍTULO 2. GENERALIDADES DE LOS ACEITES ESENCIALES

2.1 Qué son los aceites esenciales

Los aceites esenciales son mezclas complejas de compuestos volátiles producidos por organismos vivos y aislados únicamente por medios físicos de una planta completa o parte de una planta conocida. (Baser y Buchbauer, 2015)

Los aceites esenciales son sintetizados por casi todos los órganos de las plantas, en particular las flores, brotes, hojas, semillas, tallos y frutos. Se pueden utilizar numerosas técnicas para extraer aceites esenciales de estas partes de la planta. Las destilaciones con arrastre de vapor son los métodos más antiguos, simples y más utilizados para extraer aceites esenciales. También se pueden aplicar métodos particulares para plantas específicas como prensado en frío (exclusivamente para la piel de cítricos) o enfleurage especialmente aplicado para rosas (Falleh et., al, 2020).

Los aceites suelen ser líquidos, pero algunos son sólidos (por ejemplo, lirio) o semisólidos (por ejemplo, madera de guayaco), a temperatura ambiente. La mayoría de los aceites esenciales son incoloros o de color amarillo pálido, aunque algunos son de colores intensos, como la manzanilla azul y la valeriana europea, que es verde (Tisserand y Young, 2014).

2.2 Composición química

Los aceites esenciales son una mezcla compleja de compuestos volátiles caracterizados por un fuerte olor y sabor que son variables dependiendo de la composición química del aceite esencial. Generalmente, los aceites esenciales son sustancias complejas que contienen un número variable de componentes polares y no polares a diferentes concentraciones.

Sin embargo, solo dos o tres componentes predominantes están presentes en concentraciones adecuadas (20-90%), mientras que las concentraciones de otros compuestos son generalmente significativamente más bajas (Falleh et., al, 2020).

Los aceites esenciales están constituidos por compuestos con diversas estructuras químicas, que se producen en todas las plantas aromáticas mediante la fotosíntesis a través de dos vías. Uno es la multiplicación del isopreno. Y la otra es la biosíntesis del ácido shikímico, en la que se producen compuestos aromáticos derivados del fenilpropano como eugenol, anetol, aldehído cinámico, etc. (Li et., al, 2014).

Por lo tanto, los componentes de los aceites esenciales se pueden dividir en dos categorías principales:

- Hidrocarburos terpénicos y terpenoides
- Fenilpropanos

Según el perfil de acoplamiento de cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS), es común identificar varias decenas o incluso cientos de componentes en un mismo aceite esencial. Sin embargo, algunos aceites esenciales contienen solo unos pocos compuestos que determinan las propiedades aromáticas e incluso si su contenido es bajo (Li et., al, 2014).

Existe evidencia de que la composición química de los aceites esenciales es muy variable, cualitativa y cuantitativamente, dependiendo de innumerables factores como temporadas de recolección, fuentes geográficas, órgano vegetal, grado de madurez de la planta, el cultivo, método de extracción y condiciones de procesamiento.

Terpenos y terpenoides

Los terpenos se caracterizan por su elemento estructural básico (unidad de isopreno, Figura 1) y están formados por la condensación de dos o más unidades de isopreno. Teniendo en cuenta el número de subunidades de isopreno que contienen, los terpenos se clasifican en diferentes subgrupos (Falleh, et al, 2020).

La Tabla 1 muestra la nomenclatura de los terpenos, dependiendo del número de isoprenos que contenga.

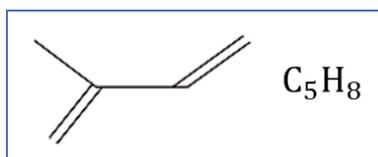


Figura 1. Estructura del isopreno

Átomos de carbono	Unidades de Isopreno	Nomenclatura
40	8	Tetraterpenos
30	6	Triterpenos
25	5	Sesterterpenos
20	4	Diterpenos
15	3	Sesquiterpenos
10	2	Monoterpenos

Tabla 1. Nomenclatura de terpenos (Hashemi et., al, 2018).

Los terpenoides son terpenos modificados bioquímicamente en los que las enzimas pueden agregar moléculas de oxígeno y eliminar o mover un grupo metilo. Un oxígeno que contiene terpenos se llama terpenoide. Por otro lado, los terpenoides también denominados isoprenoides que son la familia de terpenos oxigenados como hidrocarburos como fenoles, alcoholes, cetonas, aldehídos, ácidos, ésteres y éteres (Hashemi et., al, 2018).

Cabe destacar que los mono y sesqui terpenos, y terpenoides son frecuentemente las moléculas predominantes en los aceites esenciales, pudiendo llegar a un porcentaje de hasta el 90% del aceite esencial total.

Algunos terpenos y terpenoides son volátiles (mono y sesqui), mientras que otros no lo son (di y tri). Los terpenos y terpenoides inferiores se refieren comúnmente a compuestos con 10 y 15 carbonos y generalmente se denominan aceites esenciales cuando se encuentran juntos. Por otro lado, los terpenos y terpenoides superiores se refieren a compuestos con 20 o más carbonos. Como último grupo, el término

resina se utiliza cuando los terpenos y terpenoides no volátiles (di o tri) se combinan con los volátiles (mono y sesqui).

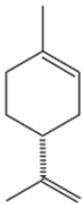
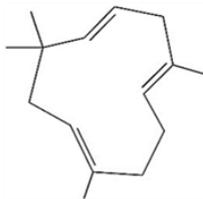
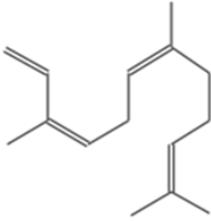
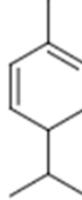
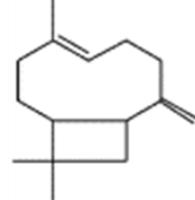
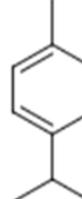
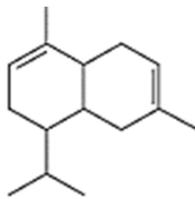
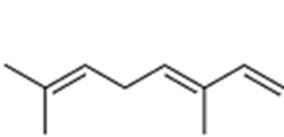
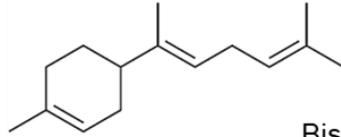
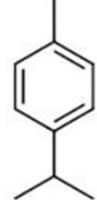
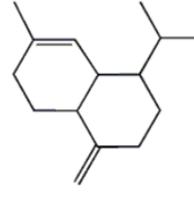
Monoterpenos	Sesquiterpenos
 <p data-bbox="597 426 727 457">Limoneno</p>	 <p data-bbox="1128 426 1258 457">Humuleno</p>
 <p data-bbox="613 667 719 699">Mirceno</p>	 <p data-bbox="1133 667 1271 699">Farneseno</p>
 <p data-bbox="597 909 743 940">Felandreno</p>	 <p data-bbox="1141 909 1279 940">Cariofileno</p>
 <p data-bbox="597 1150 727 1182">Terpineno</p>	 <p data-bbox="1149 1150 1279 1182">Cadineno</p>
 <p data-bbox="613 1381 735 1413">Ocimeno</p>	 <p data-bbox="1133 1413 1279 1444">Bisaboleno</p>
 <p data-bbox="613 1623 719 1654">Cimeno</p>	 <p data-bbox="1133 1623 1271 1654">Muuroleno</p>

Tabla 2. Ejemplos de monoterpenos y sesquiterpenos presentes en aceites esenciales.

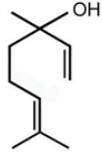
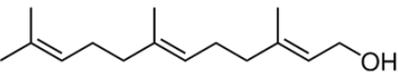
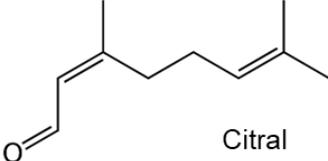
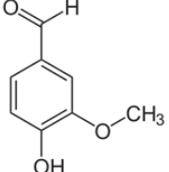
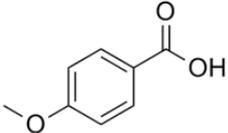
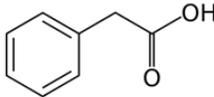
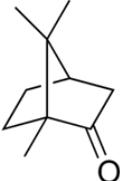
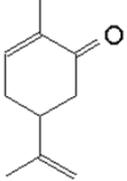
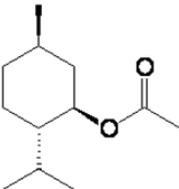
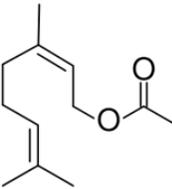
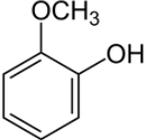
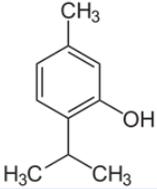
Grupo funcional	Terpenoide	
Alcohol	 <p data-bbox="748 321 849 348">Linalool</p>	 <p data-bbox="1192 321 1305 348">Farnesol</p>
Aldehído	 <p data-bbox="764 506 833 533">Citral</p>	 <p data-bbox="1203 474 1305 501">Vanilina</p>
Ácido carboxílico	 <p data-bbox="721 699 889 726">Ácido anísico</p>	 <p data-bbox="1133 699 1357 726">Ácido fenilacético</p>
Cetona	 <p data-bbox="756 884 862 911">Alcanfor</p>	 <p data-bbox="1195 884 1300 911">Carvona</p>
Éster	 <p data-bbox="748 1094 886 1150">Acetato de Mentilo</p>	 <p data-bbox="1195 1094 1333 1150">Acetato de Nerilo</p>
Éter	 <p data-bbox="764 1310 870 1337">Estragol</p>	 <p data-bbox="1219 1310 1305 1337">Cineol</p>
Fenol	 <p data-bbox="753 1514 867 1541">Guaiacol</p>	 <p data-bbox="1227 1514 1300 1541">Timol</p>

Tabla 3. Ejemplos de terpenoides en aceites esenciales.

Fenilpropanos

El esqueleto de los fenilpropanos consiste invariablemente en un anillo aromático de 6 carbonos con una cadena lateral de 3 carbonos unida. La cadena lateral siempre contiene un doble enlace, pero solo ocasionalmente un grupo funcional de oxígeno (por ejemplo, cinamaldehído en aceite de canela) (Peter, 2012). El anillo aromático puede estar sustituido en los carbonos 3, 4 y 5 por grupos metilendioxi (como el safrol), hidroxilo (como el alcohol cinámico), metoxi (como el estragol), entre otros. En la Figura 2 se ejemplifican dichas moléculas.

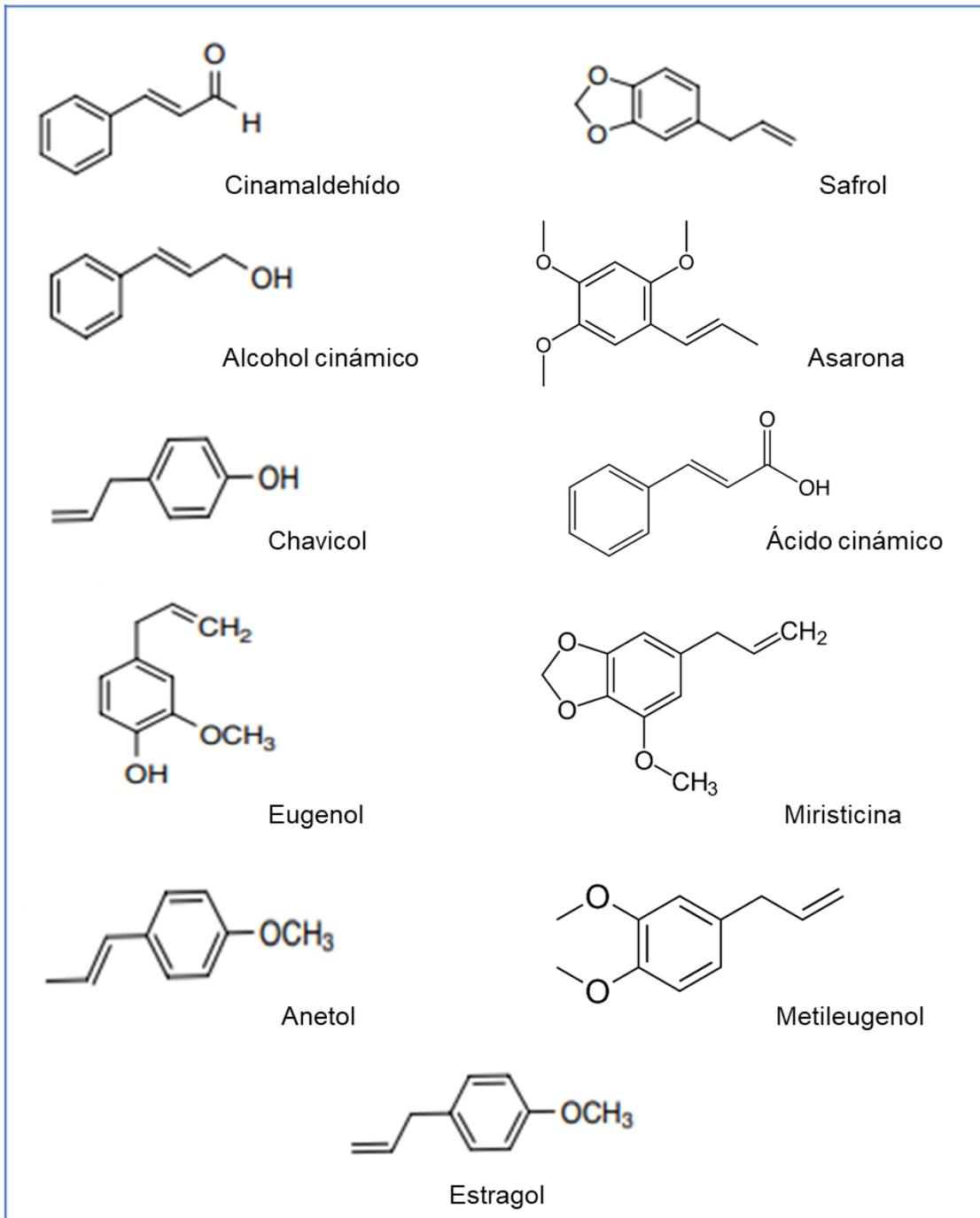


Figura 2. Ejemplos de fenilpropanos en aceites esenciales.

2.3 Propiedades biológicas

En la naturaleza, las características aromáticas y químicas particulares de los aceites esenciales cumplen muchas funciones importantes para las plantas, como atraer insectos beneficiosos y polinizadores, proteger a las plantas de algún estrés ambiental (calor, frío, etc.) y proteger a las plantas de plagas y microorganismos. Esos aceites esenciales bioactivos son mundialmente conocidos por sus actividades biológicas comprobadas, incluidas las propiedades antimicrobianas, antifúngicas, antioxidantes, antivirales, antiséptica, antiparasitarias e insecticidas (Falleh et., al, 2020). Algunos ejemplos de estas actividades se detallan en la Tabla 4.

Familia	Aceite esencial	Propiedades
<i>Monimiaceae</i>	<i>Peumus boldus</i>	Actividad colagoga, hepatoprotectora, antioxidante, antiinflamatoria, antifúngica, antimicrobiana y antihelmíntica
<i>Lamiaceae</i>	<i>Mentha piperita L.</i>	Actividad antioxidante, antimicrobiana y antiinflamatoria.
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper nigrum L.</i>	Actividad antibacteriana, antifúngica, anticancerígena y antiprotozoarias
<i>Asteraceae</i>	<i>Artemisia scoparia</i>	Actividad antioxidante
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Nigella sativa</i>	Actividad antioxidante y antimicrobiana
<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus esculentus and Cyperus rotundus</i>	Actividad antiinflamatoria, antiartrítica, analgésica y anticonvulsiva
<i>Rutaceae</i> <i>Lauraceae</i>	<i>Citrus Cinnamomum sp</i>	Actividad antimicrobiana, antioxidante e insecticida
<i>Apiaceae</i>	<i>Trachyspermum ammi</i>	Actividad antimicrobiana, antioxidante, antiaflatoxigénica y antitermita
<i>Cardiopteridaceae</i>	<i>Citronella</i>	Actividad antiséptica, antibacteriana y antiinflamatoria
<i>Myrtaceae</i>	Clavo	Actividad antiséptica, antibacteriana, antifúngica y anestésica

Tabla 4. Propiedades biológicas de algunos aceites esenciales (Falleh et., al, 2020).

2.4 Clasificación

Los aceites se pueden clasificar con base a su consistencia, origen o composición química.

Por su consistencia:

- Esencias fluidas. Son líquidos muy volátiles a temperatura ambiente (esencias de albahaca, caléndula, citronela, romero, tomillo, menta, salvia, limón).
- Bálsamos. Son de consistencia más espesa, poco volátiles, contienen principalmente sesquiterpenoides y son propensos a polimerizarse (bálsamos de Copaiba, bálsamo de Perú, bálsamo de Tolú).
- Oleorresinas. Tienen el aroma de las plantas en forma concentrada, son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas. Contienen los aceites esenciales, los aceites fijos, los colorantes y los principios activos de la planta (caucho, oleorresinas de páprika, de pimienta negra, de clavel).
- Concretos. Se obtienen de plantas aromáticas frescas por extracción con solventes apolares. Tienen forma de semi-sólidos coloreados, libres del solvente original. Estos componentes no son muy solubles en las bases para perfumes siendo así necesaria su conversión en absolutos.
- Absolutos. Son productos de conversión de concretos por la extracción con etanol. Una vez completa la disolución, los absolutos se refrigeran a temperaturas de -5°C a -1°C . A estas temperaturas las ceras se precipitan y se pueden remover por filtración. El rendimiento de absolutos a partir de concretos varía de 1% a 65%.

Por su origen:

- Naturales. Se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosos.
- Artificiales. Se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de

esencia de rosa, geranio y jazmín enriquecida con linalol, o la esencia de anís enriquecida con anetol.

- Sintéticos. Como su nombre lo indica son los producidos por la combinación de sus componentes, los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes.

Por su composición química:

Los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios:

- Aceites esenciales ricos en monoterpenos, se denominan aceites esenciales monoterpenoides (por ejemplo: hierbabuena, albahaca y salvia).
- Aceites esenciales ricos en sesquiterpenos, son los aceites esenciales sesquiterpenoides (por ejemplo: copaiba, pino y junípero).
- Aceites esenciales ricos en fenilpropanos, son los aceites esenciales fenilpropanoides (por ejemplo: clavo, canela y anís) (Martínez, 2003).

2.5 Localización en la planta

A los aceites esenciales se les puede encontrar en diferentes partes de la planta: en las hojas (ajenjo, albahaca, eucalipto, hierbabuena, limoncillo, mejorana, menta, pachulí, quenopodio, romero, salvia, toronjil, etc.), en las raíces (angélica, ásaro, azafrán, cálamo, cúrcuma, galanga, jengibre, sándalo, sasafrás, valeriana, vetiver, etc.), en el pericarpio del fruto (limón, mandarina, naranja, etc.), en las semillas (anís, cardamomo, eneldo, hinojo, comino, etc.), en el tallo (canela, etc.), en las flores (árnica, lavanda, manzanilla, tomillo, clavo de olor, rosa, etc.) y en los frutos (alcaravea, cilantro, laurel, nuez moscada, perejil, pimienta, etc.) (Martínez, 2003).

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

3.1 Generalidades de la *Mentha*

Las mentas son hierbas aromáticas que pertenecen al género *Mentha* y a la familia *Lamiaceae*, en la Figura 3 se muestra la clasificación taxonómica de la planta.

A nivel mundial, el género *Mentha* comprende más de 30 especies distribuidas principalmente en regiones templadas, tropicales y subtropicales. El número de especies taxonómicamente válidas en el género no se puede determinar con certeza, ya que se cruzan libremente entre sí, produciendo muchas formas intermedias. La mayoría de las especies son perennes con tallos frondosos, estolones o injertos subterráneos. Casi todos contienen aceites esenciales y se cultivan media docena de especies. El subcontinente Indio es una de las fuentes más ricas de la especie *Mentha*, donde se sabe que crecen al menos diez especies (Lawrence, 2006).

Reino	<i>Plantea</i>
Orden	<i>Lamiales</i>
Familia	<i>Lamiaceae</i>
Tribu	<i>Mentheae</i>
Género	<i>Mentha</i>

Figura 3. Taxonomía de *Mentha*.

La *Mentha* es un cultivo industrial que se cultiva ampliamente por su aceite esencial, cuyo componente principal es el L-Mentol, un alcohol monoterpénico monocíclico. El aceite esencial, el mentol y otros componentes químicos de *Mentha* se utilizan

para diversos fines en la industria alimentaria, de perfumería, farmacéutica y del tabaco.

Los componentes químicos principales de algunas especies de menta se presentan a continuación. La Figura 4, representa dichos componentes.

- *Mentha arvensis* L.: L-Mentol (75%-80%), L-Mentona (6%-10%)
- *Mentha piperita* L.: L-Mentol (45%-55%), acetato de L-Mentilo (20%), L-Mentona (10%)
- *Mentha spicata* L.: L-Carvona (60%-70%), L-limoneno (15%-25%)
- *Mentha longifolia* L.: L-Carvona (65%-73%), L-limoneno (15%-25%)
- *Mentha citrata*: linalol (45%-50%), acetato de linalilo (35%-40%) (Peter, 2012).

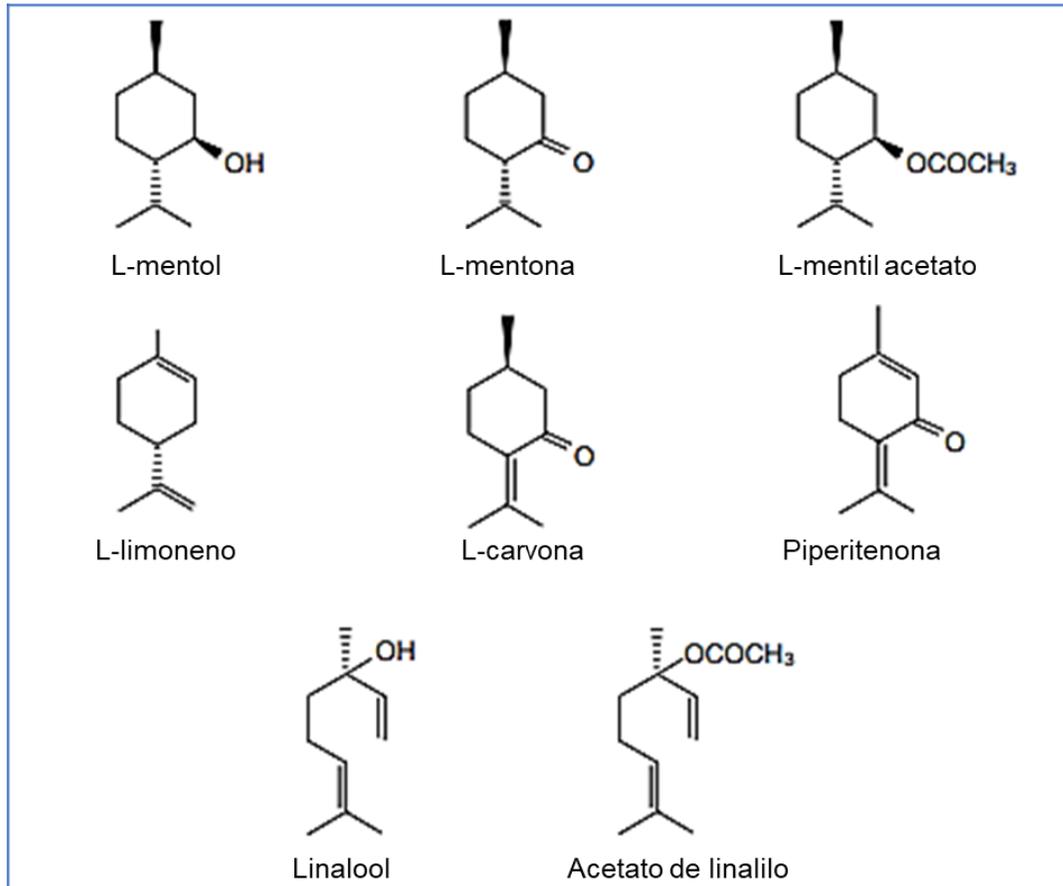


Figura 4. Principales componentes químicos de plantas de menta (Peter, 2012).

India es actualmente el mayor consumidor, productor y exportador de menta y productos relacionados, del mundo. Otros importantes productores de aceite de menta son China, Japón, Brasil y Estados Unidos. Algunos de los productos de menta de alta demanda incluyen aceite de *Mentha arvensis L.*, aceite deterpenado, cristales de L-Mentol, escamas de mentol, polvo de mentol, neo-mentol, iso-mentol, aceite de *Mentha piperita L.*, mentol líquido, L-Mentona, cis-3-hexenol, acetato de cis-3-hexenilo, acetato de mentilo, terpenos de menta, 3-octanol, acetato de 3-octanilo y L-limoneno.

India aporta entre el 75% y el 80% de la producción total de aceite esencial de menta, y el resto lo aporta China (9%), seguida de Brasil y Estados Unidos. En los últimos años, la producción mundial ha aumentado y se calculó que la producción sólo de la India fue cercana a las 35,000 toneladas entre 2009 y 2010. El consumo total en el mercado nacional e internacional suele mantenerse cerca de las 25,000 toneladas por año. China ha sido el mayor importador de aceite de menta de la India desde 2007-2008, representando alrededor del 31% de las exportaciones totales, seguida de Estados Unidos (19%) y Alemania (12%). Los otros grandes importadores son Argentina, Brasil, Francia, Japón, Reino Unido, Indonesia y Bélgica.

Las variedades de mentas más comúnmente disponibles y utilizadas comercialmente son:

1. *Mentha arvensis L.* (Menta de maíz): Aroma de menta dulce y fuerte. Se utiliza mucho en alimentos y aromatizantes.
2. *Mentha spicata L.* (Menta verde o hierbabuena): sabor más fuerte y menos dulce que la menta piperita. Se ha utilizado para elaborar la tradicional salsa de menta para preparar cordero.
3. *Mentha piperita L.* (Menta): una menta híbrida con un fuerte sabor a menta. Ampliamente utilizado en la industria de los aromas en caramelos, chicles, dentífricos, etc.
4. *Mentha pulegium L.* (Menta poleo): sabor fuerte similar a la menta verde cuando se tritura. Utilizado históricamente en la cocina y ahora utilizado en aromaterapia.

5. *Mentha requieni Benth.* (Menta corsa): a menudo se utiliza para dar sabor a licores junto con *Mentha piperita L.* (Peter, 2012).

3.2 *Mentha piperita L.*

Sinónimos: Menta piperita, menta negra, menta.

Nombre botánico: *Mentha piperita L.*

Mentha piperita L. o como comúnmente se la llama menta, ya era bien conocida en los siglos pasados y se utilizaba no sólo como agente aromático sino también como hierba medicinal. La menta tiene un amplio espectro de bioactividades tanto en sistemas in vitro como in vivo que incluyen acciones antioxidantes, antitumorales, antimicrobianas, hipo alergénicas e inmunomoduladoras (Pavlić et., al, 2021).

Se utiliza principalmente para aliviar la tos, los resfriados, molestias bucales, los problemas digestivos, los síntomas menstruales (relajante muscular), el alivio del dolor, los dolores de cabeza y los problemas de la piel (Desam et., al, 2017).

Morfología. Es una planta herbácea perenne rizomatosa que crece de 30cm a 90cm de altura con tallos lisos. Las hojas miden de 4cm a 9cm de largo y de 1.5cm a 4cm de ancho, de color verde oscuro con nervaduras rojizas, ápice agudo y márgenes dentados gruesos. Las hojas y los tallos suelen ser ligeramente peludos. Las flores son de color púrpura, de 6mm a 8mm de largo con una corola de cuatro lóbulos de unos 5mm de diámetro. Se producen alrededor del tallo, formando espigas romas gruesas. La floración ocurre generalmente desde mediados hasta finales del verano (Peter, 2012).

Compuesto	Contenido (%)
β -Pinoeno	0.1
Limoneno	0.3
1,8-Cineol	1.3
cis- <i>p</i> -Cimeno	Tr
Isovalerato de isopentilo	0.2
cis-3-Hexenol	Tr
3-Octanol	0.2
1-Octanol	Tr
1-Octen-3-ol	Tr
cis-2-Mentenol	0.5
Mentona	4.5
Mentofurano	Tr
Isomentona	1.5
Acetato de neomentilo	0.5
trans-2-Mentenol	0.2
Acetato de mentilo	9.2
Acetato de isomentilo	0.4
Neomentol	4.7
Terpinen-4-ol	0.3
β -Cariofileno	0.1
L-Mentol	64.0
Isomentol	0.5
Viridiflorol	0.1
Espatuleno	0.1
Timol	Tr

Tabla 5. Composición aproximada de *Mentha piperita* L. (Peter, 2012).



Figura 5. Planta de *Mentha piperita* L. (Peter, 2012).

3.3 *Mentha arvensis* L.

Sinónimo: Menta Japonesa, Menta de maíz, Menta mentol, Menta silvestre, Menta de campo.

Nombres botánicos: *Mentha arvensis* L.; *Mentha arvensis* f. *piperascens* Malinv. ex Holmes; *Mentha arvensis* L. var. *glabrata* Benth.; *Mentha arvensis* L. var. *villosa* Benth.; *Mentha canadensis* L.

M. arvensis L. se utiliza como agente carminativo, antiespasmódico y antipéptico para las úlceras y se ha administrado para tratar la indigestión, las enfermedades de la piel, la tos y los resfriados en la medicina popular. Investigaciones recientes han confirmado que el extracto vegetal posee efecto hepatoprotector, antioxidante, antialérgico, antiinflamatorio, sedante-hipotónico y antimicrobiano (Biswas et., al, 2014).

Morfología. Es una planta erecta con un solo tallo, que esta desprovisto de pelos en la parte inferior con algunos pelos cerca de la parte superior hasta algunas ramas. Las hojas, que están dispuestas en pares opuestos, son dentadas, de forma lanceolada a elíptica y de color verde oscuro brillante, ocasionalmente con un tinte

púrpura. Son de tamaño bastante grande, de aproximadamente 9.5cm de largo y 2.5cm de ancho, y tienen pelos cortos en la parte inferior con pelos escasos en la parte superior. Las flores son de color malva, de aproximadamente 5mm de longitud y dispuestas en espirales en las axilas de las hojas (Peter, 2012).

Compuesto	Contenido (%)
α -Pinoeno	0.25
β -Pinoeno	0.29
Sabinoeno	0.10
Mirceno	0.06
Limoneno	0.35
1,8-Cineol	0.20
<i>p</i> -Cimeno	0.02
Hex-3-en-1-ol	0.15
Octan-3-ol	0.45
L-Mentona	8.74
Isomentona	3.92
Alcanfor	0.12
3-Metilbutanoato	Tr
Neopulegol	Tr
Acetato de neomentilo	1.19
Isopulegona	Tr
Terpinen-4-ol	0.36
Neomentol	2.03
Pulegona	0.16
L-Mentol	77.67
Piperitona	0.44
Carvona	1.96

Tabla 6. Composición aproximada de *Mentha arvensis* L. (Peter, 2012).



Figura 6. Planta de *Mentha arvensis* L. (Peter, 2012).

CAPÍTULO 4. ACEITES ESENCIALES DE MENTA

4.1 Generalidades de los aceites esenciales de menta

El aceite de menta comprende más de 200 componentes según la especie, el cultivo, las condiciones climáticas, la ubicación geográfica de la planta y el método de extracción. Algunos de los componentes más comunes de las mentas incluyen mentol, neo-mentol, acetato de mentilo, acetato de neo mentilo, limoneno, carvona, mentona, isomentona, octan-3-ol, piperitenona, *p*-cimeno, decanol, óxido de piperitenona, linalol, acetato de linalilo, pulegona, mentofurano, acetato de cis-3-hexenilo y cis-3-hexenol (Peter, 2012).

Los aceites esenciales son sustancias lipofílicas producidas por tejidos secretores especializados llamados tricomas glandulares. Los tricomas glandulares que secretan aceites esenciales son la base de la importancia económica de varias familias de plantas, incluidas las *Lamiaceae*. En la menta, el sitio de la biosíntesis de los aceites esenciales se ha localizado en las células secretoras de los tricomas glandulares, principalmente localizadas en las superficies de las hojas y tallos. Los tricomas peltados están envueltos por una cutícula, que acumula el aceite esencial en una cavidad de almacenamiento subcuticular (Lawrence, 2006). La Figura 7, representa un tricoma glandular peltado de hojas de menta que ilustra la ubicación de estas estructuras.

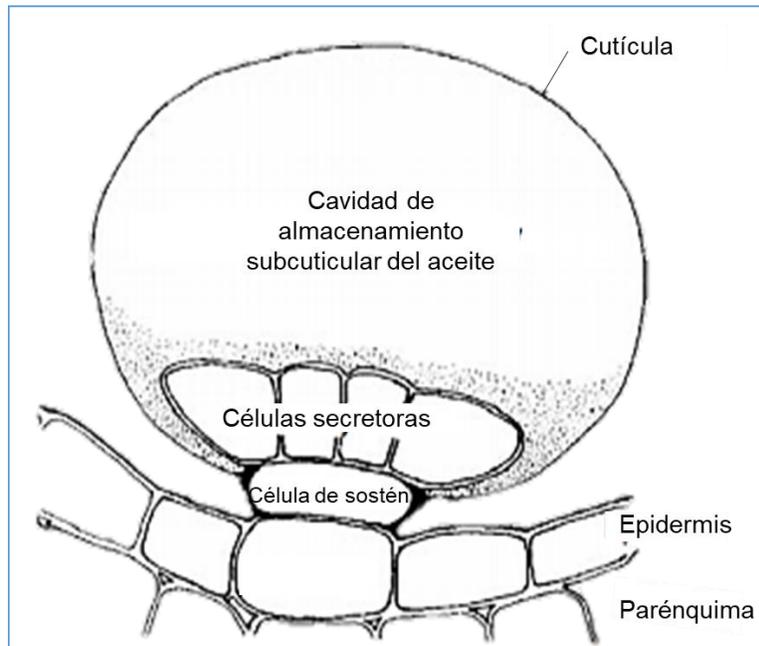


Figura 7. Tricoma glandular peltado de las hojas de menta (Lawrence, 2006).

Es conveniente considerar estos aceites en dos grupos: menta y hierbabuena. Los aceites de menta piperita (*M. piperita L.*) y de menta de maíz (*M. arvensis L.*) tienen mucho en común, siendo los principales componentes de cada uno mentol, mentona, acetato de mentilo y otros ésteres. Es la proporción de estos componentes lo que determina sus perfiles distintivos (Reineccius, 2006).

El aceite esencial aislado de las hojas de menta es hidrófobo, volátil y una mezcla compleja que consta de más de 200 compuestos. Las hojas de menta contienen aproximadamente 1.2%-3.9% (v/p) de aceite esencial, cuyo rendimiento y composición química están fuertemente relacionados con el origen geográfico, el estado nutricional de las plantas, la edad fisiológica y la etapa de desarrollo de las plantas, etc. El rendimiento y la composición química del aceite esencial aislado de las hojas de menta también están relacionados con la selección de las técnicas de extracción aplicadas (por ejemplo, hidrodestilación, hidrodestilación junto con extracción asistida por microondas, extracción con CO₂ supercrítico, etc.) y las condiciones experimentales (Pavlić et., al, 2021).

La industria basada en aceites esenciales está plagada de problemas relacionados con la calidad del aceite, el uso cada vez mayor de pesticidas y productos químicos, el agotamiento de los recursos y las variaciones en el costo de producción. Dado

que la mayoría de estos productos se utilizan en medicamentos y productos farmacéuticos y también están destinados al consumo humano, es imperativo que se sigan estrictamente las buenas prácticas agrícolas (BPA), incluidas la gestión posterior a la cosecha, para garantizar una producción económica y sostenible. Los factores importantes en BPA para *Mentha* incluyen clima, suelo, material vegetal de calidad y propagación, manejo del agua, requerimientos nutricionales, manejo de malezas, manejo de insectos, plagas y enfermedades, cosecha y almacenamiento.

El último de ellos es particularmente importante, ya que el aceite esencial de especies de menta sufre cambios considerables en su composición química durante el almacenamiento. Si el aceite se almacena durante un período prolongado, tiene lugar la polimerización, lo que afecta negativamente la calidad del aceite. La presencia de humedad en el aceite puede provocar rancidez. Para evitar este tipo de pérdida, el aceite esencial debe secarse completamente mediante el uso de sulfato de sodio anhidro o cualquier otro agente deshidratante antes de su almacenamiento. El aceite de menta se almacena en botellas de colores, recipientes herméticos de aluminio o galvanizados. Dado que es de naturaleza ácida, no debe almacenarse en contenedores de hojalata. Los contenedores deben ser herméticos y llenos hasta el borde y preferiblemente deben mantenerse en condiciones secas, frías y oscuras (Peter, 2012).

Generalmente para la obtención del aceite esencial, la menta se propaga mediante esquejes de raíz y, como las plantas continúan prosperando durante aproximadamente 5 años, es necesario seleccionar el cultivo con mucho cuidado. En condiciones óptimas de suelo y clima, el mejor rendimiento y calidad de aceite se produce en el segundo y tercer año. Normalmente, las plantas se reemplazan después de la quinta cosecha. La cosecha se lleva a cabo cuando las plantas están en plena floración, siendo el momento preciso crítico para garantizar el máximo rendimiento y un aceite bien equilibrado. El rendimiento disminuye rápidamente después de la plena floración debido principalmente a la caída de las hojas. Si se retrasa el corte, la pérdida de aceite puede ser significativa, pero el corte demasiado temprano da como resultado un aceite de mala calidad que tiene un sabor indiferente (Reineccius, 2006).

4.2 Aceite esencial de *Mentha piperita* L.

La menta piperita se cultiva casi exclusivamente para la destilación de su aceite esencial. El aceite esencial está disponible comercialmente en las siguientes formas:

1. Natural: la destilación principal de las hojas.
2. Rectificado (o bidestilado): una redestilación del aceite principal en la que se rechazan las fracciones de punto de ebullición más altas.
3. Rectificado doble (o triple destilado): rectificación en la que se rechazan del 5% al 10% de las fracciones de menor punto de ebullición y del 2% al 5% de los residuos de destilado de alto punto de ebullición.

Para la mayoría de los propósitos, se utiliza el aceite rectificado simple, el que se describe en el Food Chemical Codex. En productos donde la solubilidad es importante, o donde es esencial un sabor limpio a menta (por ejemplo, licores o cremas de menta y rellenos de chocolate), se prefiere el aceite triple destilado.

Rectificación

Los aceites de menta obtenidos mediante una destilación, recibidos de los principales productores, a menudo tienen notas desagradables marcadas y objetables de azufre debido a la presencia de dimetilsulfuro y otros polisulfuros. Estas notas indeseables, que restan valor al perfil mentolado limpio y fresco, se eliminan mejor mediante un proceso de rectificación. La rectificación de cualquier aceite esencial es un proceso de redestilación en el que las fracciones de alto y/o bajo punto de ebullición se separan en la medida necesaria para proporcionar un producto final que tenga las propiedades físicas y sensoriales deseadas. El proceso, aunque mejora considerablemente los atributos sensoriales de un aceite, no puede convertir un aceite de mala calidad en uno bueno. Dado que la redestilación implica cierto grado de concentración, el proceso puede acentuar ciertas anomalías o desequilibrios en los componentes aromatizantes en lugar de eliminarlos. La rectificación se lleva a cabo de dos formas:

1. Destilación al vacío: el aceite se vuelve a destilar a alto vacío (5–10mmHg), a una temperatura suficientemente baja para garantizar un daño mínimo a cualquier componente termolábil. Los vapores aromáticos se elevan a través de una columna de fraccionamiento adecuada que permite separar y recoger fracciones de un intervalo de ebullición definido. Dependiendo de la naturaleza del material de partida y del carácter deseado del producto final, las diversas fracciones se pueden volver a mezclar según sea necesario y se rechazan las fracciones no deseadas.
2. Arrastre de vapor: éste es el método más antiguo y se lleva a cabo en alambiques encamisados equipados con un separador adecuado para permitir el reciclaje continuo del destilado donde se usa agua en el alambique o donde se inyecta vapor a alta presión. El contacto de los aceites con agua hirviendo o vapor puede provocar la descomposición de ciertos componentes, por lo que las condiciones deben controlarse con mucho cuidado.

Cuando se aplica al aceite de menta, la rectificación da como resultado dos productos principales:

- Aceite de menta, simple rectificado (también llamado bidestilado). Un aceite incoloro preparado por rectificación en el que se rechaza el último 2%-5% del aceite que queda en el alambique. Esto elimina las ásperas y malas notas resinosas del aceite natural.
- Aceite de menta, doble rectificado (también llamado triple destilado). Un aceite blanco obtenido por rectificación en el que las primeras fracciones de destilado, generalmente dentro del rango del 5% al 10%, se rechazan junto con el último 2% al 5% de los residuos. Este proceso elimina tanto los terpenos de bajo punto de ebullición como los compuestos olorosos de alto punto de ebullición. El producto resultante tiene un perfil aromático mucho mejor, mejor solubilidad y mayor vida útil (Reineccius, 2006).

Compuesto	Contenido (%)
(-)-Mentol	19.0 – 54.2
Mentona	8.0 – 31.6
(-)-Acetato de mentilo	2.1 – 10.6
Neomentol	2.6 – 10.0
1,8-Cineol	2.9 – 9.7
(6R)-(+)-Mentofurano	Tr – 9.4
Isomentona	2.0 – 8.7
Terpinen-4-ol	0.0 – 5.0
(1R)-(+)- β -Pulegona	0.3 – 4.7
(+)-Limoneno	0.8 – 4.5
Germacreno D	Tr – 4.4
β -Cariofileno	0.1 – 2.8
(E)-Sabineno hidratado	0.2 – 2.4
β -Pinoeno	0.6 – 2.0
Piperitona	0.0 – 1.3
Isomentol	0.2 – 1.2

Tabla 7. Composición aproximada del aceite esencial de *Mentha piperita* L. (Tisserand y Young, 2014).

4.3 Aceite esencial de *Mentha arvensis* L.

El aceite esencial de la especie *Mentha*, particularmente de *M. arvensis* L., se obtiene mediante el proceso de destilación por arrastre de vapor. El contenido de aceite de la planta es más alto en la etapa de floración. Aproximadamente del 50% al 55% del aceite congelado produce mentol en forma cristalina. Del resto, el 20% (aceite desmentolizado) se utiliza como aceite de menta y el 20%-25% se utiliza para otros productos de valor agregado (Peter, 2012).

El aceite destilado de la planta recolectada contiene del 60% al 80% de mentol. Este aceite de primera calidad no está disponible comercialmente y es una rica fuente de

mentol natural. El aceite comercial es un producto desmentolizado, pero aún retiene entre el 25% y el 55% del total de alcoholes (como mentol). En Estados Unidos, dichos aceites no se reconocen como aceite de menta y deben etiquetarse claramente como aceite de menta de maíz o aceite de menta de campo. Cuando se utilizan en cualquier producto alimenticio, dichos aceites deben declararse de manera similar. Sin embargo, en las transacciones internacionales, estos aceites se denominan con frecuencia aceite de menta y, por lo general, se distinguen por su origen (por ejemplo, aceite de menta brasileña, aceite de menta china) (Reineccius, 2006).

Compuesto	Contenido (%)
(-)-Mentol	28.8 – 34.7
Mentona	16.3 – 31.1
Isomentona	6.8 – 12.1
(+)-Limoneno	5.8 – 9.6
β -Pino	2.0 – 4.5
α -Pino	2.0 – 4.3
Neomentol	2.5 – 4.1
Piperitona	0.6 – 3.8
Acetato de mentilo	1.8 – 3.4
3-Octanol	0.4 – 2.4
β -Mirceno	0.9 – 2.1
Sabineno	0.8 – 1.6
Isopulegol	0.9 – 1.4
β -Cariofileno	0.6 – 1.3
(1R)-(+)- β -Pulegona	0.4 – 1.3
Iso-isopulegol	0.4 – 1.2
Mentofurano	0.4 – 0.6

Tabla 8. Composición aproximada del aceite esencial de *Mentha arvensis* L. desmentolizado (Tisserand y Young, 2014).

CAPÍTULO 5. MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES DE MENTA

5.1 Métodos de obtención convencionales

Los aceites esenciales son generalmente líquidos a temperatura ambiente. Su solubilidad en agua es baja, comparada con la de grasas, alcoholes, disolventes orgánicos y otras soluciones hidrófobas. Por esta razón, se han desarrollado numerosos métodos de extracción para recuperar estas moléculas de materiales vegetales.

El rendimiento y la composición exacta de los aceites esenciales pueden variar de una variable de extracción (por ejemplo, relación planta-agua y duración del calentamiento) a otra durante la hidrodestilación, y también pueden verse afectados por el estado de la materia prima a extraer (por ejemplo, especies de plantas, etapas de desarrollo de crecimiento de las partes de la planta, variación estacional, estado de salud de la planta, tratamiento post cosecha) (Hashemi et., al, 2018)

Los métodos convencionales para la obtención de aceites esenciales de plantas son las destilaciones por arrastre de vapor y la extracción con disolventes, mostradas a continuación.

Destilaciones por arrastre de vapor

El término destilación se deriva del latín *distillare*, que significa goteo. En su forma más simple, la destilación se define como la evaporación y posterior condensación de un líquido. Todos los líquidos se evaporan en mayor o menor grado, incluso a temperatura ambiente. Esto se debe a los movimientos moleculares inducidos térmicamente dentro del líquido, lo que hace que algunas de las moléculas sean expulsadas al espacio aéreo sobre ellas (difundiéndose en el aire). A medida que aumenta la temperatura, estos movimientos también aumentan, lo que resulta en la

expulsión de más moléculas, por ejemplo, en un aumento de la evaporación. La liberación del aceite esencial presente en las glándulas sebáceas (células) de una planta se debe al estallido de las paredes de las células oleosas causado por el aumento de presión inducida por el calor del contenido de las células oleosas. El flujo de vapor actúa como portador de las moléculas de aceite esencial. El material de la planta absorbe el agua durante el proceso de ebullición y el aceite contenido en las células se difunde a través de las paredes celulares por medio de una ósmosis. Una vez que el aceite se ha difundido fuera de las células, se vaporiza y se deja llevar por la corriente de vapor (Baser y Buchbauer, 2015).

Aunque la mayoría de los componentes tienen puntos de ebullición superiores a 100°C, son impulsados mecánicamente con el vapor de agua. El enfriamiento por condensación conduce a la separación del agua de la mezcla y los aceites esenciales por decantación. Así, el agua y las moléculas volátiles están separadas por sus diferencias de densidad (Hashemi et., al, 2018). Existen variantes de la destilación por arrastre de vapor, las cuales son hidrodestilación, destilación con fuente directa de vapor o indirecta de vapor (vapor seco). Las destilaciones por arrastre de vapor son los métodos más comunes de extracción de aceites esenciales de menta a nivel industrial, sin embargo, también es posible utilizar la destilación al vacío y la extracción con disolventes.

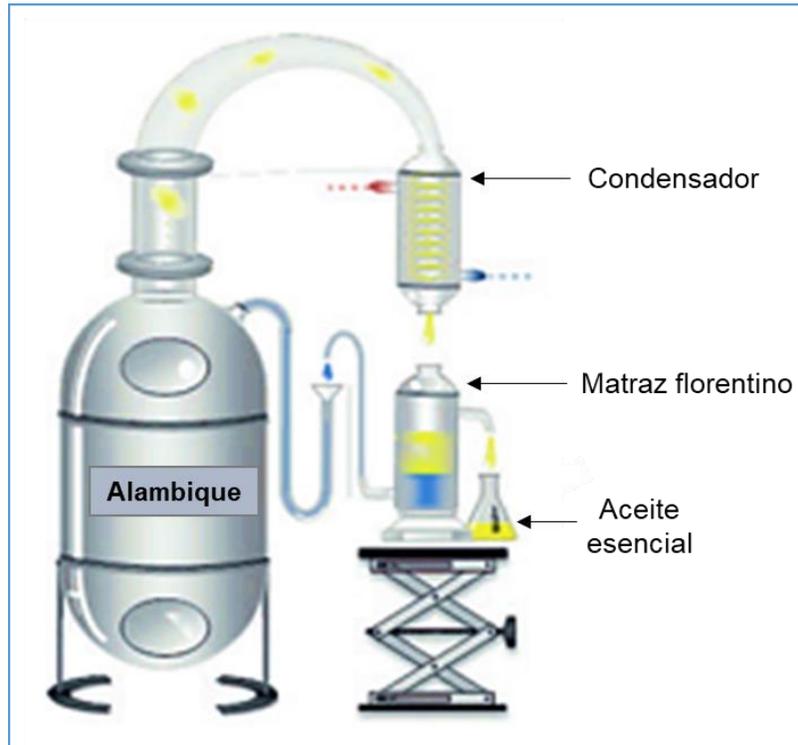


Figura 8. Destilación por arrastre de vapor (Li et., al, 2014).

- **Hidrodestilación (HD)**

Este método consiste en sumergir el material vegetal en un baño de agua, luego, la mezcla se calienta hasta el punto de ebullición, a presión atmosférica. Bajo una fuente de calor, las moléculas volátiles contenidas en las células vegetales se liberan en forma de una mezcla azeotrópica.

La duración de la hidrodestilación es generalmente de tres a seis horas, dependiendo del material vegetal. Este parámetro puede afectar el rendimiento del aceite esencial y su composición química.

La ebullición prolongada de hierbas y especias en agua a altas temperaturas puede promover la hidrólisis de compuestos éster o insaturados, la polimerización de aldehídos o la descomposición térmica de otros componentes sensibles al calor que reducirían la calidad general de los aceites esenciales. En una nota positiva, una de las ventajas de la hidrodestilación es que no hay disolventes químicos involucrados y, por lo tanto, la presencia de residuos de disolventes tóxicos en los aceites esenciales y las pérdidas de compuestos más volátiles durante la posterior

eliminación del disolvente se pueden evitar con este método (Hashemi et., al, 2018).

- **Destilación con fuente directa de vapor**

El vapor se genera en el mismo recipiente donde se introduce la materia prima y el agua, pero estas no están en contacto directo. El producto a destilar se dispone en rejillas o placas perforadas y la parte inferior del recipiente se llena de agua hasta un nivel por debajo de dichas rejillas (Casado, 2018).

Los materiales vegetales cargados en el alambique se someten al vapor sin maceración en agua. El vapor inyectado atraviesa las plantas desde la base del alambique hasta la cima. El vapor cargado de aceites esenciales fluye a través de una columna y luego se condensa antes de decantarlo y recolectarlo en un matraz florentino. Los aceites esenciales que son más ligeros o más pesados que el agua forman dos fases inmiscibles y se pueden separar fácilmente. El principio de esta técnica es que la presión de vapor combinada es igual a la presión ambiental a aproximadamente 100°C, de modo que los componentes volátiles con puntos de ebullición que oscilan entre 150°C y 300°C se pueden evaporar a una temperatura cercana a la del agua. Además, esta técnica también se puede realizar bajo presión dependiendo de la dificultad de extracción de los aceites esenciales (Li et., al, 2014).

- **Destilación con fuente indirecta de vapor (vapor seco)**

La materia prima y el agua no se encuentran en contacto directo. El vapor usado para la destilación se genera externamente y se inyecta por la parte inferior del recipiente de destilación en el que se encuentra la materia vegetal. De este modo el vapor se distribuye uniformemente a través de toda la materia prima, arrastrando los aceites esenciales que son posteriormente condensados y aislados (Casado, 2018).

El vapor se produce en un generador de vapor satélite (caldera) y se pasa por el fondo de un recipiente de hierbas para producir una mezcla de vapor y vapor de aceite, que se condensa y separa (Lawrence, 2006).

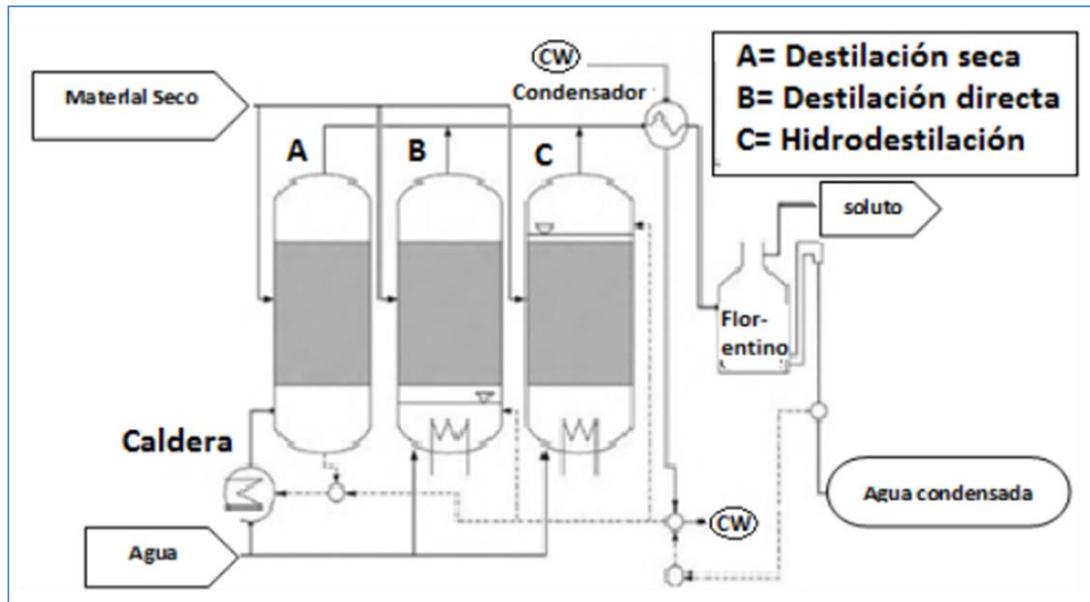


Figura 9. Tipos de destilaciones por arrastre de vapor (Ortiz, 2018).

Extracción con disolventes

La extracción con solvente puede usarse para extraer aceites esenciales que son térmicamente lábiles. Durante este método, el material vegetal se coloca en un baño de disolvente adecuado. Tras la extracción la mezcla líquida que contiene el aceite esencial pasa por un proceso de filtración y posterior destilación. Los disolventes que se utilizan comúnmente para la extracción son alcohol, hexano, etanol, éter de petróleo y metanol. La principal ventaja de la extracción sobre la destilación es que se utiliza una temperatura más baja durante el proceso, lo que reduce el riesgo de cambios químicos debido a las altas temperaturas que se utilizan durante la destilación. La extracción con solvente es económica y relativamente rápida y debido a que las velocidades de difusión están influenciadas por la temperatura, es posible aumentar la velocidad del proceso usando solventes calientes (Preedy, 2016).

En este tipo de procedimiento se obtienen masas viscosas, según la materia prima, que contienen el aceite esencial, grandes cantidades de ceras, resinas y pigmentos que se eliminan realizando extracciones con alcohol, enfriando a -13°C , filtrando y evaporando el alcohol, generalmente en rotavapores (Peredo-Luna et., al, 2009).

Destilación a presión reducida (uso de rotavapor)

La destilación a presión reducida o al vacío consiste en disminuir la presión en el montaje de destilación con la finalidad de provocar una disminución del punto de ebullición del componente que se pretende destilar. Es una técnica que puede combinarse con las destilaciones por arrastre de vapor, así como es útil cuando el aceite esencial tiene un disolvente orgánico que se debe evaporar, para mejorar la extracción de los aceites esenciales.

La operación de vacío se utiliza para reducir la temperatura y evitar la descomposición de los componentes, cuando se procesan materiales con muy baja volatilidad (Baser y Buchbauer 2015). El rotavapor se ocupa a nivel laboratorio para el proceso de destilación a presión reducida (Figura 10).

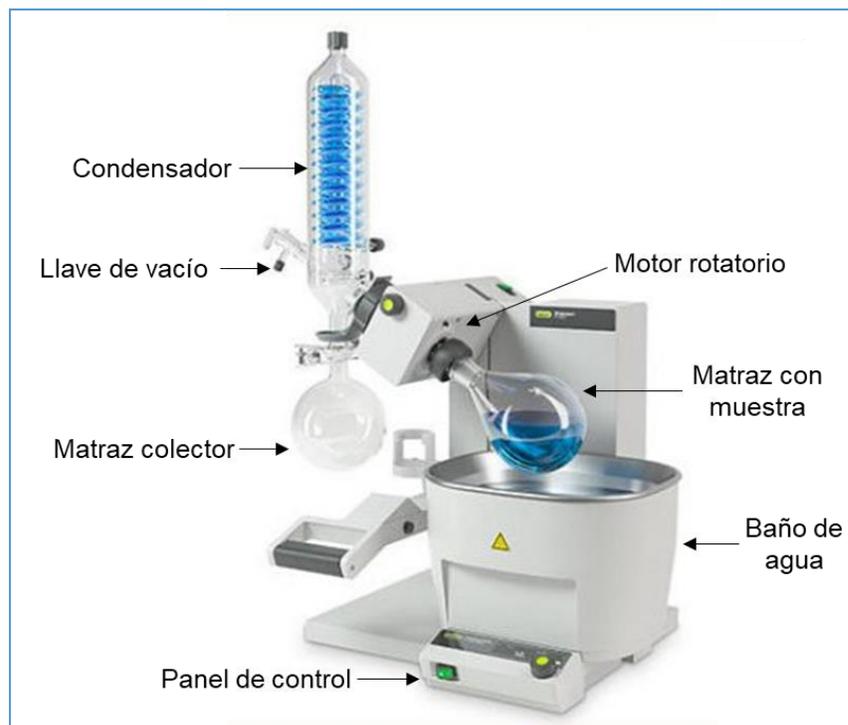


Figura 10. Rotavapor

Método	Ventajas	Desventajas
Hidrodestilación	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere de poco equipo • No hay disolventes involucrados • Gran escala 	<ul style="list-style-type: none"> • Duración prolongada de extracción • Puede afectar composición química mediante reacciones de hidrólisis y polimerización
Destilación con fuente directa de vapor	<ul style="list-style-type: none"> • Se afecta menos la composición del aceite que en la hidrodestilación • No hay disolventes involucrados • Gran escala 	<ul style="list-style-type: none"> • Se necesita de más equipo • Se requiere de mayor cantidad de vapor para la extracción • Duración más prolongada de extracción que hidrodestilación
Destilación con fuente indirecta de vapor	<ul style="list-style-type: none"> • El vapor suministrado se puede controlar • Se afecta menos la composición del aceite que en la hidrodestilación • No hay disolventes involucrados • Gran escala 	<ul style="list-style-type: none"> • Se necesita de más equipo • Se requiere de mayor cantidad de vapor para la extracción
Extracción con disolventes	<ul style="list-style-type: none"> • No necesita de altas temperaturas • Se requiere de poco equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • No es comúnmente utilizado para la menta • Uso de disolventes • Requiere una destilación posterior a la extracción
Destilación a presión reducida (Rotavapor)	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede combinar con los otros procesos de destilación • Reduce la temperatura de extracción • No afecta la composición química 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza en laboratorio

Tabla 9. Comparación de los métodos de extracción convencionales.

5.2 Métodos de obtención alternos

Aunque las destilaciones por arrastre de vapor son los métodos más aplicados a escala comercial para la extracción de aceites esenciales, numerosas tecnologías de extracción novedosas (por ejemplo, extracción de fluidos supercríticos, ultrasonido y la extracción asistida por microondas) también conocidos como métodos no convencionales, se han desarrollado como alternativas a los métodos

tradicionales, con el fin de cumplir con el concepto de extracción verde para la recuperación de productos naturales (Hashemi et., al, 2018).

Como se describió anteriormente, los aceites esenciales se definen como productos extraídos de plantas naturales solo por medios físicos, como las destilaciones. Sin embargo, mediante estas técnicas de extracción convencionales se puede generar la pérdida de algunos componentes y la degradación de algunos compuestos insaturados por efectos térmicos o por hidrólisis. Estas desventajas han atraído la atención de la investigación reciente y han estimulado la optimización y mejora de las técnicas de extracción "verdes" existentes y novedosas. Todas estas técnicas se aplican de forma adecuada con una cuidadosa consideración de los órganos de las plantas y la calidad de los productos finales (Li et., al, 2014). A continuación, se explican los nuevos métodos de extracción de aceites esenciales.

Extracción con fluidos supercríticos (SFE)

Todas las sustancias se caracterizan por poseer un diagrama de fases, el cual permite conocer el estado de agregación de estas a cualquier valor de temperatura y presión (Figura 11). El estado de equilibrio es aquel en el que una sustancia no cambia sus propiedades en el tiempo, a menos que sea afectada por una alteración de la temperatura o la presión.

Los diagramas se encuentran definidos por sublimación, fusión y vaporización. Esta última se caracteriza por desaparecer en un punto denominado, punto crítico, en el cual la presión y la temperatura reciben el nombre de presión crítica y temperatura crítica. Cuando una sustancia está por encima de sus valores críticos, dicha sustancia recibe el nombre de fluido supercrítico. En este punto la sustancia no puede ser considerada ni como un gas, ni como un líquido, ya que sólo existe una fase.

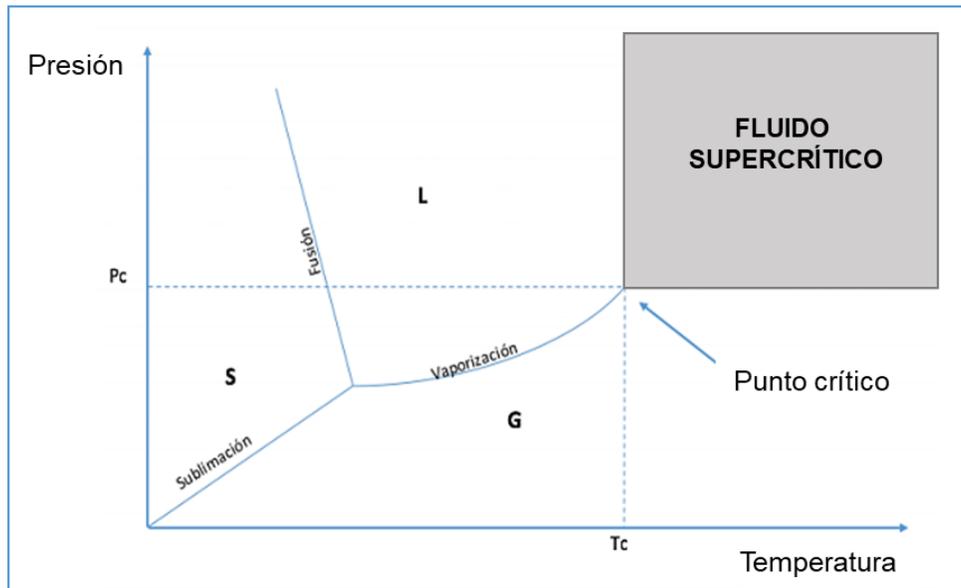


Figura 11. Diagrama de fases (Román et., al, 2016).

La densidad de un fluido supercrítico es similar a la de los líquidos, lo que le brinda la característica de poseer un gran poder solvatante, pudiendo actuar con gran cantidad de solutos, al tiempo que la viscosidad es similar a la de los gases y la difusividad es superior a la de los líquidos, lo que favorece la capacidad de penetración en los poros de la muestra (Román et., al, 2016).

El dióxido de carbono se utiliza principalmente en la extracción de fluidos supercríticos por sus propiedades únicas, como valores reducidos de parámetros críticos (T_c crítica y P_c crítica), baja reactividad química, baja toxicidad y precio razonable. En la fase supercrítica, el CO_2 se comporta como un líquido apolar con alta difusividad, lo que permite la extracción de componentes no polares del material objetivo (Dima y Dima, 2015). En la Tabla 10, se muestran las condiciones críticas de disolventes que se pueden emplear en la técnica de fluidos supercríticos.

Fluido	T. Crítica (°C)	P. Crítica (atm)	Observaciones
CO ₂	31.2	72.8	Inerte, no inflamable, no tóxico
N ₂ O	36.5	72.5	Oxidante
C ₅ H ₁₂	152.0	33.3	Altas temperaturas, inflamable, tóxico
C ₆ H ₁₄	234.0	29.6	Altas temperaturas, inflamable, tóxico
NH ₃	132.5	112.5	Altas temperaturas, corrosivo

Tabla 10. Características de fluidos supercríticos usados (Román et., al, 2016).

Extracción asistida por ultrasonido (UAE)

Su principio básico para extraer aceites esenciales de fuentes naturales consiste en generar ondas sonoras (frecuencia de ultrasonido 20kHz), que crean burbujas de cavitación en la solución, y producen suficiente energía para romper las estructuras que contienen el aceite para liberarlo. Además, la extracción asistida por ultrasonido puede actuar como emulsionante dispersando moléculas lipofílicas en agua, facilitando así la posterior separación y purificación de los aceites esenciales (Hashemi et., al, 2018).

La proporción en la composición de extractos y el rendimiento de estos depende de la temperatura a la que se lleve a cabo el proceso y del disolvente o la mezcla de disolventes que se utilicen. En general la aplicación de ultrasonido, incrementa la eficiencia de la extracción y reduce el tiempo de ésta. También disminuye el riesgo de degradación térmica cuando la extracción se realiza a temperaturas de 25°C. La desventaja de la implementación del ultrasonido es que involucra el uso de disolventes orgánicos (Peredo-Luna et., al, 2009).

Hidrodestilación asistida por calentamiento óhmico (OAHD)

Durante este tratamiento, un material vegetal constituye una resistencia eléctrica, que permite la disipación de energía eléctrica en forma de calor cuando la

electricidad pasa a través de él. Este fenómeno conduce a un aumento de la temperatura del medio de forma rápida y uniforme. Es un proceso sofisticado que puede proporcionar una cinética de extracción más rápida a un costo menor. De hecho, el tiempo de extracción se puede reducir en un factor de dos en comparación con la extracción convencional. El tratamiento térmico convencional consiste en producir calor por conducción, lo que implica una velocidad de calentamiento lenta y provoca un gradiente de temperatura en los materiales. Estas diferencias de temperatura disminuyen la eficiencia de extracción y dañan la calidad del producto. Sin embargo, el material que ha sufrido calentamiento óhmico puede calentarse rápida y uniformemente en todo el volumen de un material sin afectar la calidad del material.

En un estudio se extrajeron los aceites esenciales de *Mentha piperita L.* mediante hidrodestilación asistida por óhmica. Se probaron diferentes frecuencias (25Hz, 50Hz y 100Hz) e intensidades de calentamiento óhmico (220V y 380V) y los resultados obtenidos se compararon. Los resultados mostraron una reducción significativa en el tiempo de procesamiento entre hidrodestilación convencional (1h) e hidrodestilación con calentamiento óhmico (13.54min y 19.71min, cuando se procesa a 220V y 380V, respectivamente) (Hashemi et., al, 2018).

Extracción asistida por pulsos eléctricos

La aplicación del tratamiento con pulsos eléctricos se basa en el efecto de la electroporación en las células, que induce alteraciones estructurales locales y degradación de las membranas celulares. La permeabilización de las membranas celulares por electroporación es una técnica prometedora causada por la aplicación de pulsos eléctricos externos cortos e intensos. El impacto de pulsos eléctricos en una célula se puede definir de la siguiente manera: formación de potencial transmembrana en la membrana citoplásmica, formación de poros y cambios en el tamaño y número de poros de la membrana celular (Figura 12). La electroporación puede ser reversible o irreversible, dependiendo de la intensidad de campo aplicada. En la electroporación reversible, el campo eléctrico aplicado está cerca

del valor crítico de la celda dando así a las membranas la posibilidad para volver a su forma original y la recuperación de su integridad (Hashemi et., al, 2018).

Sólo se han realizado pocos estudios para evaluar la efectividad del procesamiento de pulsos eléctricos para mejorar la extracción de aceites esenciales, sin embargo, es una técnica prometedora en el futuro de las técnicas de extracción verde.

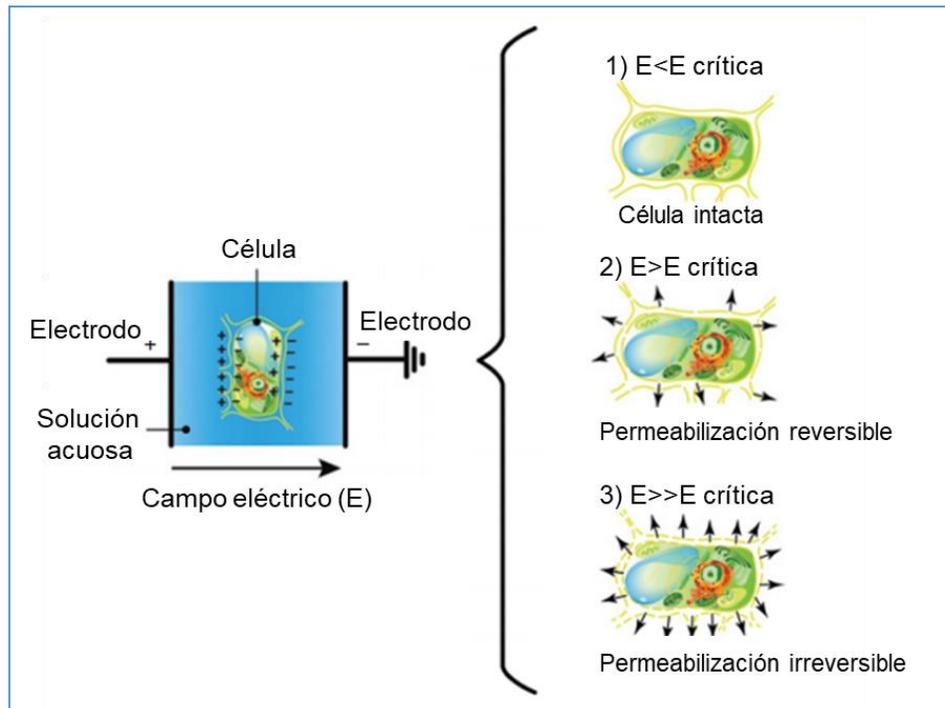


Figura 12. Extracción asistida por pulsos eléctricos (Hashemi et., al, 2018).

Extracción asistida por microondas (MAE)

El eficiente calentamiento volumétrico proporcionado por microondas hace que esta tecnología sea mucho más eficiente que otros tratamientos térmicos. La frecuencia de la energía electromagnética generada por los equipos de microonda está en el rango de 0.3GHz a 300 GHz. Luego, esta energía se transfiere a calor después de la rotación dipolar y la conducción iónica. El principio se basa en el impacto directo sobre los compuestos polares que componen la matriz a tratar. Tiene numerosas propiedades beneficiosas (lograr altas tasas de calentamiento, reducir el tiempo de tratamiento, obtener una mejor homogeneidad de calentamiento y requerir un bajo mantenimiento, con un manejo seguro) en comparación con los métodos de

extracción convencionales. La aplicación de microondas para la extracción de aceites esenciales de hierbas y especias puede provocar cambios mínimos en los sabores en comparación con el calentamiento convencional. Entre los métodos de extracción asistida por microondas, la hidrodestilación por microondas al vacío (VMHD), la hidrodifusión por microondas y gravedad (MHG) y la extracción por microondas sin solventes (SFME) fueron los más aplicados (Hashemi et., al, 2018).

- **Hidrodestilación por microondas al vacío (VMHD)**

El método se realiza en dos etapas: calentar el material vegetal con microondas (la matriz se humidifica si se usa en estado seco), y crear vacío (0.1-0.2bar) en el sistema, lo que permite la destilación azeotrópica de la mezcla agua-aceites esenciales. La temperatura de funcionamiento es generalmente inferior a 100°C, lo que evita la degradación de los compuestos más termosensibles. Además, la técnica permite reducir el tiempo de operación en un factor de 5 a 10 en comparación con la hidrodestilación (Li et., al, 2014), así como reducir el consumo de energía. Se ha informado que la potencia incidente recomendada oscila entre 0.2 y 1 kW/kg de materia prima (Hashemi et., al, 2018).

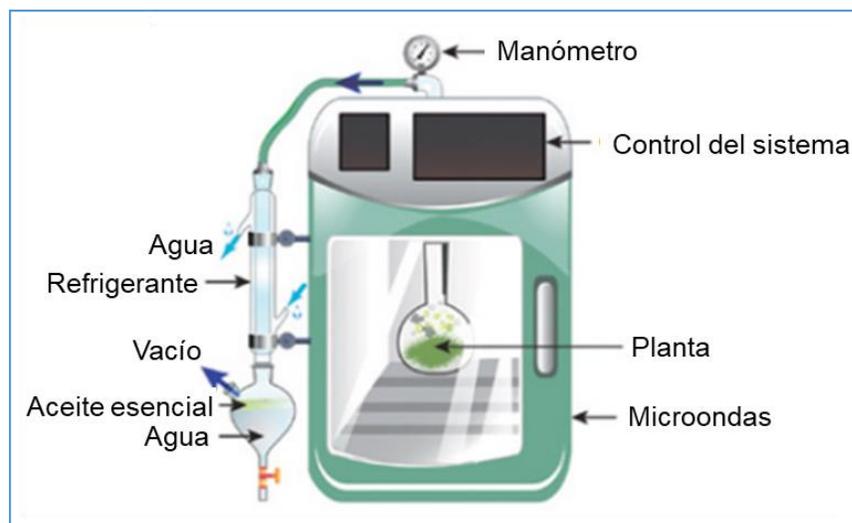


Figura 13. Hidrodestilación por microondas al vacío (Hashemi et., al, 2018).

- **Hidrodifusión por microondas y gravedad (HMG)**

Se basa en el calentamiento de microondas y la gravedad a presión atmosférica, y está diseñado para aplicaciones industriales y de laboratorio. El material vegetal se coloca primero dentro del equipo de microondas, sin agua adicional. Debido al calentamiento interno, los aceites esenciales se liberan in situ dentro del agua que constituye la matriz. Este fenómeno se denomina hidrodifusión, que permite la difusión del extracto (aceite esencial más agua) fuera de las células y su recuperación por gravedad. Un sistema de enfriamiento permite obtener extractos líquidos compuestos por dos fases, que posteriormente se pueden separar mediante un embudo separador o matraz florentino. La novedad del método es que permite la extracción de aceite esencial sin destilación ni evaporación, lo cual es muy útil para ahorrar la energía que se utiliza para calefacción (Hashemi et., al, 2018).

Se han realizado estudios donde los resultados obtenidos demostraron que los aceites esenciales podían extraerse en solo 15min utilizando HMG logrando rendimientos y composición similares a los de HD convencional después de 90min de extracción. Además, HMG permitió ahorrar hasta un 90% en el consumo de energía en comparación con HD. Sin embargo, el uso de HMG resultó en una diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales obtenidos debido a la variación en la polaridad de los compuestos.

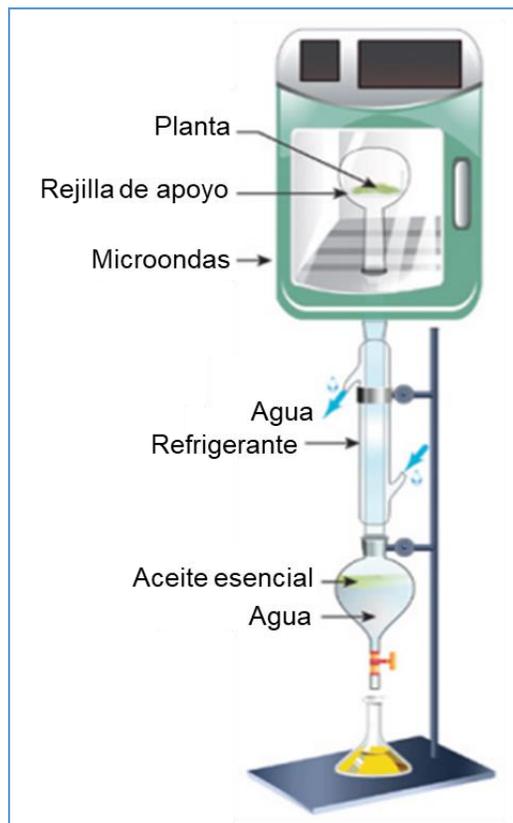


Figura 14. Hidrodifusión por microondas y gravedad (Hashemi et., al, 2018).

- **Extracción por microondas sin disolvente (SFME)**

El método consiste en extraer aceites esenciales de las matrices vegetales sin añadir agua ni ningún otro disolvente. El aparato SFME permite el calentamiento interno del agua in situ dentro de los materiales vegetales, lo que distiende las células vegetales y conduce a la ruptura de las glándulas oleíferas. Un sistema de enfriamiento fuera del horno microondas permite la condensación continua de la mezcla evaporada de agua y aceite a presión atmosférica. El exceso de agua se lleva a reflujó al reactor para mantener la humedad adecuada de los materiales vegetales. Es interesante notar que los parámetros de operación, fáciles de controlar, deben optimizarse para maximizar el rendimiento y la calidad final. El potencial de usar SFME a escala de laboratorio e industrial se ha demostrado en materiales vegetales familiares con una eficiencia considerable en comparación con las técnicas convencionales.

En un estudio se aplicó la técnica SFME para la extracción de aceites esenciales de tres hierbas aromáticas y los resultados obtenidos se compararon con HD. Los autores informaron que el tiempo de extracción se podría reducir de 4.5h a 30min, utilizando HD y SFME, respectivamente, al tiempo que se logran aceites con composiciones y rendimientos similares. Aunque los aceites esenciales producidos por HD y SFME tienen perfiles aromáticos similares, se obtuvieron mayores cantidades de compuestos oxigenados valiosos utilizando SFME. Además, esta técnica ahorra energía y se necesita menos material vegetal para la extracción (Hashemi et., al, 2018).

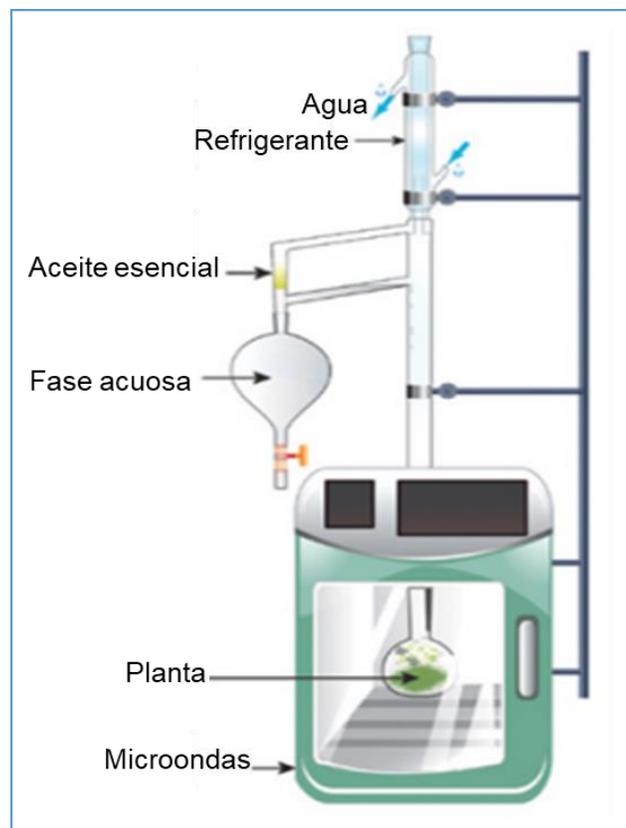


Figura 15. Extracción por microondas sin disolvente (Hashemi et., al, 2018).

Método	Ventajas	Desventajas
Extracción con fluidos supercríticos (SFE)	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de carbono no tiene un precio alto, es de baja toxicidad y reactividad. • CO₂ Tiene propiedades especiales para extraer el aceite esencial • Es una práctica sencilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo especial para mantener condiciones de temperatura y presión críticas • No hay muchos estudios
Extracción asistida por ultrasonido (UAE)	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce el tiempo de extracción • Disminuye riesgo de degradación térmica • Ahorro de energía 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizan disolventes orgánicos • Necesita equipo especial • No hay muchos estudios
Hidrodestilación asistida por calentamiento óhmico (OAHD)	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de temperatura rápida y uniforme • Extracción rápida • Ahorro de energía • Rendimiento similar a hidrodestilación convencional 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita equipo especial • No hay muchos estudios
Extracción asistida por pulsos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • La electroporación puede ser reversible 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay muchos estudios • Necesita equipo especial
Extracción asistida por microondas (MAE)	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiente calentamiento volumétrico • Reduce tiempo de tratamiento • Evita degradación de componentes • Rendimiento similar a HD convencional • Ahorro de energía • No requiere agua u otro disolvente (SFME) 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita equipo especial • No hay muchos estudios • Deficiente cuando el disolvente o la matriz a tratar son no polares • Diferencia en las características del aceite esencial respecto a HD convencional

Tabla 11. Comparación de los métodos de extracción alternos.

Pavlić et., al, 2021, realizó un estudio para extraer el aceite esencial de *Mentha piperita L.*, mediante diversos métodos tanto convencionales como no convencionales, analizando algunos terpenoides por cada método. Los resultados se muestran en la Figura 16.

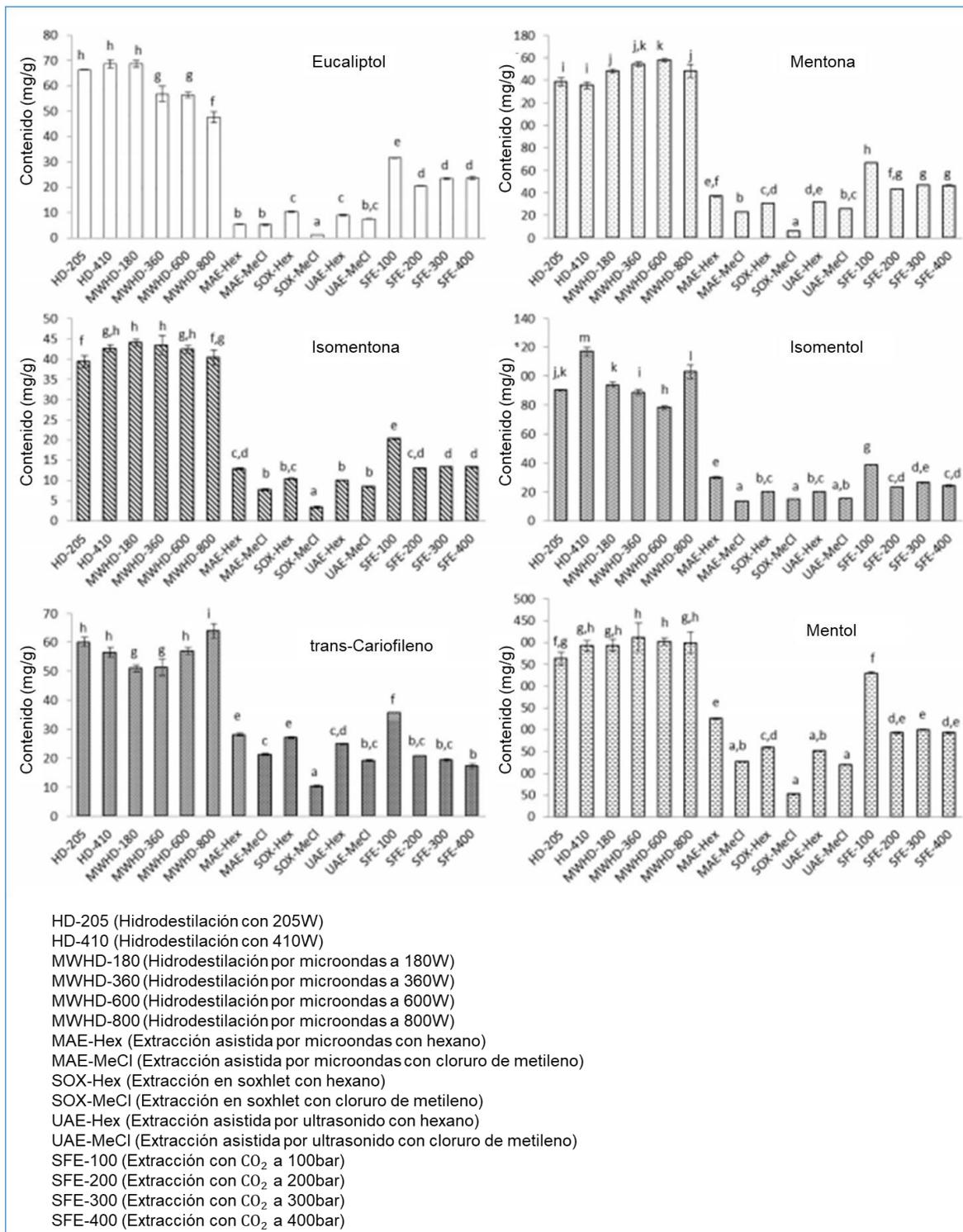


Figura 16. Contenido cuantitativo de terpenoides predominantes en aceites esenciales de *Mentha piperita* L. (Pavlič et., al, 2021).

Los resultados sugirieron que las técnicas de destilación proporcionaron un mayor contenido de cada uno de los compuestos investigados en comparación con las técnicas de extracción con solventes orgánicos, lo cual es bastante esperado debido

a la pobre selectividad disolventes orgánicos hacia los compuestos extraíbles. Se observó un fenómeno similar en comparación de las técnicas de destilación y con SFE, sin embargo, el contenido de compuestos objetivo en las muestras de SFE fue sustancialmente más alto en comparación con las muestras de SOX (Extracción con disolventes en soxhlet), MAE y UAE. Cabe destacar que no se observó una diferencia significativa en el contenido de mentol en la muestra HD-410 y todas las muestras obtenidas por MWHD, mientras que MWHD proporcionó un mayor contenido de mentona en comparación con otras muestras. Esto podría explicarse potencialmente por la oxidación del mentol a mentona que podría ocurrir fácilmente bajo una fuerte irradiación de microondas. La muestra de SFE-100 exhibió el mayor contenido de terpenoides en comparación con otras muestras obtenidas por extracción con solvente y condiciones de SFE. Las extracciones con disolventes orgánicos proporcionaron la selectividad más baja hacia los terpenoides, mientras que el contenido de los principales terpenoides fue significativamente mayor cuando se utilizó hexano como disolvente.

Además, se analizaron otros componentes como los polifenoles y flavonoides. Las técnicas de destilación aplicadas son selectivas hacia terpenoides volátiles, por lo que los polifenoles y flavonoides no estuvieron presentes en esas muestras. Por lo general, los polifenoles son compuestos moderadamente polares, sin embargo, su polaridad podría variar significativamente debido a la diferencia de estructuras. Por lo tanto, los polifenoles y flavonoides estaban presentes en las muestras de menta obtenidas por extracción con solvente y SFE. El contenido total de fenoles más alto se observó en muestras obtenidas por extracción por solvente con cloruro de metileno (SOXMeCl, UAE-MeCl y MAE-MeCl). Se informó que el 53% del contenido total de fenoles son flavonoides, seguidos de los ácidos fenólicos (42%) y los lignanos y estilbenos (2.5%), y la eriocitrina, ácido rosmarínico, eriodictiol y luteolina se identificó como polifenoles predominantes. SFE exhibió una selectividad pobre hacia los flavonoides, mientras que la extracción por solvente con hexano proporcionó la selectividad más alta hacia estos compuestos.

CAPITULO 6. MENTOL

6.1 Características generales

El mentol o, más precisamente (-)-Mentol o L-Mentol es un alcohol monoterpénico cíclico de origen natural. El L-Mentol se considera, junto con la vainilla y los cítricos, como uno de los aditivos aromatizantes más importantes, con un consumo anual probablemente superior a las 30,000 toneladas métricas. Las aplicaciones del mentol son diversas e incluyen: uso para aliviar dolores de garganta, anti-picazón, analgésicos tópicos, descongestionantes, productos de higiene bucal, chicles y caramelos. Un uso controvertido es como aditivo del tabaco, donde algunos autores sugieren que el mentol puede mejorar la aceptabilidad sensorial del humo del cigarrillo, posiblemente mejorando la adicción. El mentol se produce de forma natural casi siempre como L-Mentol esencialmente puro y se obtiene principalmente de la menta de maíz (*Mentha arvensis L.*). También se encuentra en el aceite de menta piperita, junto con otros compuestos refrescantes como la mentona y el acetato de mentilo. El aceite de la hierbabuena también contiene mentol, pero generalmente se cultiva menos que la menta piperita o la menta de maíz.

La demanda de L-Mentol supera la oferta mundial, por lo que se han realizado varios esfuerzos para producirlo sintéticamente. De hecho, Noyori ganó el Premio Nobel de Química en 2001 por su elegante síntesis asimétrica de L-mentol a partir del económico monoterpeno mirceno.

La propiedad de enfriamiento del mentol se debe a su capacidad para activar el receptor TRPM8 (receptor potencial transitorio del canal catiónico miembro 8 de la subfamilia M miembro 8) sensible al frío, también conocido como Receptor 1 de frío y mentol (CMR1). Este canal es el principal transductor molecular de la somatosensación por frío en humanos. Una variedad de análogos de mentol tienen propiedades de enfriamientos demostrables, muchas, pero no todas, basadas en la estructura del L-mentol (Hughes, 2019).

El L-Mentol es el isómero más común en la naturaleza. Es un cristal blanco a temperatura ambiente con un punto de fusión de 41°C a 43°C y un punto de ebullición de 212°C. Es ligeramente soluble en agua y soluble en alcohol, cloroformo, éter dietílico y éter de petróleo. El mentol es una sustancia ópticamente activa y su quiralidad o formas estereoisoméricas (L-, D- o DL-) afectan su sabor. (Lawrence, 2006).

El aceite esencial de la especie *Mentha*, particularmente de *M. arvensis L.*, se obtiene mediante el proceso de destilación al vapor. Aproximadamente del 50% al 55% del aceite congelado produce mentol en forma cristalina. Los cristales pueden obtenerse en tamaños grandes, medianos o pequeños, y el tamaño afecta la naturaleza física del cristal. También se dispone de mentol en polvo y escamas de acuerdo con los requisitos del mercado (Peter, 2020).

El L-Mentol es un sabor extremadamente importante y, en menor medida, un artículo de fragancia comercial debido a sus características de enfriamiento únicas y bien conocidas. Se pueden obtener versiones tanto naturales como sintéticas de este enantiómero. El primero se obtiene del aceite de menta de maíz y hay varias formas de producirlo sintéticamente (Lawrence, 2006).

La configuración absoluta del (-)-Mentol se determinó como (1R, 3R, 4S)-Mentol (Figura 17).

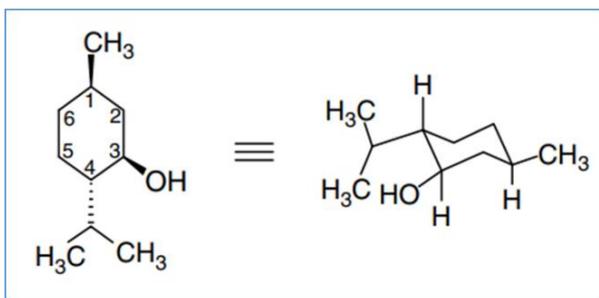


Figura 17. Representación de L-Mentol (Lawrence, 2006).

6.2 Método de obtención del mentol natural

Un esquema de flujo típico para el aislamiento de mentol natural del aceite de *Mentha arvensis* L. crudo es el siguiente (Figura 18):

1. El aceite se recolecta en estaciones receptoras ubicadas dentro de las regiones de producción de aceite de menta.
2. El aceite crudo se filtra para eliminar el agua y las materias extrañas y se acumula en tanques.
3. Algunos cristalizadores destilan al vacío el aceite a granel para eliminar las notas de salida desagradables, que se agrupan y venden a empresas de aromatizantes y fragancias para el aislamiento de cis-3-hexenol o se destilan fraccionadamente por el productor de mentol para la producción de productos de valor agregado.
4. El aceite que contiene 68% a 78% de mentol se coloca en recipientes de acero galvanizado, que a su vez se colocan en posición vertical en un congelador profundo. La temperatura se mantiene a -40°C o menos. Este proceso, que se conoce como cristalización rápida, produce un producto intermedio conocido como polvo de mentol.
5. Una vez que se ha formado el polvo de mentol, el recipiente se saca del congelador y se invierte en una bandeja de goteo para permitir que gotee el aceite de menta desmentolizado residual.
6. Una vez que el aceite se ha escurrido del bloque de polvo, se centrifuga para eliminar el resto del aceite residual.
7. El polvo de mentol crudo se funde y se mezcla con una pequeña porción de aceite de menta desmentolizado para producir una solución de mentol enriquecida caliente en aceite de menta desmentolizado.
8. La solución enriquecida se cristaliza lentamente bajo un estricto régimen de enfriamiento controlado, el frío se aplica en el fondo del recipiente. Se mantiene un diferencial de temperatura de abajo hacia arriba (que es menos frío), lo que permite que se produzcan grandes formaciones de cristales de mentol de abajo hacia arriba. Para ayudar a la cristalización, la solución enriquecida se siembra con mentol puro.

9. El régimen de enfriamiento en esta etapa de cristalización lenta se controla cuidadosamente desde la temperatura ambiente hasta aproximadamente - 10°C durante un período de 15 a 35 días.
10. Cuando los cristales se han formado en todo el recipiente, se saca del congelador y el bloque de cristales grandes se invierte en una bandeja de goteo para permitir que se eliminen los restos de aceite de menta desmentolizado.
11. Los cristales grandes se sacan cuidadosamente y se centrifugan para eliminar cualquier resto de aceite de menta desmentolizado.
12. Los cristales de mentol se tamizan o clasifican en cristales de polvo grandes, medianos y pequeños. El polvo de mentol y los cristales pequeños pueden secarse y empaquetarse para la venta o combinarse con polvo de mentol para volver a trabajar en la etapa de solución de mentol enriquecida.
13. Los cristales medianos y grandes se secan adicionalmente para eliminar las trazas de aceite de menta desmentolizado. Esto se puede hacer mediante secado con rejilla o con la ayuda de un secador de banda.
14. Los cristales de mentol de alta calidad producidos de esta manera se envasan (Lawrence, 2006).

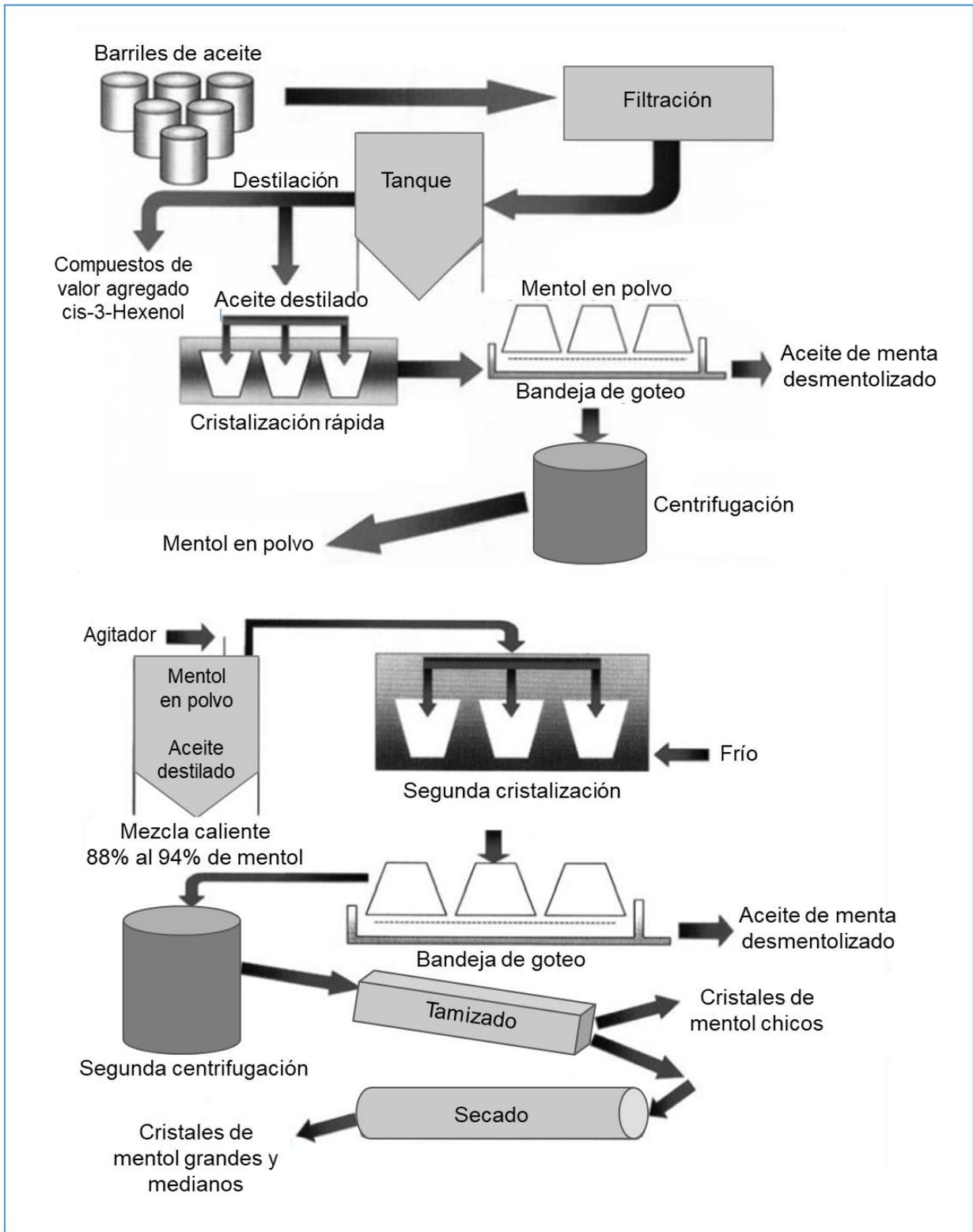


Figura 18. Diagrama de la obtención de mentol natural (Lawrence, 2006).

6.3 Mentol sintético

Durante más de 100 años, el aceite de menta de maíz (*Mentha arvensis L.*) ha sido la principal fuente de (-)-Mentol, aunque se han desarrollado numerosas formas de síntesis parcial o total durante el transcurso del último siglo. En el pasado, hasta alrededor de 1970, el (-)-Mentol sintético se producía solo en menor escala mediante síntesis parciales cuando los precios del mentol eran altos, debido a las deficiencias en la producción de mentol natural (Lawrence, 2006).

Las materias primas naturales preferidas para estos procesos semisintéticos fueron terpenoides ópticamente activos, tales como (-)-Mentona o aceite de menta de maíz desmentolizado, respectivamente, y (-)-Piperitona (del aceite esencial de Eucalipto), (+)-citronelal (del aceite esencial de Citronela), (+)-3-careno (de la trementina India), (-)- α -felandreno (del *Eucalyptus dives*), (-)- β -pineno (de trementina del Este de Estados Unidos) y (+)-limoneno (de aceite de naranja).

Sin embargo, la producción de (-)-Mentol sintético ha crecido y representa aproximadamente el 30% del mercado mundial de aproximadamente 12,000 toneladas métricas.

Los estereoisómeros del mentol

Debido a los tres átomos de carbono asimétricos en la molécula de mentol, los cuatro posibles isómeros, mentol, neomentol, isomentol y neoisomentol, existen como pares de enantiómeros, lo que hace un total de ocho estereoisómeros.

Las fórmulas y configuraciones (R, S) de todos los isómeros de mentol se pueden ver en la Figura 19.

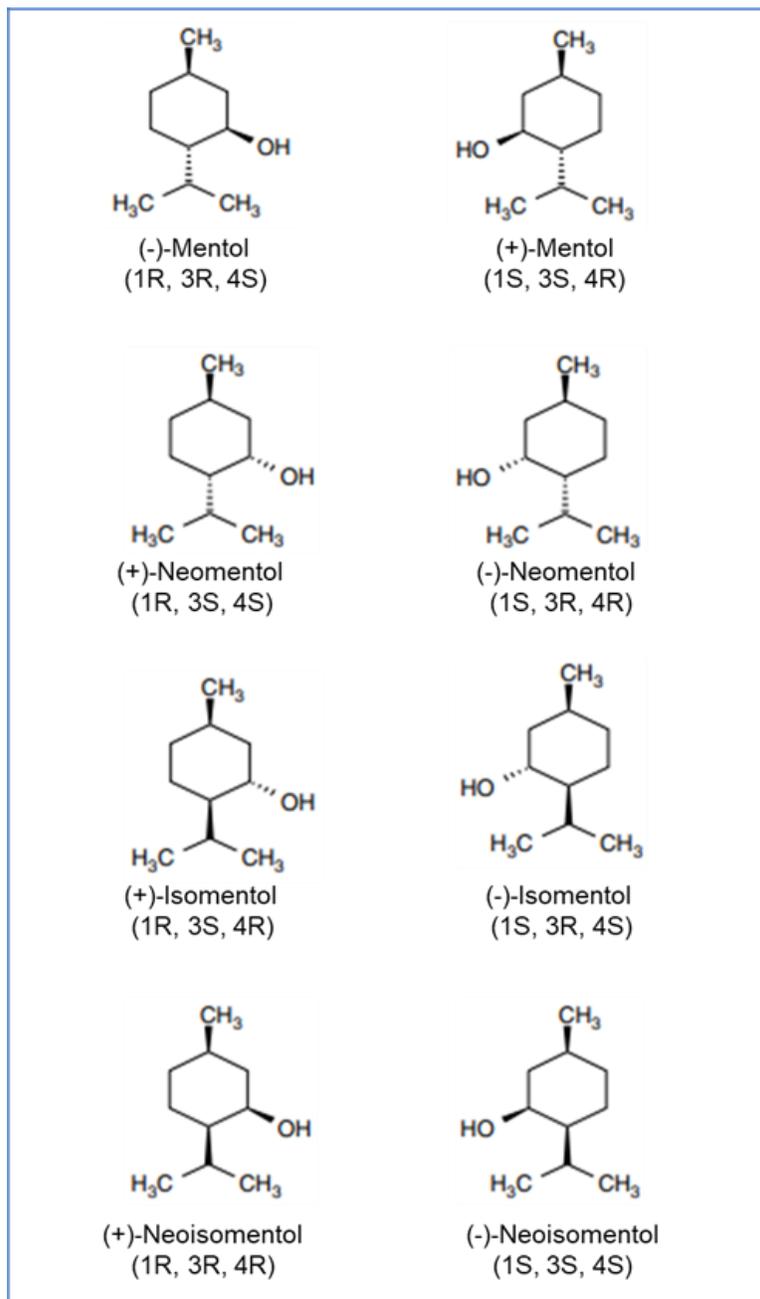


Figura 19. Isómeros del mentol (Lawrence, 2006).

Las propiedades sensoriales únicas del (-)-Mentol se confirmaron investigando los perfiles de sabor de los ocho isómeros a una concentración de 3ppm en una solución de azúcar al 5%. Cada atributo de sabor fue evaluado por un panel de siete saboristas usando una escala de 5 puntos (1 muy bajo, 5 muy alto). En la Tabla 12 y la Tabla 13 se resumen las características de sabor, puntuadas por encima de 1.0, y algunas constantes físicas de los isómeros (1R) y (1S), respectivamente. (1R)-

Mentoles se encuentran en los aceites de menta, aunque (+)-neomentol, (+)-isomentol y (+)-neoisomentol son solo componentes minoritarios o traza.

(-)-Mentol obtuvo valores máximos de frescura y efecto refrescante, mientras que (+)-Mentol recibió calificaciones moderadas para "frescura" y "refrescante", pero también mostró algunas notas desagradables como alcanforado, rancio y amargo. Los isómeros de neomentol no tienen características de sabor positivas o negativas pronunciadas, pero los enantiómeros de isomentol y neoisomentol obtuvieron puntuaciones notablemente altas de notas alcanforadas, rancias y terrosas. En consecuencia, incluso trazas de isómeros indeseables pueden reducir la calidad del (-)-Mentol sintético (Lawrence, 2006).

Isómero	Evaluación	Punto de ebullición (°C)	Punto de fusión (°C)	Rotación óptica (a 20°C)
(-)-Mentol	Frescura 4.2, refrescante 4.3, mentolado 2.3, dulce 2.8	216.5	43	-50°
(+)-Neomentol	Frescura 1.8, refrescante 1.5, mentolado 1.5, terroso 1.2, rancio 2.0, dulce 2.3	211.7	-15	+20.9°
(+)-Isomentol	Frescura 2.1, refrescante 1.6, mentolado 2.0, herbáceo 1.2, terroso 1.8, rancio 3.0, alcanforado 1.2, amaderado 2.1, dulce 1.5	218.6	82	+25°
(+)-Neoisomentol	Herbáceo 1.4, terroso 2.8, rancio 4.7, alcanforado 3.0, amaderado 2.6	214.6	-8	+2.0°

Tabla 12. Evaluación sensorial y parámetros fisicoquímicos de los isómeros del (1R)-Mentol (Lawrence, 2006).

Isómero	Evaluación	Punto de ebullición (°C)	Punto de fusión (°C)	Rotación óptica (a 20°C)
(+)-Mentol	Frescura 2.7, refrescante 2.4, mentolado 1.9, rancio 1.3, alcanforado 1.2, dulce 2.2, amargo 1.3	216.5	43	+50°
(-)-Neomentol	Frescura 1.7, refrescante 1.3, mentolado 2.2, terroso 1.3, rancio 2.0, alcanforado 2.0, dulce 1.8	211.7	-15	-20.9°
(-)-Isomentol	Herbáceo 1.4, terroso 1.7, rancio 3.4, dulce 1.6	218.6	82	-25°
(-)-Neoisomentol	Frescura 1.7, refrescante 1.7, mentolado 2.8, terroso 3.3, rancio 3.8, alcanforado 2.2, amaderado 2.0, dulce 3.3	214.6	-8	-2.0°

Tabla 13. Evaluación sensorial y parámetros fisicoquímicos de los isómeros del (1S)-Mentol (Lawrence, 2006).

CAPÍTULO 7. LEGISLACIÓN DE ACEITES ESENCIALES Y SABORIZANTES EN MÉXICO, ESTADOS UNIDOS Y EUROPA

En México no han existido normas para el aceite esencial de menta, por lo que las especificaciones fisicoquímicas, así como las definiciones del aceite esencial de *Mentha piperita L.* y *Mentha arvensis L.*, se toman del Food Chemical Codex, ya que es un compendio de normas reconocidas internacionalmente para determinar la identidad, pureza y calidad de los ingredientes alimentarios. Además, existen regulaciones en Estados Unidos y Europa para los saborizantes, las cuales son:

- JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) el cual es un comité científico internacional de expertos administrado conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Este Comité ha venido reuniéndose desde 1956, inicialmente para evaluar la inocuidad de los aditivos alimentarios.

- Codex Alimentarius, fue establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) para desarrollar normas alimentarias internacionales, directrices y recomendaciones para proteger la salud de los consumidores y asegurar una práctica justa en el comercio de alimentos de conformidad con los tratados de la Organización Mundial de Comercio. El Codex Alimentarius tiene la responsabilidad de desarrollar normas alimentarias que puedan ser adoptadas por los países miembros. Las normas con bases científicas toman en cuenta la orientación de expertos proporcionada por JECFA.

- IOFI (International Organization of the Flavor Industry) es la Organización Internacional de la Industria de los Aromas, es la asociación global que representa a la industria que crea, produce y vende aromas en todo el mundo. IOFI ha participado en el desarrollo de las Directrices del Codex para el uso de Saborizantes. IOFI apoya las Directrices del Codex y reconoce su valor al proporcionar los principios para el uso seguro de los componentes de los

saborizantes evaluados por JECFA y determinados como seguros a los niveles estimados de ingesta.

- FEMA (Flavor Extract Manufacturers Association) ha jugado un papel fundamental en la creación de un programa para evaluar la seguridad y el estado de "generalmente reconocido como seguro" (GRAS) de los ingredientes de sabor, abogando por políticas que impacten positivamente en la industria de alimentos y sabores, y representando a sus miembros.

- CFR (Code of Federal Regulations). Es el código de las reglas generales y permanentes publicadas en el Registro Federal por los departamentos ejecutivos y agencias del Gobierno de Estados Unidos. Está dividido en 50 títulos que representan amplias áreas sujetas a la regulación federal. El título 21 hace referencia a alimentos y medicamentos.

7.1 Especificaciones fisicoquímicas de aceites esenciales de menta

Aceite esencial de *Mentha piperita* L.

El aceite de menta se presenta como un líquido incoloro o amarillo pálido con un olor fuerte y penetrante a menta y un sabor picante que es seguido por una sensación de frialdad cuando el aire entra en la boca. Es el aceite esencial obtenido por destilación al vapor de las partes frescas superficiales de la planta con flores de *Mentha piperita* L. (Fam. *Labiatae*); puede rectificarse por destilación, pero no se desmentoliza ni total ni parcialmente. Es soluble en alcohol y en la mayoría de los aceites vegetales, pero es insoluble en propilenglicol.

Requisitos. En el etiquetado Indicar si es natural o rectificado.

Método	Especificación
Rotación óptica	-18° a -32°
Índice de refracción (a 20°C)	1.459 a 1.465
Solubilidad en alcohol	Pasa la prueba
Gravedad específica	0.896 a 0.908
Ésteres totales (mentil acetato)	No menos del 5.0%
Mentol total	No menos del 50%
Sulfuro de dimetilo	Aceite rectificado: Pasa la prueba Aceite natural: No pasa la prueba

Tabla 14. Especificaciones fisicoquímicas para el aceite esencial de *Mentha piperita* L. (Food Chemicals Codex, 2004).

Aceite esencial de *Mentha arvensis* L.

El aceite de *Mentha Arvensis*, parcialmente desmentolizado, se presenta como un líquido incoloro a amarillo con un olor característico a menta. Es la porción de aceite que queda después de la eliminación parcial del mentol, únicamente mediante operaciones de congelación, del aceite de *Mentha arvensis* var. *piperascens* Holmes (forma *piperascens* Malinvaud) (Fam. *Lamiaceae*). Es soluble en la mayoría de los aceites fijos, en aceite mineral y en propilenglicol. Es insoluble en glicerina.

Método	Especificación
Rotación óptica	-30° a -10°
Índice de refracción (a 20°C)	1.458 a 1.465
Solubilidad en alcohol	Pasa la prueba
Gravedad específica	0.888 a 0.908
Ésteres totales (mentil acetato)	5.0% a 20%
Cetonas totales (mentona)	30% a 50%

Tabla 15. Especificaciones fisicoquímicas para el aceite esencial de *Mentha arvensis* L. (Food Chemicals Codex, 2004)

7.2 Adulteración de aceites esenciales de menta

El aceite esencial de *Mentha arvensis* L. no es económicamente atractivo para su adulteración, sin embargo, el aceite esencial de *Mentha piperita* L. si es adulterado, y es posible realizarlo mediante distintas formas como:

1. La adición de compuestos sintéticos (extraños) no relacionados con la composición del aceite.
2. La adición de compuestos sintéticos relacionados con la composición del aceite.
3. La adición de aceites o fracciones de aceites de composición similar a todo o parte del aceite.
4. La adición de más de uno de los anteriores.

La adición de componentes naturales y sintéticos a un aceite genuino para obtener beneficios económicos no es, lamentablemente, una práctica infrecuente en la industria de los aceites esenciales. Antes de 1960, se informó que el aceite de menta había sido adulterado con aceite de alcanfor, aceite de madera de cedro, aceite de bálsamo de copaiba, aceite de eucalipto, aceite de sándalo, aceite de ricino, aceite mineral, aceite de parafina, queroseno, anetol, alcohol metílico, α -terpineol, triacetina, ésteres de benzoato y ésteres de ftalato. Con la llegada de las técnicas cromatográficas, en particular la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas, cesó casi por completo la adición de compuestos sintéticos no relacionados con la composición del aceite (Lawrence, 2006).

Por lo que actualmente el aceite de *M. piperita* L., es comúnmente adulterado con aceite de *M. arvensis* L. Se observó que el viridiflorol junto con el hidrato de trans-sabineno y el mentofurano eran compuestos clave útiles que se encuentran en el aceite de menta y que estaban presentes en el aceite de menta de maíz a niveles traza, si es que se encuentran. También que el contenido de limoneno del aceite de menta natural era superior al 2.0% al 2.5%, si el contenido de 1,8-cineol y de hidrato de trans-sabineno era inferior al 4.0% y 10%, respectivamente, y si el viridiflorol solo estaba presente como un componente traza o no estaba presente en absoluto, entonces se sospechaba la autenticidad del aceite. También se determinó que uno

de los adulterantes comunes que se habían encontrado recientemente en el aceite de menta comercial era el mentol sintético.

Compuesto	Aceite esencial de <i>Mentha piperita</i> L. (%)	Aceite esencial de <i>Mentha arvensis</i> L. (%)
α -Terpineno	0.33 - 0.52	< 0.01 – 0.02
1-Octen-3-ol	0.05 – 0.22	0.01 – 0.13
<i>trans</i> -Sabineno hidratado	0.36 – 1.36	0.01 – 0.02
Mentofurano	0.72 – 6.71	0.01 – 0.05
Viridiflorol	0.16 – 0.34	< 0.01 – 0.01
Mentona / Isomentona	5.5 – 9.5	1.3 – 5.0
1,8-Cineol / Limoneno	2.6 – 4.4	0.02 – 0.25

Tabla 16. Comparación de componentes seleccionados para determinar adulteración (Lawrence, 2006).

CAPÍTULO 8. APLICACIONES

La historia de la producción de aceites esenciales se remonta a 3500 a.C., cuando se empleó el equipo de destilación de agua más antiguo conocido para aceites esenciales. La antigua India, China y Egipto fueron los lugares donde se producían y utilizaban ampliamente los aceites esenciales como medicamentos, sabores y fragancias.

Cualquiera que sea la fecha de su producción industrial, los aceites esenciales, junto con una gama de productos relacionados (pomadas, tinturas, resinas, absolutos, extractos, destilados, concretos, etc.) eran los únicos ingredientes de los productos aromatizantes y aromáticos hasta finales del siglo XIX. En esta etapa, el aumento del consumo de aceites esenciales como materiales saborizantes y aromatizantes estimuló la aparición de un gran número de fabricantes en Francia, Reino Unido, Alemania, Suiza y Estados Unidos (Tabla 17) (Baser y Buchbauer, 2015).

La Tabla 18 presenta datos estimados sobre el consumo mundial de los principales aceites esenciales, así como sus principales aplicaciones. Los aceites esenciales de menta, *Mentha piperita* L. y *Mentha arvensis* L., se encuentran entre los tres primeros lugares de mayor consumo, siendo importantes para el área de sabores y fragancias principalmente en productos de cuidado bucal (enjuague bucal, pasta de dientes), confitería (goma de mascar), licores, tabaco y en elaboración de cristales de mentol.

Recientemente, el sabor de los alimentos es uno de los principales puntos de interés de los consumidores ya que demandan alimentos con buen sabor elaborados con ingredientes naturales y a un precio razonable. Hoy en día, el mercado total de sabores y aromas se estima en el 90% de la producción mundial de aceites esenciales. La industria alimentaria los utiliza como saborizantes (por ejemplo, en confitería, bebidas y helados), y la industria farmacéutica los utiliza por sus propiedades funcionales (por ejemplo, actividad antioxidante y antimicrobiana). El

mercado más grande es Estados Unidos, seguido de Europa occidental, incluidos Francia, Alemania y el Reino Unido, y luego Japón (Grumezescu y Holban, 2018).

Los aceites esenciales de menta, son utilizados ampliamente por su sabor y aroma, sin embargo, se han estudiado también por sus aplicaciones, siendo una de las más importantes, la conservación de alimentos, la cual se debe a las propiedades antimicrobianas y antioxidantes que aportan sus componentes. Por lo que la menta representa un recurso natural para la recuperación de compuestos valiosos. El uso de la menta se podría aprovechar para elaborar productos alimenticios naturales, supliendo la necesidad de añadir conservadores y antioxidantes sintéticos.

Es importante apreciar que el mercado de productos naturales, orgánicos y ecológicos tanto en el cuidado del cuerpo como en las industrias de alimentos ha cambiado en los últimos años con un crecimiento superior al 30% anual (Baser y Buchbauer, 2015).

Compañía	País	Fundación
Antoine Chiris	Francia (Grasse)	1768
Cavallier Freres	Francia (Grasse)	1784
Dodge & Olcott Inc.	Estados Unidos (Nueva York)	1798
Roure Bertrand Fils and Justin Dupont	Francia (Grasse)	1820
Schimmel & Co.	Alemania (Leipzig)	1829
J. Mero- Boyveau	Francia (Grasse)	1832
Stafford Allen and Sons	Reino Unido (Londres)	1833
Robertet et Cie	Francia (Grasse)	1850
W. J. Bush	Reino Unido (Londres)	1851
Payan-Bertrand et Cie	Francia (Grasse)	1854
A. Boake Roberts	Reino Unido (Londres)	1865
Fritzsche-Schimmel Co.	Estados Unidos (Nueva York)	1871
V. Mane et Fils	Francia (Grasse)	1871
Haarmann & Reimer	Alemania (Holzminden)	1874
R. C. Treatt Co.	Reino Unido (Bury)	1886
N. V. Polak und Schwartz	Holanda (Zaandam)	1889
Ogawa and Co.	Japón (Osaka)	1893
Firmenich and Cie	Suiza (Ginebra)	1895
Givaudan S. A.	Suiza (Ginebra)	1895
Maschmeijer Aromatics	Holanda (Ámsterdam)	1900

Tabla 17. Primeras compañías productoras de aceites esenciales (Baser y Buchbauer, 2015).

Aceite esencial	Consumo (Toneladas)	Valor aprox. (Millones de Euros)	Principales aplicaciones
Naranja	50,000	275	Bebidas carbonatadas, dulces, fragancias
Menta de maíz (<i>Mentha arvensis L.</i>)	25,000	265	Cuidado bucal, goma de mascar, confitería, fragancias, cristales de mentol
Menta (<i>Mentha piperita L.</i>)	4,500	120	Cuidado bucal, goma de mascar, confitería, licores, tabaco, fragancias
Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	4,000	22	Cuidado bucal, goma de mascar, confitería, farmacia, fragancias
Limón	3,500	21	Bebidas carbonatadas, dulces, fragancias, productos químicos para el hogar
Citronela	3,000	33	Perfumería, artículos de aseo, productos químicos para el hogar
Eucalipto (<i>Eucalyptus citriodora</i>)	2,100	10	Confitería, cuidado bucal, goma de mascar, farmacia, fragancias
Hoja de clavo	2,000	24	Condimentos, dulces, farmacia, tabaco, artículos de aseo, productos químicos para el hogar
Hierbabuena (<i>Mentha spicata L.</i>)	2,000	46	Cuidado bucal, goma de mascar, confitería
Cedro (<i>Virginia</i>)	1,500	22	Perfumería, artículos de aseo, productos químicos para el hogar
Lima	1,500	66	Bebidas carbonatadas, dulces, fragancias
Lavanda	1,000	15	Perfumería, cosméticos, artículos de aseo
<i>Litsea cubeba</i>	1,000	20	Citral para bebidas carbonatadas, fragancias
Cedro (China)	800	11	Perfumería, artículos de aseo, productos químicos para el hogar
Alcanfor	700	3	Farmacia
Cilantro	700	40	Condimentos, alimentos procesados, fragancias
Toronja	700	9	Bebidas carbonatadas, fragancias
Anís estrellado	700	7	Licores, dulces, panadería, productos químicos para el hogar
Pachuli	600	69	Perfumería, cosméticos, artículos de aseo
Albahaca	500	12	Condimentos, alimentos procesados, perfumería, artículos de aseo
Mandarina	500	30	Bebidas carbonatadas, dulces, licores, perfumería, artículos de aseo

Tabla 18. Consumo mundial estimado de los principales aceites esenciales (Baser y Buchbauer, 2015).

Una aplicación importante del mentol, derivado del aceite esencial de menta, es en la industria del tabaco. Un estudio en Estados Unidos revela que la prevalencia del uso de cigarrillos no mentolados ha disminuido de 2005 a 2015, mientras que la prevalencia del uso de cigarrillos mentolados se mantuvo relativamente constante en múltiples subgrupos sociodemográficos y geográficos. Dado que el 40% de los consumidores de cigarrillos prefieren las marcas mentoladas (Mattingly et., al, 2020). El mentol enfría y adormece la garganta para reducir la irritación de garganta y hacer que el humo se sienta suave. Además, el mentol proporciona un agradable sabor a menta e imparte sensación refrescante y suavizante, las cuales enmascaran la aspereza del humo del tabaco y favorece que los fumadores principiantes toleren fumar.

El aceite esencial de *Mentha* también es de gran importancia en una amplia gama de preparaciones farmacéuticas, principalmente por sus propiedades refrescantes. Se utiliza como componente en una amplia gama de productos de cuidado bucal principalmente en enjuagues bucales y pastas de dientes. Además, es ampliamente utilizado en aromatizantes ambientales para eliminar olores indeseados.

8.1 ALIMENTOS Y BEBIDAS

8.1.1 Saborizante

Universalmente, los consumidores asocian la menta con la frescura, desde su sabor hasta la sensación que produce. Su utilización en la industria alimentaria se debe a esa frescura y sabor único, que es muy buscado en productos desde bebidas hasta en confitería. El aceite esencial de menta es muy versátil en el mundo de los sabores, puede utilizarse como sabor principal o combinarse con otros para crear el perfil de un producto.

Los sabores de menta (que generalmente contienen aceites esenciales de menta o sus aislados, como el mentol) se utilizan para saborizar dulces como caramelos duros y blandos, mentas para el aliento, incluidas las populares pastillas de menta

extrafuertes, chicles, etc. Aparte de los dulces, se utilizan tanto en bebidas alcohólicas como no alcohólicas (en particular, el licor o la *Creme de Menthe*). También se pueden encontrar como aromatizantes y saborizantes en productos lácteos congelados como helados y paletas de hielo, productos horneados, coberturas, glaseados para pasteles, pudines, salsas, chutneys, etc.

Los saborizantes en los productos alimenticios se utilizan en dosis muy bajas, muy por debajo del 1%. El alto consumo de aceites esenciales por parte de este sector se debe al gran volumen de ventas de alimentos aromatizados (Baser y Buchbauer 2015). El contenido promedio de saborizante en un producto alimenticio, así como el contenido de aceites esenciales en el sabor se dan en la Tabla 19.

Producto alimenticio	Dosificación de saborizante en el producto alimenticio (%)	Aceite esencial contenido en el saborizante (%)
Bebidas alcohólicas	0.05 – 0.15	3 - 100
Bebidas carbonatadas	0.10 – 0.15	2 - 5
Confitería	0.15 – 0.25	1 - 100
Panificación	0.10 – 0.25	1 - 50
Helados	0.10 – 0.30	2 - 100
Productos lácteos, postres	0.05 – 0.25	1 - 50
Productos cárnicos y pescado, enlatados	0.10 – 0.25	10 – 20
Salsas, condimentos	0.10 – 0.50	2 - 10
Concentrados	0.10 – 0.50	1 - 25
Snacks	0.10 – 0.15	2 - 20

Tabla 19. Contenido promedio de saborizante en productos alimenticios y de aceite esencial en el saborizante (Baser y Buchbauer, 2015).

Como se observó en la Tabla 18, en la industria alimentaria y de bebidas la *Mentha piperita L.* y *Mentha arvensis L.* tienen sus principales aplicaciones en el área de confitería, específicamente en la elaboración de goma de mascar, y también en la fabricación de licores. Desde el 2013 se han lanzado 8,743 nuevos productos que contienen menta, siendo uno de los sabores favoritos para el sector de confitería, al obtener el primer lugar con más lanzamientos de productos mentolados. También están creciendo las bebidas con infusión de menta, en particular el té de menta, el

cual ahora se ha establecido como competencia para el té de limón, el cual es un sabor popular (Figura 20).



Figura 20. Lanzamientos de nuevos productos en la industria que contienen menta por categoría (Stephens, 2017).

Deterpenación

El proceso de deterpenación consiste en eliminar los hidrocarburos terpénicos total o parcialmente. Existen tres métodos ampliamente utilizados para la producción de aceites esenciales deterpenados son: destilación fraccionada al vacío, extracción selectiva de los compuestos oxigenados solubles en alcohol diluido y cromatografía en sílica gel (Reineccius, 2006).

El extraer los terpenos, presenta ventajas como incrementar la solubilidad de los aceites esenciales en agua y sustancias polares, lo que resulta en una estabilidad mayor del aceite esencial, así como en una vida de anaquel más larga. Otra de las ventajas es que aumenta la concentración de compuestos oxigenados, los cuales son en mayor medida los responsables del sabor y aroma.

Encapsulación o Microencapsulación

Los factores importantes que afectan la estabilidad de los compuestos aromatizantes son las degradaciones por calor, luz u oxígeno, incluidas las reacciones químicas entre los componentes aromatizantes y la estabilidad microbiológica. En la producción industrial, los agentes saborizantes normalmente se agregan en el último paso de la producción porque son volátiles y pueden verse afectados por las altas temperaturas. Los saborizantes deben dosificarse en el producto con precisión y mezclarse bien para garantizar una dispersión uniforme del aroma. Los compuestos de sabor natural son más volátiles y menos estables que los compuestos de sabor sintéticos, pero se perciben como mejores, más saludables y más seguros. Debido a eso, los aceites esenciales pueden perder sus compuestos y en consecuencia sus propiedades biológicas, así como sus propiedades de aroma y sabor. Los componentes volátiles e inestables de los aceites esenciales se podrían proteger mediante el proceso conocido como encapsulación o microencapsulación. La microencapsulación se define como un proceso para atrapar partículas muy pequeñas o gotas de líquidos o sólidos o gases dentro de una capa inerte o películas delgadas.

El secado por aspersión, el secado en lecho fluido, la extrusión y la coacervación se utilizan ampliamente para encapsular los compuestos aromatizantes y los polvos obtenidos se aplican comúnmente a la goma de mascar, gelatina y otros productos de confitería, incluidos bocadillos, bebidas instantáneas, leche en polvo o productos horneados (Grumezescu y Holban, 2018).

Las razones por las que se aplica la encapsulación en la industria alimentaria son:

- Proteger los compuestos de sabor de factores ambientales
- Proporcionar una barrera física entre el compuesto principal y los demás componentes del producto
- Proporcionar una mejor retención durante el proceso de fabricación o almacenamiento
- Convertir los sabores líquidos en polvos secos, lo que facilita su manejo
- Controlar la liberación de ingredientes activos

Aplicación en alimentos

El consumo de productos de confitería ha crecido enormemente en los últimos años, especialmente entre niños y adolescentes y la goma de mascar es un producto de confitería popular en todo el mundo. Es consumida por un conjunto diverso de consumidores. También la accesibilidad es otra ventaja. Especialmente, la gente lo disfruta como un dulce y más tarde como una ayuda en la higiene bucal y una alternativa al tabaquismo.

Los chicles tienen estructura gomosa y según el tipo de producto final se componen de diversos ingredientes como azúcar, polioles, goma base, sabor, acidulantes, colorantes, edulcorantes y diferentes aditivos. Es un producto de dos fases y consta de una fase discontinua que es la goma base y fase continua soluble en agua. Estas fases se mezclan generalmente en una proporción de 1:3, respectivamente. La concentración de saborizante de la goma de mascar es aproximadamente del 1%. La goma de mascar se produce generalmente a partir de chicle, una materia prima de látex natural o poliisobutileno.

En la Figura 21 y 22, se muestra la composición de una goma de mascar con azúcar y sin azúcar, respectivamente. La goma de mascar generalmente se fabrica mezclando una cantidad requerida de goma base y diferentes aditivos que son edulcorantes, suavizantes, colorantes, conservadores. Consta de dos fases: la goma base (insoluble en agua) y la fase soluble en agua (Konar et., al, 2016).

La composición principal de la goma de mascar es goma base (20%-30%). La goma base incluye elastómero (10%-30%), disolvente elastómero (2%-18%), acetato de polivinilo (15%-45%), emulsionante (2%-10%), polietileno de bajo peso molecular (0.5%-15.0%), ceras (0.5%-10.0%), plastificante (20%-35%) y agentes de relleno (0.0%-5.0%). Aunque las composiciones exactas de las bases de goma son generalmente un secreto comercial, por lo general incluyen elastómeros y resinas, junto con grasas, ceras, emulsionantes, agentes de relleno y antioxidantes (Fritz, 2006).

En fase soluble en agua, azúcar (60%) como dextrosa, sacarosa, fructosa, maltosa, dextrina, galactosa y azúcar invertido deshidratado pueden usarse con jarabes de

maíz (18%-20%), polioles (<1.0%), glicerina (<1.0%) y sabor (0.5%-1.0%) para chicles de azúcar. Para las gomas de mascar sin azúcar, los polioles (también actúan como agente de carga) (50%-60%), glicerina (5.0%-6.0%), sabor (1.0%-15.0%) y edulcorantes de alta intensidad (0.01%-3.0%) pueden ser utilizados (Konar et., al, 2016).

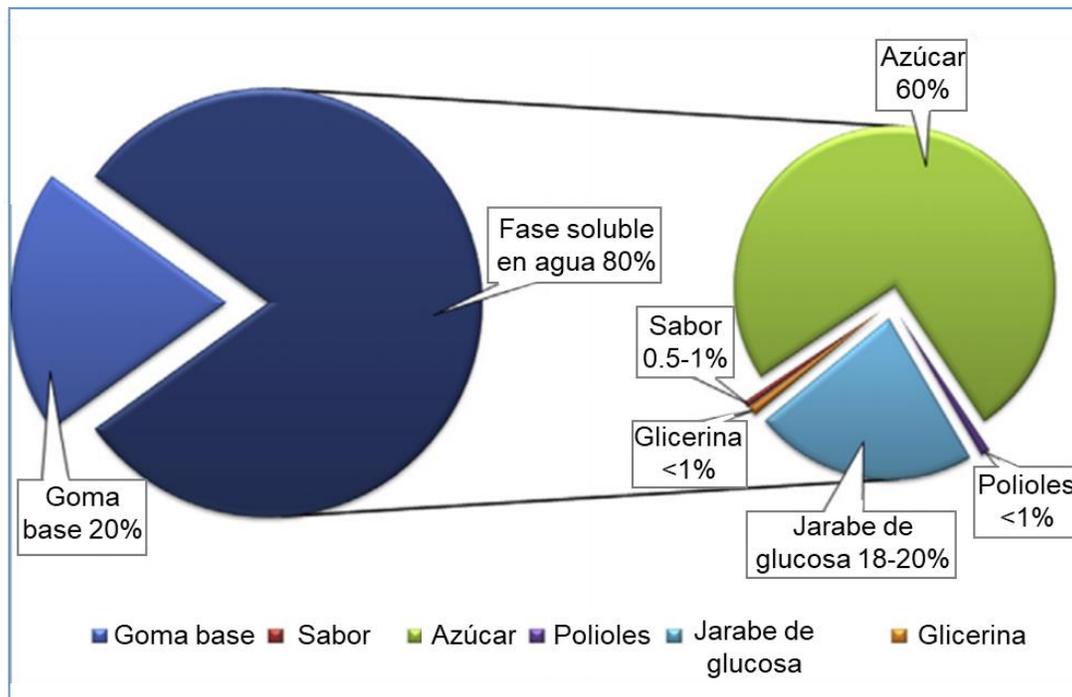


Figura 21. Composición de una goma de mascar (Konar et., al, 2016).

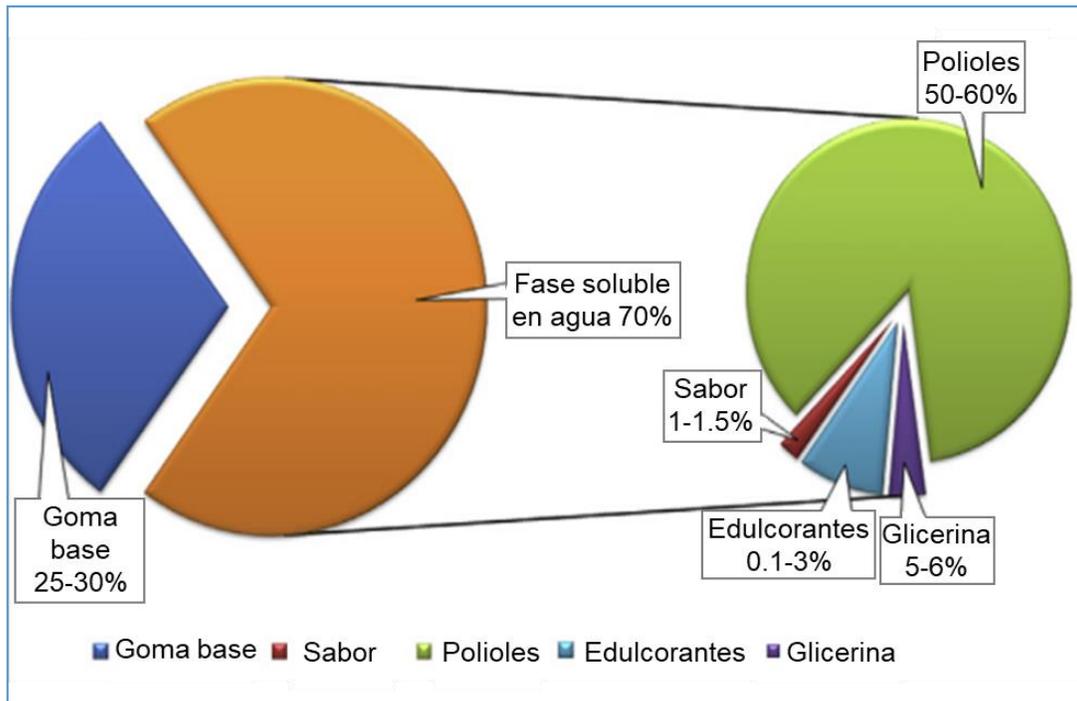


Figura 22. Composición de una goma de mascar sin azúcar (Konar et., al, 2016).

Proceso de producción

La Figura 23 muestra el proceso de producción convencional de goma de mascar. Como se ve, después de tratar la goma base a una temperatura entre 70°C y 120°C, dependiendo de la manejabilidad, se agrega plastificante líquido (por ejemplo, glicerina, polioles) con emulsionante y se mezclan durante 2-8min. Luego se agregan aproximadamente dos tercios de los colorantes y el azúcar, y la mezcla obtenida se amasa durante 1-4min. Posteriormente se reducen los niveles de mezclado y se añade el resto del azúcar. Luego, se agrega el agente saborizante y se procede a la mezcla durante 1-4min. Dependiendo de la formulación, si se requiere, se agregan antioxidantes, humectantes y agentes de relleno y se mezcla durante más de 1-4min. Después del proceso de laminación, tiene lugar el proceso de corte. Con respecto a la goma de mascar recubierta, en este paso, el recubrimiento se aplica con ingredientes como azúcar en polvo. El período de mezcla y amasado mencionado depende de la estructura de la goma base, la composición y el tipo de goma de mascar.

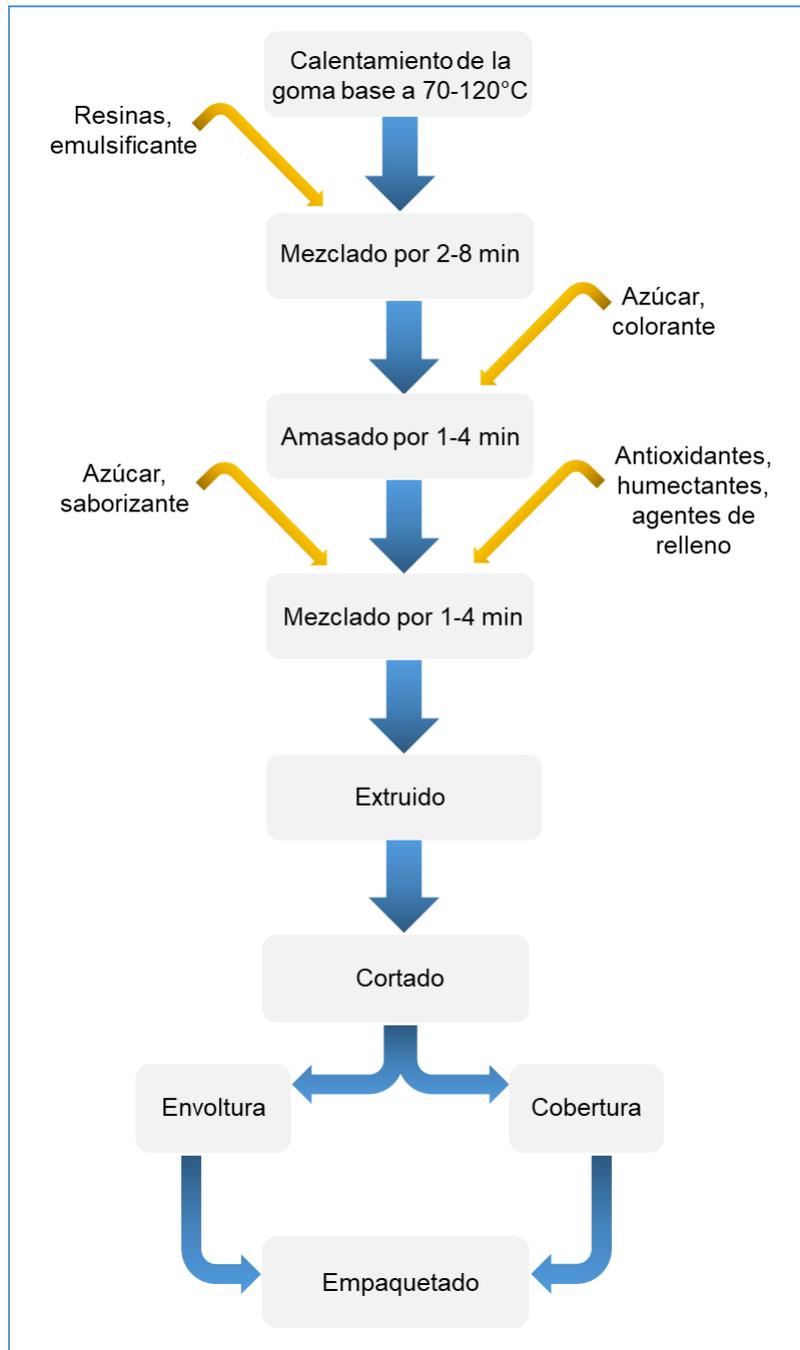


Figura 23. Proceso de producción de goma de mascar (Konar et., al, 2016).

Generalmente, la goma base está presente en tres formas que son bloques (6-10 kg), gránulos y láminas (5mm de espesor). Cuando se utilizan las bases de goma laminar, no hay necesidad de ablandarlas o fundirlas (Konar et., al, 2016).

Los problemas frecuentes en la producción de chicles incluyen la liberación de compuestos de sabor y la textura del producto.

Textura

Los ingredientes y aditivos utilizados en la elaboración de goma de mascar tienen un papel importante ya que de ellos dependen las propiedades organolépticas finales del producto.

- Las resinas se utilizan en la goma base de la goma de mascar para proporcionar un cuerpo cohesivo y resistencia, y con mayor frecuencia incluyen ésteres de glicerol, resinas terpénicas y acetato de polivinilo. La adición de ceras a la formulación da como resultado una mejora de las propiedades sensoriales en términos de liberación de sabor, vida útil y textura.
- La cristalización de azúcar o polioles da como resultado el deterioro de la textura de los productos. Por lo tanto, las cantidades de azúcares o polioles utilizados en la formulación podrían considerarse con respecto a las características de textura. De lo contrario, la cristalización podría influir negativamente en la aceptabilidad de los productos por parte del consumidor. El tamaño de las partículas de sacarosa tiene un impacto no sólo en el proceso de fabricación sino también en la textura final del chicle. Los tamaños inferiores a 40mm hacen que el producto sea más firme, mientras que los de más de 150mm dan una textura arenosa.
- Los elastómeros juegan un papel importante en la eliminación de la pegajosidad e hidrofilia, al absorber la saliva y volverse resbalosos cuando se mastica la goma de mascar.
- Además, también debe tenerse en cuenta la elección del emulsionante en la producción de goma de mascar y debe preferirse el emulsionante con un valor de equilibrio hidrófilo-lipófilo (HLB) entre 1,6 y 7,0. Porque en algunos casos, los emulsionantes tienen una función plastificante. Los emulsionantes proporcionan una superficie lisa para la goma y reducen su naturaleza adhesiva, además de ayudar a mezclar. Reúnen los componentes normalmente incompatibles de la goma base de modo que se pueda formar un único sistema estable continuo y finamente disperso. También pueden ayudar a la incorporación de sabores en la base de la goma de mascar para

proporcionar una distribución uniforme del sabor y también reducir la pegajosidad de la encía en los dientes y los labios (Konar et., al, 2016).

Una emulsión es una dispersión coloidal de un líquido dentro de otro, en el cual es normalmente inmiscible. Sin embargo, esta emulsión es termodinámicamente inestable y al dejarla reposar por algún tiempo, las gotas se agregan pasando primero por el estado conocido como floculación para luego producir la coalescencia y, por último, la separación de dos fases inmiscibles y diferenciables. La estabilidad de una emulsión sólo se logra si se incorpora una tercera sustancia que actúa en la interfase de los líquidos y que se denomina emulsionante. Por lo tanto, toda emulsión estable debe estar formada por tres sustancias, dos líquidos inmiscibles entre sí y un agente emulsionante apropiado que se adiciona a una de las fases antes de la formación de la emulsión. Por lo general, los emulsionantes son sustancias cuyas moléculas contienen una parte no polar y otra polar. De acuerdo con el predominio de una de las partes de la molécula sobre la otra, presentará una mayor afinidad por el agua o por los aceites; esta característica se conoce como balance hidrofílico-lipofílico (BHL), y es una propiedad importante que debe tomarse en cuenta al seleccionar un emulsionante (Badui, 2006).

- Otros ingredientes como ceras y plastificantes se utilizan para mejorar la textura de las bases de goma para dar una mejor calidad de masticación a la goma de mascar. Al suavizar la base de la goma de mascar, también ayudan en el procedimiento de mezcla (Konar et., al, 2016).

Sabor

El sabor es un parámetro de calidad más sustantivo para la goma de mascar que para otros alimentos, porque el sabor de la goma de mascar es muy necesario con excelentes características de liberación en la boca, como impresión inmediata del sabor, larga duración de la percepción de los sabores durante la masticación, excelente calidad del olor y sabor e intensidad adecuada (Konar et., al, 2016).

En el periodo inicial de masticación (alrededor de 1 a 3min), la liberación de sabor está fuertemente influenciada por la disolución del saborizante en la saliva, mientras que en períodos posteriores de masticación (más de 10min), una vez que el saborizante se ha disuelto por completo, las moléculas de sabor deben extraerse con saliva o aire en contacto con la encía. La división de sabores entre la goma base, la saliva y el aire es particularmente importante en la goma de mascar debido a las fuertes interacciones entre las moléculas de sabor y la goma base. Debido a este reparto de sabores en goma, saliva y aire, una parte considerable del sabor, más del 50% de la cantidad inicial añadida, dependiendo de las características hidrófobas del sabor, permanece en la goma base incluso después de una masticación prolongada. Es por esta razón que los niveles de sabor en la goma de mascar son más altos que los que se usan normalmente en otros dulces (los niveles de sabor pueden variar del 0,5% al 3%) (Hartel et., al, 2018).

A veces, el sabor de las gomas de mascar no se puede liberar por completo, lo que puede estar asociado con la matriz del producto. Los hallazgos relacionados con la goma de mascar indicaron que la mayoría de las sustancias aromatizantes todavía se observaban en el bolo de goma. En un estudio realizado, se destacó que después de 10min masticando, 23%-27% de la D-Carvona incorporada y L-Mentol se había liberado del bolo de goma, y después de 60min era solo 58% -62%.

Se encontró que el perfil de liberación de volátiles de las gomas de mascar estaba determinado por la hidrofilia de los volátiles. Los compuestos relativamente hidrófilos se liberaron más rápido y alcanzaron su máximo en los primeros minutos de masticación, mientras que los compuestos con hidrofóbicos mostraron una liberación creciente durante todo el periodo de masticación (Konar et., al, 2016). Es decir, los sabores más hidrófilos se liberaron en mayor medida y los sabores más hidrófobos mostraron una liberación significativamente menor, con menos del 10% de liberación de sabor.

Se encontró también, que la percepción sensorial de la intensidad del sabor percibida de la mentona durante la masticación de chicle se correlaciona mejor con la disolución y liberación de sacarosa que con la volatilización real de la mentona

durante la masticación. Es decir, la intensidad del sabor percibida disminuyó al mismo ritmo que el dulzor disminuyó debido a la disolución de la sacarosa.

La distribución desigual del compuesto de sabor durante la masticación podría aceptarse como defecto de calidad, que puede eliminarse mediante la liberación controlada de los compuestos de sabor mediante encapsulación.

La difusividad de una molécula de sabor a través de la goma de mascar cuando se hidrata durante la masticación también juega un papel importante en la liberación de sabor. A medida que se mastica el chicle, el sabor se difunde desde la goma hacia la saliva o hacia el aire, donde es detectado en la nariz por el sistema olfativo. La difusividad es una función del peso molecular, y las moléculas pequeñas se difunden típicamente más rápidamente. Sin embargo, la difusión también está influenciada por las interacciones moleculares con la matriz y estas interacciones pueden gobernar qué tan rápido se difunde una molécula de sabor a través de la goma. El proceso de masticación también mejora la migración del sabor de la goma de mascar a la boca a medida que se mastica la pieza, ya que se exponen nuevas superficies desde las que se puede difundir el sabor (Hartel et., al, 2018).

Se pueden usar formas de sabor tanto líquidas como en polvo. Si se utilizan sabores líquidos, los sabores solubles en aceite son los más comunes, ya que se mezclan mejor con la goma base, pero afectaría en la liberación del sabor y además el solvente que lleva el sabor puede ablandar la goma base, afectando así la textura de la goma. Por lo tanto, los sabores concentrados y encapsulados son los más comunes.

Aplicación en bebidas

Las bebidas se clasifican en bebidas alcohólicas y no alcohólicas. Las bebidas no alcohólicas incluyen bebidas carbonatadas, jugos, té, leche, café, agua, entre otras. Mientras que las bebidas alcohólicas incluyen a la cerveza, vino, mezcal, tequila, etc.

El aceite esencial de menta tiene aplicaciones en ambos tipos de bebidas, sin embargo, en las bebidas no alcohólicas, no se aplica como un saborizante principal, se ocupa para crear el perfil de un sabor, por ejemplo, en composiciones frutales o en donde se requieran algunas notas de frescura o mentoladas características de la menta, en bebidas carbonatadas, jugos, bebidas energéticas y tés listos para beber principalmente. Una parte esencial para poder incorporar el aceite esencial de menta como saborizante en bebidas es mediante la emulsificación.

Las emulsiones se usan típicamente en la industria de los aromas para llevar el sabor del producto o impartir turbidez a un producto. En algunas aplicaciones de bebidas, se puede usar una emulsión para impartir ambos. Las emulsiones utilizadas en la industria de los aromas son generalmente emulsiones de aceite (o sabor) (fase dispersa) en agua (fase continua). Ofrecen un medio sencillo de incorporar un sabor insoluble en un sistema alimentario acuoso. Las principales desventajas de las emulsiones son, que son físicamente inestables y requieren preservarlas del deterioro microbiano. Las emulsiones de aroma y turbidez de bebida están compuestas por al menos una fase oleosa, agua y un emulsionante como goma arábica o un almidón modificado químicamente. Normalmente, en esta formulación se incluirán un agente de peso y un conservador.

Se usa una emulsión de bebida para dar sabor a una bebida (y agregar algo de turbidez) mientras que una emulsión de turbidez se usa específicamente para impartir turbidez a la bebida con una contribución mínima de sabor. Un fabricante usará una emulsión de turbidez porque la bebida contiene muy poco jugo real para impartir la turbidez asociada con la contraparte natural (Reineccius, 2006).

En las bebidas alcohólicas, el uso del aceite esencial de menta como saborizante es una de las aplicaciones principales en la elaboración de licores, como se vio en la Tabla 18. Según la NOM-199-SCFI-2017 el licor o crema es el producto elaborado a base de bebidas alcohólicas destiladas, espíritu neutro, alcohol de calidad o mezcla de ellos; con un contenido no menor de 1.0% (m/v) de azúcares o azúcares reductores totales y agua; aromatizados y saborizados con procedimientos específicos y que pueden adicionarse de ingredientes, así como aditivos y

coadyuvantes permitidos en el Acuerdo correspondiente de la Secretaría de Salud. Su contenido alcohólico es de 13.5% a 55% Alc. Vol.

El licor *Peppermint* es una bebida popular elaborada a partir de los aceites esenciales de las hojas de *Mentha piperita L.*, comúnmente las plantas se destilan y el aceite esencial es rectificado tres veces. Es un licor de color verde y muy aromático. Es una bebida de aproximadamente 30 grados alcohólicos que suele beberse muy fría, sola o como ingrediente de algún cóctel donde se necesite un toque agradable a menta. Aunque se elabora en diversos países, el Peppermint es originario de Francia. La producción de licores destilados comprende las siguientes fases: recepción de los cereales, molienda, cocción, fermentación, destilación, conservación, mezclado (con la incorporación de los aceites esenciales) y envasado.

8.1.2 Conservador

Los aceites esenciales están ganando interés en las comunidades académicas e industriales, ya que se han asociado con una posible actividad antimicrobiana contra una amplia gama de microorganismos. Aunque la mayoría de los aceites esenciales se clasifican como GRAS (Generalmente Reconocidos como Seguros), su uso en alimentos como conservantes suele estar limitado debido a consideraciones de sabor, ya que las dosis antimicrobianas eficaces pueden superar los niveles sensoriales aceptables. El efecto antimicrobiano de cada aceite esencial depende principalmente de la calidad y cantidad de sus componentes (Reyes-Jurado et., al, 2015).

Mecanismo de acción

El mecanismo de acción antimicrobiana (Figura 24) parece tener relación con una gran cantidad de constituyentes complejos en los aceites esenciales en lugar de sólo metabolitos bioactivos específicos. En general, las acciones antimicrobianas

de los aceites esenciales se describen en tres fases. En primer lugar, los aceites esenciales que se extienden sobre la pared celular de una bacteria mejoran la permeabilidad de la membrana, lo que conduce a una pérdida posterior de componentes celulares. El segundo corresponde a una acidificación dentro de la célula que bloquea la producción de energía celular (ATP) debido a la pérdida de iones, el colapso de las bombas de protones y la reducción del potencial de membrana. Por último, pero no menos importante, está la destrucción de material genético que resulta en la muerte de bacterias. Además, algunos estudios han informado que los aceites esenciales también pueden coagular el citoplasma y dañar lípidos, proteínas, paredes celulares y membranas, lo que puede provocar la fuga de macromoléculas y la lisis posterior. Pocos autores han abordado como actúan los aceites esenciales sobre la inhibición de hongos, sin embargo algunos mecanismos reportados son los siguientes: apoptosis, pérdida de componentes celulares, inhibición de la síntesis de pared celular e inhibición de la vía del ergosterol. (Li et., al, 2014).

Según la literatura afirma, que el porcentaje de compuestos químicos y los principales constituyentes del aceite esencial determinaban la actividad antibacteriana. Los investigadores continúan explicando que la máxima actividad antibacteriana y antifúngica son causadas por componentes químicos que contienen heteroátomos como el oxígeno (Desam et., al, 2017).

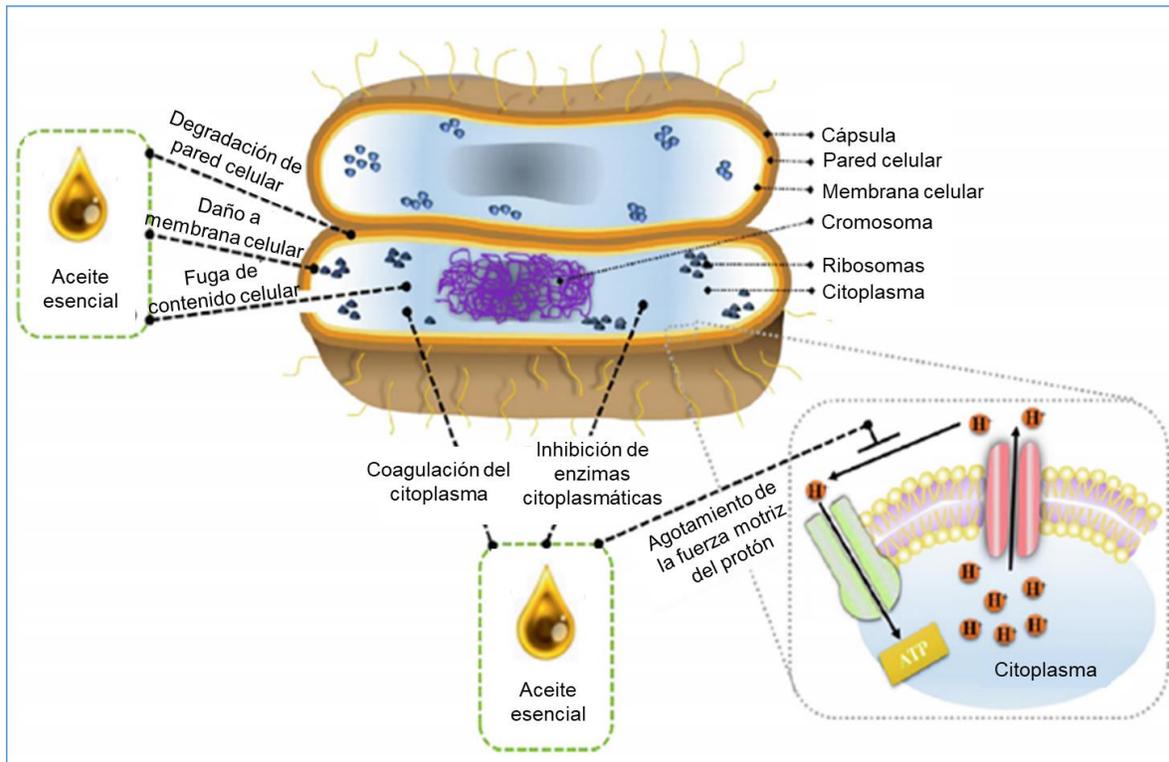


Figura 24. Mecanismo de acción antimicrobiana de los aceites esenciales (Falleh et., al, 2020).

Desam et., al, 2017, evaluaron la actividad antibacteriana y antifúngica del aceite esencial de la menta piperita. El material vegetal se compró en Jazan, Arabia Saudita durante enero de 2017. El aceite esencial se obtuvo mediante hidrodestilación durante 4h utilizando un aparato Clevenger, lo que dio como resultado diecinueve componentes químicos que representan el 100% del aceite esencial, que comprenden mentol (36,02%), mentona (24,56%), acetato de mentilo (8,95%) y mentofurano (6,88%) como componentes principales.

Los aceites esenciales se investigaron mediante el método de difusión en disco de agar. Se usaron de 100.0µL de inóculo con 10^8 UFC/mL de bacterias y 10^6 UFC/mL de cepas de hongos que se inocularon en el medio de cultivo agar Sabouraud Dextrosa, respectivamente. El aceite esencial extraído (10.0µL) se colocó sobre los discos de papel y después sobre los microorganismos analizados. Las placas se incubaron y se usó como referencia Gentamicina para bacterias, y Anfotericina para hongos y levaduras, inoculando (10.0µL) / disco.

El aceite esencial muestra una actividad antibacteriana significativa contra los microorganismos patógenos humanos. Además, *Staphylococcus aureus* ($42,44 \pm 0,10\text{mm}$), *Micrococcus flavus* ($40,01 \pm 0,10\text{mm}$), *Bacillus subtilis* ($38,18 \pm 0,11\text{mm}$), *Staphylococcus epidermidis* ($35,14 \pm 0,08\text{mm}$) y *Salmonella enteritides* ($30,12 \pm 0,12\text{mm}$) muestran los valores más altos de actividad antibacteriana contra el aceite esencial de menta piperita.

Los aceites esenciales muestran una actividad antifúngica significativa contra levaduras y hongos como *Alternaria alternaria* ($38,16 \pm 0,10\text{mm}$), *Fusarium tabacinum* ($35,24 \pm 0,03\text{mm}$), *Penicillium spp.* ($34,10 \pm 0,02\text{mm}$), *Fusarium oxysporum* ($33,44 \pm 0,06\text{ mm}$) y *Aspergillus fumiga* ($30,08 \pm 0,08\text{mm}$).

En un estudio realizado por Bokhari et., al, 2016, se evaluó la capacidad antibacteriana del aceite de *M. arvensis L.* El aceite esencial fue extraído de las hojas frescas de menta de maíz recolectadas de Arabia Saudí en Junio 2015, mediante hidrodestilación durante 4h utilizando un aparato Clevenger. La hidrodestilación produjo un aceite de color amarillo claro de olor característico. Los principales componentes del aceite fueron los monoterpenos y monoterpenoides (92.52%) representados por 4 hidrocarburos (5.01%) y 11 derivados oxigenados (87.42%) con mentol (56.35%), mentona (10.90%), acetato de metilo (7.70%) e isomentona (5.20%) como los componentes principales.

La actividad antibacteriana del aceite esencial se evaluó mediante el ensayo de difusión en disco de agar. Se inoculó $10\mu\text{L}$ una suspensión bacteriana (10^6UFC/mL), sobre la placa de Agar Mueller Hilton. Se colocaron los discos de papel filtro con $10\mu\text{L}$ de aceite esencial. Y se incubaron las placas. Se utilizó como referencia Gentamicina ($40\mu\text{g}$).

Entre las cepas bacterianas probadas, el aceite esencial mostró una fuerte actividad contra todas las cepas bacterianas probadas excepto *Pseudomonas aeruginosa*, como es evidente en la zona de inhibición comparable a la gentamicina. Se encontró que las cepas probadas eran sensibles al aceite estudiado y mostraban una actividad antibacteriana altamente efectiva con la zona de inhibición máxima contra *S. aureus* ($22,33 \pm 1,15\text{mm}$) y la inhibición moderada mostrada por *E. coli* ($23,30 \pm$

2,89 mm) y *B. subtilis* ($20,67 \pm 2,89$ mm) y una inhibición baja para *Streptococcus pyogenes* ($17,67 \pm 2,30$).

La actividad máxima de *M. arvensis* se observó contra bacterias gram positivas *S. aureus*, *B. subtilis* y *S. pyogenes* que contra bacterias gram negativas (*E. coli* y *P. aeruginosa*).

Los resultados indican que el aceite de la menta de maíz tiene potencial antibacteriano, pudiendo ser candidato a la aplicación en alimentos, para sustituir conservadores sintéticos, mientras que el aceite esencial de *Menta piperita* L., además presenta una acción antifúngica. Ambos aceites esenciales muestran un desempeño comparable a las sustancias sintéticas.

8.1.3 Antioxidante

La oxidación es una de las causas más importantes de degradación de los alimentos. Los alimentos sometidos a una oxidación extensa tienen defectos importantes y no son aceptables para el consumidor. La oxidación durante el procesamiento y/o almacenamiento de alimentos puede revelarse a través de cambios de color y la aparición de sabores y olores desagradables. Los compuestos antioxidantes pueden prevenir, alterar e incluso terminar reacciones oxidativas a concentraciones relativamente bajas. En este sentido, los aceites esenciales y sus componentes juegan un papel clave en el ejercicio de la actividad antioxidante. Los aceites esenciales tienen varios modos de acciones directas o indirectas, incluida la prevención del inicio de la cadena y la actividad de captación de radicales libres (Falleh et., al, 2020).

Por otra parte, el estrés oxidativo debido a la generación de radicales libres y especies reactivas de oxígeno causa daño a las macromoléculas celulares. El daño oxidativo se ha relacionado con diversos problemas de salud como el envejecimiento, la arteriosclerosis, el cáncer, la enfermedad de Alzheimer, la

enfermedad de Parkinson, la diabetes y el asma. El equilibrio celular de los radicales libres se mantiene mediante diferentes antioxidantes (Raut y Karuppaiyl, 2014).

En un estudio de Pavlić et., al, 2021, el aceite de menta piperita exhibió una actividad de inhibición mejor hacia la butirilcolinesterasa (BChE) y la acetilcolinesterasa (AChE), por lo que estos aceites podrían ser agentes naturales contra la enfermedad de Alzheimer. Estas dos enzimas son responsables de la descomposición de la acetilcolina, cuya deficiencia podría inducir enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Alzheimer. El aceite esencial de menta también mostró inhibición de la tirosinasa, enzima responsable del pardeamiento indeseable de frutas y verduras.

En el estudio de Pavlić, et al, 2021, demostró que la extracción asistida por microondas podría proporcionar una alta recuperación de polifenoles y extractos de menta con alta actividad antioxidante hacia los radicales DPPH (el ensayo de antioxidantes DPPH se basa en la capacidad del DPPH, un radical libre estable, para decolorar en presencia de antioxidantes). Las muestras obtenidas mediante técnicas de destilación proporcionaron la capacidad de eliminación más débil de los radicales DPPH, lo que está de acuerdo con la literatura, ya que se ha informado que los terpenoides de menta exhiben una actividad modesta en este sistema modelo. La mayor actividad antioxidante en las muestras obtenidas por extracción con solventes orgánicos y SFE podría atribuirse a la presencia de polifenoles que han sido extraídos por estas técnicas.

Es más que evidente que la actividad antioxidante está fuertemente correlacionada con la composición química de los extractos de menta aislados, mientras que la composición química del material vegetal algo homogéneo está relacionada con la selección de la técnica de extracción aplicada y las condiciones de procesamiento.

Biswas, 2014, realizó un ensayo antioxidante cualitativo utilizando el ensayo DPPH, el extracto obtenido por extracción con disolventes de la menta de maíz, mostró las propiedades de eliminación de radicales libres indicadas por la presencia de una mancha amarilla moderada sobre un fondo púrpura. El extracto mostró actividad de eliminación de radicales libres en el ensayo DPPH que es comparable a la del ácido ascórbico, un antioxidante estándar conocido. Los antioxidantes vegetales tienen

generalmente una fracción fenólica. Los compuestos fenólicos pueden donar fácilmente electrones a los radicales reactivos debido a la estabilidad de resonancia y, por lo tanto, retardan las reacciones en cadena de los radicales. Se ha descubierto que los flavonoides de los extractos de plantas poseen propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias en varios estudios. Varios componentes vegetales como los taninos son responsables de mostrar propiedades antioxidantes. *M. arvensis* L. mostró la presencia de flavonoides y taninos, sus propiedades antioxidantes pueden observarse debido a la presencia de estos componentes químicos.

La eficacia de los antioxidantes en los sistemas hidrófobos depende de su solubilidad, estabilidad y volatilidad. Es mejor que los antioxidantes sean liposolubles para que puedan reaccionar con los radicales libres en la oxidación de lípidos. Además, también deberían ser térmicamente estables durante los procesos de producción. No deben ser demasiado volátiles en riesgo de perderse durante el proceso de fabricación de los productos finales, lo que dificulta el uso de aceites esenciales como antioxidantes.

La elección de los aceites esenciales como antioxidantes en la industria también se basa en varios parámetros, solubilidad, capacidad antioxidante persistente, sensibilidad al pH, producción de olores o sabores desagradables, así como su disponibilidad, función múltiple y costo (Li, et al, 2014).

Tendencia en el mercado de aceites esenciales

Un grupo de productos de muy rápido crecimiento en la actualidad son los denominados productos orgánicos. Éstos se basan en ingredientes vegetales obtenidos de la recolección silvestre o del cultivo orgánico y están libres de pesticidas, herbicidas, fertilizantes sintéticos y otros productos químicos ampliamente utilizados en la agricultura. Las mismas materias primas orgánicas se están volviendo cada vez más populares en la industria alimentaria, lo que en consecuencia aumentará el consumo de sabores orgánicos basados en aceites

esenciales orgánicos. Los certificados orgánicos, disponibles en muchos países, son pasaportes de productos a un nivel de precios superior y tiendas o departamentos selectivos en los supermercados. La importancia de ese segmento del consumo de aceites esenciales se puede ilustrar comparando los precios promedio de los aceites esenciales estándar que se enumeran en la Tabla 20 y los mismos aceites declarados como orgánicos (Baser y Buchbauer, 2015).

Aceite esencial	Calidad estándar (Euros / kg)	Calidad orgánica (Euros / kg)
Naranja	5.50	35
Menta de maíz (<i>Mentha arvensis</i> L.)	10.50	50
Menta (<i>Mentha piperita</i> L.)	27.00	100
Eucalipto (<i>E. globulus</i>)	5.50	26
Limón	6.00	30
Citronela	11.00	23
Eucalipto (<i>E. citriodora</i>)	5.00	34
Hoja de clavo	12.00	60
Hierbabuena (<i>M. spicata</i>)	23.00	40
Cedro (<i>Virginia</i>)	15.00	58
Lima	44.00	92
Lavandín	15.00	36
<i>L. cubeba</i>	20.00	44
Cedro (China)	14.00	53
Alcanfor	4.50	24
Cilantro	57.00	143
Toronja	13.00	170
Pachuli	115.00	250

Tabla 20. Precios de aceites esenciales estándar y orgánicos (Baser y Buchbauer, 2015).

CAPÍTULO 9. DISCUSIÓN

Los aceites esenciales presentan una mayor demanda actualmente en diferentes industrias como la alimentaria y la farmacéutica por ser productos naturales, que además de proporcionar características organolépticas, poseen propiedades biológicas como antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas, etc.

En el sector alimentario, el mercado de los aceites esenciales ha incrementado por la tendencia de consumir productos naturales. El consumidor está en búsqueda de alimentos con aditivos naturales y no sintéticos.

La composición de los aceites esenciales es muy variada aun tratándose de la misma especie de planta, ya que depende de condiciones ambientales, ubicación geográfica, el cultivo, etapa de recolección y madurez de la planta, así como del tipo de extracción utilizado. Los aceites esenciales son una mezcla variada de compuestos volátiles oxigenados como los terpenoides y fenilpropanos, así como no oxigenados como los terpenos, los cuales, en conjunto, en diferentes proporciones son responsables del aroma y sabor característico de cada aceite esencial.

Los aceites esenciales de menta se encuentran entre los 3 primeros lugares de aceites esenciales con mayor consumo a nivel mundial, principalmente el aceite de *Mentha piperita L.* y *Mentha arvensis L.*, por lo que son aceites de gran importancia económica en el área de confitería, bebidas alcohólicas, cuidado bucal, tabaco y aromatizantes y en fabricación de mentol.

La menta piperita y menta de maíz, además de distinguirse por la morfología de la planta, tienen componentes distintos, y aunque tienen otros componentes iguales, la proporción de ellos es diferente, por lo que sus aceites esenciales son utilizados y producidos en distintas formas. El aceite esencial de menta piperita es comercializado mediante su destilación con posterior rectificación, sin embargo, el aceite de menta de maíz, es destinado a la producción de mentol y comercializado

como aceite de maíz desmentolizado. Por lo que cada uno de estos imparte características de sabor y aroma únicos, al igual que el mentol.

La extracción de los aceites esenciales de menta es comúnmente realizada por destilaciones con arrastre de vapor, también es posible realizar una extracción con disolventes o destilaciones a presión reducida, sin embargo, se deben considerar las desventajas que tienen los métodos tradicionales, principalmente la degradación de compuestos, el uso de disolventes (en el caso de extracción con disolventes), el tiempo de extracción y la energía utilizada. Y aunque estos métodos convencionales presentan ventajas en su utilización, se han creado nuevas técnicas de extracción de aceites esenciales con la finalidad de optimizar el proceso, mejorando la calidad del aceite obtenido y disminuyendo el consumo de energía al reducir el tiempo de extracción. Los métodos no convencionales presentan una nueva alternativa en el futuro de las extracciones verdes, sin embargo, se debe continuar realizando estudios para que sean una opción viable y determinar cuál o cuáles de estos son los óptimos para la extracción de aceites esenciales de la planta de menta.

La adulteración es una práctica recurrente en el aceite esencial de *Menta piperita* L., y aunque en la actualidad hay técnicas que permiten determinar la composición química exacta y propiedades fisicoquímicas, sigue existiendo la adulteración principalmente con aceite de menta de maíz. El aceite de *Menta arvensis* L., no resulta ser atractivo para su adulteración, mientras que el mentol, puede ser sintetizado artificialmente, mediante procesos que pueden dar los distintos isómeros del L-Mentol, los cuales no tienen las mismas propiedades sensoriales ni fisicoquímicas.

Los productos alimentarios contienen aditivos para mejorar las características organolépticas (como sabor, color y textura), inhibir el crecimiento de microorganismos, evitar la oxidación de lípidos, prolongar la vida de anaquel, entre otras cosas. Por lo que teniendo en cuenta la demanda del consumidor por los productos naturales, y las propiedades de los aceites esenciales de menta, éstos pueden sustituir el uso de conservadores y antioxidantes sintéticos. El aceite esencial de *Mentha piperita* L. y *Mentha arvensis* L., mostraron una buena actividad antioxidante y antimicrobiana y antifúngica contra ciertos microorganismos y

hongos. La actividad antimicrobiana y antifúngica se debe principalmente a sus componentes mayoritarios, el mentol y la mentona. Mientras que la actividad antioxidante se debe a los compuestos fenólicos que están en su composición.

El sabor a menta y la frescura que imparten los aceites esenciales derivados de menta piperita y menta de maíz, así como del mentol, es de importancia en la industria alimentaria y de bebidas, tienen diversas aplicaciones como en helados, glaseados, rellenos, caramelos duros, jugos, té, etc., sin embargo, tienen un papel importante como saborizantes en la elaboración de licores y principalmente en la elaboración de goma de mascar ya que es un producto ampliamente consumido y disponible.

La aplicación de los aceites esenciales en alimentos o bebidas, puede ser problemática por su inestabilidad a las condiciones ambientales y de proceso como temperatura, luz y oxígeno, además de ser sustancias volátiles y lipofílicas. Por lo que la deterpenación presenta una opción para su adición en matrices hidrofílicas como en las bebidas carbonatadas y la microencapsulación es un proceso que además de protegerlo, permite una liberación controlada del sabor, característica importante en la goma de mascar.

La gran atención hacia los aceites esenciales de menta, radica en que tienen mayor atención por los fabricantes en el sector alimentario para crear productos con mayor valor agregado, por utilizar productos de origen natural, y su importancia reside en que son ampliamente utilizados por su sabor y aroma particular, sin embargo, aunque su actividad antimicrobiana y antioxidante se ha comprobado, es necesario realizar más estudios para determinar las condiciones desde el inicio hasta el fin del proceso de producción, su estabilidad en la matriz alimentaria, así como su funcionalidad. Realizar más pruebas con un mayor número de microorganismo, hongos y levaduras que pudieran estar presentes en alimentos. Además, en su aplicación se debe considerar que el sabor y el aroma que otorguen al producto, este en los límites aceptables por el consumidor.

CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES

Los aceites esenciales de menta tienen una gran demanda a nivel mundial, ocupando el 3 lugar de aceites esenciales más consumidos, destacando el aceite esencial de *Menta piperita L.*, y *Mentha arvensis L.*

El sabor a menta y la frescura asociada con la menta, son características muy buscadas en una amplia variedad de productos de cuidado bucal, aromatizantes, tabaco y licores, pero tiene su campo principal en la confitería.

La composición del aceite esencial de menta piperita y menta de maíz es distinta, lo que les da características sensoriales propias. Dependiendo su composición de varios factores.

La extracción de aceites esenciales de menta se realiza principalmente por los métodos convencionales como son las destilaciones por arrastre de vapor, sin embargo, mientras que el aceite esencial de *Mentha piperita L.*, es comercializado rectificado, el aceite esencial de *Mentha arvensis L.*, se comercializa desmentolizado.

El mentol es un compuesto obtenido de forma natural de la menta de maíz, el cual es de gran valor para la industria alimentaria, al igual que los aceites esenciales. El mentol producido sintéticamente, puede originar isómeros del mentol con características organolépticas negativas.

Las técnicas de extracción no convencionales representan una alternativa para optimizar y mejorar las condiciones de proceso, así como la calidad del aceite esencial, pero es indispensable realizar más estudios de estos métodos para determinar el adecuado para la extracción del aceite esencial de la planta de menta.

Es importante determinar la calidad del aceite esencial, ya que la adulteración es frecuente en el aceite esencial de menta piperita con aceite de menta de maíz.

Los aceites esenciales de *Mentha piperita L.* y *Mentha arvensis L.*, mostraron buenas propiedades antioxidantes y antimicrobianas, sin embargo, se deben de realizar más estudios para asegurar su funcionamiento en el producto alimentario.

La estabilidad de los saborizantes naturales es un aspecto importante que se debe considerar para su aplicación en alimentos y bebidas, la deterpenación y la encapsulación representan una alternativa óptima para su aplicación.

Los productos alimentarios naturales y orgánicos son una tendencia por el consumidor, por lo que los aceites esenciales de menta, proporcionan al producto un mayor valor, ya que además de sus propiedades únicas saborizantes, son una alternativa prometedora para usarse como antioxidantes y conservadores naturales en la industria alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

1. Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (4a ed.). Pearson.
2. Baser, C. H. K., & Buchbauer, G. (2015). *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications* (2a Ed.). CRC Press.
3. Biswas, N. N., Saha, S., & Ali, M. K. (2014). Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and analgesic activities of ethanolic extract of *Mentha arvensis* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(10), 792-797. <https://doi.org/10.12980/apjtb.4.2014c1298>
4. Bokhari, N., Perveen, K., Khulaif, M. A., Kumar, A., & Siddiqui, I. (2016). In Vitro Antibacterial Activity and Chemical Composition of Essential Oil of *Mentha arvensis* Linn. Leaves. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(4), 907-915. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2016.1184993>
5. Casado, I. (2018). *Optimización de la Extracción de Aceites Esenciales por Destilación en Corriente de Vapor*. Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica de Madrid.
6. Committee on Food Chemicals Codex (2004). *Food Chemical Codex* (5a ed.). The National Academies Press.
7. Desam, N. R., Al-Rajab, A. J., Sharma, M., Mylabathula, M. M., Gowkanapalli, R. R., & Albratty, M. (2017). Chemical constituents, in vitro antibacterial and antifungal activity of *Mentha Piperita* L. (peppermint) essential oils. *Journal of King Saud University - Science*, 31(4), 528-533. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.07.013>
8. Dima, C., & Dima, S. (2015). Essential oils in foods: extraction, stabilization, and toxicity. *Current Opinion in Food Science*, 5, 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.07.003>
9. Falleh, H., Ben Jemaa, M., Saada, M., & Ksouri, R. (2020). Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. *Food Chemistry*, 330, 127268. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127268>

10. Fritz, D. (2006). Formulation and production of chewing and bubble gum. Kennedy's Publications Limited.
11. Grumezescu, A. M., & Holban, A. M. (2018). Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes. Academic Pr.
12. Hartel, R. W., Elbe, J. V. H., & Hofberger, R. (2017). Confectionery Science and Technology (English Edition) (1st ed. 2018 Ed.). Springer.
13. Hashemi, S. M. B., Khaneghah, A. M., Sant'Ana, A. S., & de Souza Sant'Ana, A. (2018). Essential Oils in Food Processing. Wiley.
14. Hughes, P. (2019). Flavors (Bittering Agents, Astringent Flavors, Pungency, Menthol). Encyclopedia of Food Chemistry, 1, 104-108. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21622-3>
15. Konar, N., Palabiyik, I., Toker, O. S., & Sagdic, O. (2016). Chewing gum: Production, quality parameters and opportunities for delivering bioactive compounds. Trends in Food Science & Technology, 55, 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.003>
16. Lawrence, B. M. (2006). Mint: The Genus Mentha (Illustrated Ed.). CRC Press.
17. Li, Y., Fabiano-Tixier, A., & Chemat, F. (2014). Essential Oils as Reagents in Green Chemistry (2014.^a Ed.). Springer.
18. Martínez, A. (2003). Aceites esenciales. Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia, España.
19. Mattingly, D. T., Hirschtick, J. L., Meza, R., & Fleischer, N. L. (2020). Trends in prevalence and sociodemographic and geographic patterns of current menthol cigarette use among U.S. adults, 2005–2015. Preventive Medicine Reports, 20, 101227. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2020.101227>
20. NORMA Oficial Mexicana NOM-199-SCFI-2017, Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5502882&fecha=30/10/2017. Último acceso: 30 de enero de 2021
21. Ortiz, A. (2018). Aceites esenciales de cítricos (limón, naranja, mandarina y toronja): su obtención, composición y aplicación en alimentos y bebidas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

22. Pavlić, B., Teslić, N., Zengin, G., Đurović, S. š., Rakić, D. š., Cvetanović, A., Gunes, A. K., & Zeković, Z. (2021). Antioxidant and enzyme-inhibitory activity of peppermint extracts and essential oils obtained by conventional and emerging extraction techniques. *Food Chemistry*, 338, 127724. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127724>
23. Peredo-Luna, H. A., Palou-García, E., & López-Malo, A. (2009). Aceites esenciales: métodos de extracción. *Temas selectos de ingeniería de alimentos* 3, 1, 24-32.
24. Peter, K. (2012). *Handbook of Herbs and Spices: 2*; Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition (2a Revised Ed.). Woodhead Publishing.
25. Preedy, V. R. (2016). *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Academic Press.
26. Raut, J. S., & Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*, 62, 250-264. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.055>
27. Reineccius, G. A. (2006). *Flavor Chemistry and Technology* (2a Ed.). CRC Press LLC.
28. Reyes-Jurado, F., Franco-Vega, A., Ramírez-Corona, N., Palou, E., & López-Malo, A. (2014). Essential Oils: Antimicrobial Activities, Extraction Methods, and Their Modeling. *Food Engineering Reviews*, 7(3), 275-297. <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9099-2>
29. Rodríguez, M., Alcaraz, L., & Real, S. (2012). Procedimiento para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. Centro de Investigaciones Biológicas Del Noroeste, S. C.
30. Román, M. A., Rivera, C. M., Cardona, L. M., Muñoz, L. M., Gómez, D. D., Passaro, C., & Quiceno, J. M. (2016). *Guía de Extracción por Fluidos Supercríticos: Fundamentos y Aplicaciones*. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA.
31. Stephens, J. (2017). Taking a Fresh Look at Mint. *Perfumer & Flavorist*, 42, 51-55. <https://perfumerflavorist.com>
32. Tisserand, R., & Young, R. (2014). *Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals- (2a Revised Ed.)*. Churchill Livingstone.