



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA



Aplicación de aceites esenciales como aditivos naturales en los sistemas alimentarios

Informe Final de Integración Curricular, Modalidad Proyecto de Investigación, presentado como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniera en Biotecnología otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Daniela Marilú Cofre Santo

Tutor: Dra. Mirari Yosune Arancibia Soria

Ambato - Ecuador

Marzo - 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Mirari Yosune Arancibia Soria

CERTIFICA

Que el presente Informe Final de Integración Curricular ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final de Integración Curricular, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 10 de febrero del 2022

Dra. Mirari Yosune Arancibia Soria

C.I. 180214246-1

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Daniela Marilú Cofre Santo, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Biotecnología, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Daniela Marilú Cofre Santo

C.I. 050480452-7

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Presidente del Tribunal

Mg. Danae Fernández Rivero
CI: 1757181209

Dr. Orestes Darío López Hernández
CI: 1754784864

Ambato, 03 de Marzo del 2022

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final de Integración Curricular o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final de Integración Curricular, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Daniela Marilú Cofre Santo

C.I. 050480452-7

AUTORA

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi luz, mi fuerza y mi guía durante todos estos años de vida.

A mis padres, Juan y Lucrecia, por su infinito amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, especialmente a mis padres, siempre estaré eternamente agradecida por todo su esfuerzo, motivación y apoyo incondicional. De igual forma, a mis hermanos Tania, Junior y José, por su paciencia y estar siempre presentes para ayudarme en cualquier situación.

A mi tutora, Dra. Mirari Arancibia, gracias por brindarme la oportunidad de ser parte de su grupo de tesistas, por su tiempo, colaboración y supervisión recibido a lo largo de la realización de este trabajo.

A mis amigos, personas maravillosas que me acompañaron durante toda la carrera. Junto a ustedes pude aprender muchas cosas y compartir grandes momentos llenos de alegría. Gracias por formar parte de mi vida.

A todas las personas que algún momento recibí su ayuda, gracias por su colaboración y por ser parte de mi formación profesional y personal.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.1.1 Aditivos alimentarios	1
1.1.2 Clasificación de los aditivos alimentarios.....	1
1.1.3 Aditivos naturales.....	2
1.1.4 Clases de aditivos naturales	2
1.1.5 Definición de los aceites esenciales	3
1.1.6 Composición química de los aceites esenciales	4
1.1.7 Características físicas de los aceites esenciales	5
1.1.8 Métodos de obtención	5
1.1.8.1 Métodos convencionales	5
1.1.8.2 Métodos de extracción innovadores o “verdes”.....	7
1.1.9 Uso de Aceites esenciales como aditivos alimentarios	9
1.1.10 Legislación del uso de aceites como aditivos alimentarios.....	10
1.1.11 Etiquetado y Envasado de los aceites esenciales	11
1.2 Objetivos	12
1.2.1 Objetivo general	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
CAPÍTULO II	13
METODOLOGÍA	13

2.1	Métodos	13
2.1.1	Herramientas de búsqueda y Recursos de información científica	13
2.1.2	Estrategias de búsqueda	14
2.1.3	Criterios de selección	14
	Criterios de inclusión	14
	Criterios de exclusión	14
2.1.3	Selección de estudios	14
2.1.4	Análisis de la información	15
CAPÍTULO III		16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		16
3.1	Resultados de búsqueda.....	16
3.2	Uso y aplicación de aceites esenciales como aromatizantes o saborizantes naturales en sistemas alimentarios.....	16
3.2.1	Componentes individuales de los aceites esenciales responsables del olor y sabor	25
3.2.2	Efecto de la incorporación de aceites esenciales como saborizantes o aromatizantes en los alimentos	26
3.2.3	Encapsulación de aceites esenciales.....	27
3.2.4	Aplicación de aceites esenciales como aditivos en películas y recubrimientos comestibles.....	29
3.3	Uso y aplicación de aceites esenciales como bioconservantes en sistemas alimentarios	30
3.3.1	Aceites esenciales como aditivos antimicrobianos	58
3.3.2	Aceites esenciales como aditivos antioxidantes.....	64
3.4	Limitaciones del uso de aceites esenciales en sistemas alimentarios.....	66
3.4.1	Aspectos organolépticos.....	66
3.4.2	Biodisponibilidad	66
3.4.3	Toxicidad.....	67
3.4.4	Aspectos legales	67
3.4.5	Aspectos económicos	67
CAPÍTULO IV.....		68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		68
4.1	Conclusiones	68
4.2	Recomendaciones	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de aceites esenciales descritos en la revisión bibliográfica.....	13
Tabla 2. Matrices alimentarias estudiadas para la aplicación de aceites esenciales como aromatizantes o saborizantes	16
Tabla 3. Resumen de los estudios que demuestran el uso de aceites esenciales como aromatizantes o saborizantes naturales en sistemas alimentarios	18
Tabla 4. Matrices alimentarias estudiadas para la aplicación de aceites esenciales como bioconservantes	31
Tabla 5. Resumen de los estudios que demuestran el uso de aceites esenciales como conservantes naturales en productos alimenticios.....	34
Tabla 6. Métodos de aplicación de aceites esenciales en sistemas alimentarios	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aditivos naturales más estudiados para su aplicación en sistemas alimentarios.....	2
Figura 2. Usos y aplicaciones de aceites esenciales en sistemas alimentarios	9
Figura 3. Aplicación de aceites esenciales como aditivos en envases activos para alimentos.	29
Figura 4. Efecto antifúngico de aceite esencial en moras (<i>Rubus ulmifolius</i> subsp. <i>sanctus</i>)..	58
Figura 5. Aplicación de aceite esencial en fase de vapor sobre una matriz alimentaria	60
Figura 6. Efecto de aceite esencial microencapsulado sobre la estabilidad microbiológica de tortas	62
Figura 7. Encapsulación de compuestos bioactivos en nanofibras mediante la técnica de electrohilado	63
Figura 8. Envasado de fresas con una película que contiene microcápsulas de aceite esencial para mantener la calidad postcosecha	65

RESUMEN

Los aditivos químicos se utilizan ampliamente dentro de la industria alimentaria, sin embargo, durante los últimos años han perdido la aceptación por parte de los consumidores, quienes demandan continuamente productos más seguros y de mejor calidad. Los aceites esenciales han recibido gran atención como aditivos naturales y posibles sustitutos de los derivados de origen sintético. Debido a su composición química, los aceites esenciales presentan olores agradables y sobre todo propiedades antimicrobianas y antioxidantes, etc., por lo que, su aplicación en alimentos resulta prometedora. En este sentido, el presente trabajo consistió en una investigación bibliográfica sobre el potencial uso de 46 tipos de aceites esenciales como aditivos aromatizantes, saborizantes y conservantes en sistemas alimentarios. Su aplicación en productos cárnicos, lácteos, pescado, bebidas, frutas, vegetales y otros, ha sido discutida ampliamente, dando énfasis en el estudio de la incorporación de estos compuestos en la preservación y extensión de la vida útil de los alimentos; así como también, en el desarrollo de nuevas tecnologías como la encapsulación o la incorporación de los aceites esenciales en películas y recubrimientos comestibles a fin de mejorar su actividad y evitar efectos indeseables sobre las características organolépticas de los productos alimenticios.

Palabras clave: Investigación bibliográfica, industria alimentaria, aceites esenciales, aditivos alimentarios, aditivos naturales.

ABSTRACT

Chemical additives are widely used within the food industry, however, in recent years they've lost acceptance by consumers, who continuously demand safer and better quality products. Essential oils have received great attention as natural additives and potential substitutes for derivatives of synthetic origin. Due to their chemical composition, essential oils have pleasant odors and, above all, antimicrobial and antioxidant properties, etc., so their application in food is promising. In this sense, the present work consisted of a bibliographical research on the potential use of 46 types of essential oils as aromatizing, flavoring and preservative additives in food systems. Its application in meat products, dairy products, fish, beverages, fruits, vegetables, and others, has been widely discussed, emphasizing the study of the incorporation of these compounds in the preservation and extension of the shelf life of foods, as well as, in the development of new technologies such as the encapsulation or incorporation of essential oils in edible films and coatings in order to improve their activity and avoid undesirable effects on the organoleptic characteristics of food products.

Keywords: Bibliographic research, food industry, essential oils, food additives, natural additives.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

1.1.1 Aditivos alimentarios

Los aditivos alimentarios son cualquier tipo de sustancias o productos biotecnológicos naturales, semisintéticos o sintéticos que “no se consumen normalmente como un alimento en sí, ni se emplean como ingredientes característicos de un alimento, tenga o no valor nutritivo” (**European Food Safety Authority, 2008**). Están presentes en pequeñas cantidades (mg/kg o 1 % en peso del producto final) y se emplean de forma directa o indirectamente durante el procesamiento, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento del alimento para producir efectos deseables específicos (**Blekas, 2016**).

Los aditivos de uso directo se añaden intencionadamente en niveles controlados, generalmente con el propósito de prolongar la vida útil, mejorar el sabor, textura o apariencia del alimento. Mientras que los aditivos indirectos son incorporados de manera no intencionada del entorno en el que se producen los alimentos (durante los tratamientos de procesamiento) y que pasan a formar parte del producto en niveles muy bajos (**Abou-Donia & Salama, 2015; Blekas, 2016**).

1.1.2 Clasificación de los aditivos alimentarios

Según **de Prádena (2017)**, la clasificación de los aditivos alimentarios de acuerdo a su origen y fabricación es:

- a) **Aditivos naturales:** Se extraen a partir de fuentes vegetales, animales y microbianas, aptas para el consumo humano.
- b) **Aditivos idénticos a los naturales:** Son componentes naturales producidos por síntesis química o biológica.
- c) **Aditivos modificados:** Se refiere a las sustancias de origen natural cuya composición o estructura se modifican químicamente.
- d) **Aditivos artificiales:** Son compuestos químicos diseñados y elaborados sintéticamente, por lo que no se encuentran de forma natural.

1.1.3 Aditivos naturales

En la actualidad no existe una definición legal y específica para los aditivos alimentarios de tipo natural, excepto para los aromas que poseen legislación tanto en Estados Unidos como en la Unión Europea. Por lo general, esta definición tiende a emplearse como análogo hacia otras clases de aditivos, lo que conduce a interpretaciones erróneas de lo que es natural o sintético (Carocho, Morales, & Ferreira, 2015). En este aspecto, existe la necesidad de establecer una definición clara o guía sobre el término “natural” que pueda atribuirse ampliamente a todos los productos y grupos de ingredientes alimenticios, además de que sea aceptada por el público en general y no genere confusión (Baines, 2012).

1.1.4 Clases de aditivos naturales

Por lo descrito anteriormente, no existen categorías definidas para los aditivos alimentarios naturales. Sin embargo, entre los aditivos naturales más investigados se encuentran aquellos que prolongan la vida útil de los alimentos (antioxidantes y antimicrobianos) y otros que ayudan a mejorar los atributos sensoriales (colorantes, saborizantes y edulcorantes) como se describe en la Figura 1 (Carocho et al., 2015).

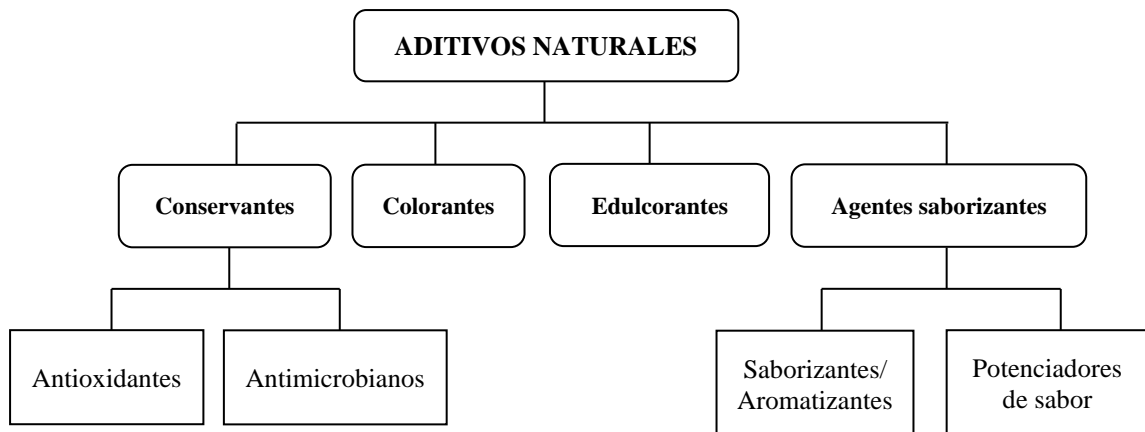


Figura 1. Aditivos naturales más estudiados para su aplicación en sistemas alimentarios. Adaptado de “*Natural food additives: ¿Quo vadis?*”, por M. Carocho et al., 2015, *Trends in Food Science & Technology*, 45, p. 284-295.

a. Conservantes naturales

Los antioxidantes y antimicrobianos son sustancias que permiten prolongar la vida útil de los alimentos evitando su oxidación y protegiéndolos contra el deterioro causado por microorganismos (bacterias y hongos), respectivamente. Los aceites esenciales y los polifenoles son algunos de los compuestos de origen vegetal que presentan ambas actividades (**Carocho et al., 2015**).

b. Colorantes

Se emplean para conferir nuevos colores al producto alimenticio o para mejorar los colores propios del alimento que se pueden perder durante la fabricación o a lo largo de su vida útil. Las antocianinas y los carotenoides son los colorantes comúnmente utilizados para otorgar estas características (**Carocho et al., 2015**).

c. Edulcorantes

Son sustancias que se utilizan para dar un dulzor a los alimentos, generalmente con el fin de hacerlos más atractivos y apetitosos. Los glucósidos de esteviol que se obtienen de las hojas de *Stevia rebaudiana* y el eritritol que se encuentra en algunas frutas, son los edulcorantes más empleados (**Carocho et al., 2015**).

d. Agentes saborizantes

Esta clase de aditivos se divide en 2 subgrupos. Los saborizantes que imitan el sabor o aroma natural del alimento y los potenciadores de sabor que se utilizan para resaltar o complementar el sabor, aroma o ambos, pero que no contribuyen con estas características propias (**Carocho, Barreiro, Morales, & Ferreira, 2014**). En ambos casos, los aceites esenciales se utilizan para otorgar aromas y sabores deseables (**Baines, 2012**).

1.1.5 Definición de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son compuestos aromáticos volátiles extraídos de diferentes partes de una planta (flores, semillas, brotes, hojas, frutos, cortezas, cáscaras, raíces y tallos) (**Eslahi, Fahimi, & Sardarian, 2017**). Son metabolitos secundarios producidos como mecanismo de defensa frente a factores de respuesta al estrés fisiológico, ataque

de patógenos, protección contra depredadores y atracción de insectos polinizadores, además proporcionan el olor y sabor característico de las plantas (**Duarte, Duarte, Rodrigues, & Rodrigues, 2017**).

No todas las plantas pueden sintetizar moléculas aromáticas y volátiles, ya que esto depende de la presencia de suficientes células especializadas que permitan su secreción (**Requejo, 2020a**). Las plantas aromáticas y medicinales tienen la capacidad de biosintetizar y acumular este tipo de sustancias en estructuras especializadas como tricomas glandulares, osmóforos, conductos y cavidades que se encuentran ubicadas en cualquier parte de la planta (**Molina, 2019**).

1.1.6 Composición química de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son una mezcla compleja en donde pueden estar presentes más de 300 componentes químicos diferentes (**Bhavaniramy, Vishnupriya, Al-Aboody, Vijayakumar, & Baskaran, 2019; Dhifi, Bellili, Jazi, Bahloul, & Mnif, 2016**). Estos se pueden clasificar en 2 clases:

- **Fracción volátil:** Comprende el 85-99 % del peso total del aceite. Los constituyentes son de bajo peso molecular (≈ 300 Da) y corresponden principalmente a terpenos y sus derivados oxigenados, entre otros grupos químicos como aldehídos, alcoholes, cetonas, ésteres y fenoles (**Hanif, Nisar, Khan, Mushtaq, & Zubair, 2019; Sánchez, Vargas, González, Chiralt, & Cháfer, 2011**).
- **Residuo no volátil:** Constituye el 1-15 % del peso total del aceite. Se pueden encontrar esteroides, ácidos grasos, ceras, carotenoides y flavonoides (**Hanif et al., 2019; Sánchez et al., 2011**).

La composición química de los aceites esenciales es muy versátil tanto cualitativa como cuantitativamente, ya que su presencia depende de factores como el órgano y grado de madurez de la planta, origen geográfico (clima, altitud, radiación solar), técnicas de cultivo, composición del suelo, genética, época de recolección y métodos de extracción (**Dhifi et al., 2016**).

1.1.7 Características físicas de los aceites esenciales

- Insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos y aceites fijos.
- Densidad menor que el agua (0,86 g/ml). Sin embargo, existen excepciones como los aceites esenciales de canela (1,038-1.066 g/ml) y clavo (1,015 g/ml).
- Punto de ebullición: 80 °C hasta 300 °C.
- Incoloros a temperatura ambiente, pero cuando se oxidan se resinifican tornándose de color amarillo oscuro.
- Alto índice de refracción, por lo que son susceptibles a la oxidación.
- Presentan coloración diversa y no depende de la planta de la cual se obtienen.
- Su sabor y olor es propio del órgano vegetal y el tipo de planta de donde se extrae.

(Dhifi et al., 2016; Requejo, 2020b)

1.1.8 Métodos de obtención

El método para la extracción de aceites esenciales depende generalmente del material vegetal a utilizar. Los diferentes métodos definen la calidad, composición y características del aceite esencial, por lo que una técnica inadecuada puede ocasionar la pérdida de bioactividad y propiedades naturales como cambios en el olor, sabor o aumento de la viscosidad (Tongnuanchan & Benjakul, 2014).

Los métodos de extracción de aceites esenciales se pueden clasificar en dos categorías: los métodos convencionales y los métodos innovadores o también conocidos como métodos “verdes” (Aziz et al., 2018). Estas nuevas tecnologías surgieron como una alternativa a los métodos tradicionales para mejorar la eficiencia en el proceso de extracción (reducción de tiempo de tratamiento y consumo de energía) para garantizar una mejor calidad del producto y aumentar los rendimientos de extracción (Chemat, Vian, & Cravotto, 2012).

1.1.8.1 Métodos convencionales

a. Destilación por arrastre de vapor

El proceso de extracción consiste en hacer pasar vapor de agua a través de un lecho compacto de material vegetal (Tongnuanchan & Benjakul, 2014). El vapor de agua

es suministrado por un generador de vapor y se introduce por la parte inferior hacia otro recipiente o extractor que contiene el material vegetal (**Asbahani et al., 2015**). El calor proporcionado por el vapor provoca la descomposición estructural de las células vegetales permitiendo la liberación de los componentes volátiles y otras moléculas. Después, el aceite es transportado hacia un sistema de enfriamiento (condensador), donde el vapor se condensa nuevamente en una mezcla de agua y aceite líquido. Esta mezcla se recolecta en un recipiente y las capas de agua (hidrolato/hidrosol) más aceite se separan por decantación. El aceite esencial también se puede recoger directamente de la parte superior del hidrosol o mediante la eliminación de la capa de agua por evaporación (**Roohinejad et al., 2017**).

b. Hidrodifusión

Es una variante del método de destilación por vapor, con excepción de que el vapor se introduce desde la parte superior del material vegetal. El proceso se puede efectuar a baja presión o al vacío con una temperatura por debajo de 100 °C. Esta técnica se utiliza principalmente para muestras de plantas secas (madera, semillas) que pueden deteriorarse a la temperatura de ebullición. A comparación con la destilación por vapor, el método de hidrodifusión permite un mejor rendimiento de extracción en poco tiempo con menos vapor utilizado (**Tongnuanchan & Benjakul, 2014**).

c. Hidrodestilación

Es un método que se aplica para la extracción de aceites esenciales de madera, flores y especialmente para plantas hidrófobas con un alto punto de ebullición. La técnica se basa en sumergir el material vegetal en un baño de agua, seguido de ebullición a presión atmosférica. La mezcla de vapor de agua y aceite esencial se condensan y posteriormente se separan por decantación (**Roohinejad et al., 2017**). El tiempo de extracción varía entre 3-6 horas dependiendo del material vegetal, lo cual puede repercutir en el rendimiento del aceite esencial y su composición química. A pesar de ello, una ventaja es que el material se puede destilar a una temperatura por debajo de los 100 °C (**Tongnuanchan & Benjakul, 2014**).

d. Extracción con solventes

Es un método apropiado para materiales florales delicados, que no se pueden extraer por destilación al vapor. El procedimiento se basa en disolver el material vegetal en un disolvente orgánico (hexano, etanol, metanol, acetona etc.), calentarlo y luego evaporarlo para recuperar el aceite esencial (**Tongnuanchan & Benjakul, 2014**). Después de la extracción, la mezcla líquida que contiene el aceite esencial y otros componentes pasa por medio de un proceso de filtración y posterior destilación. Este método implica un proceso relativamente lento, lo que hace que los aceites sean más caros en comparación con otros métodos (**Roohinejad et al., 2017**).

1.1.8.2 Métodos de extracción innovadores o “verdes”

a. Extracción con fluido supercrítico

El CO₂ se emplea como disolvente supercrítico para la extracción de aceites esenciales. Tiene una presión y temperatura crítica de aproximadamente 73 bar y 31 °C, respectivamente, de manera que alcanza fácilmente el punto crítico (**Roohinejad et al., 2017**). A parte de eso, el CO₂ es un gas no inflamable, fácil de eliminar, está disponible en alta pureza a bajo costo y su polaridad como fluido supercrítico es similar a la del pentano lo que permite la extracción de elementos lipofílicos (**Fornari, Vicente, Vázquez, García-Risco, & Reglero, 2012**).

El proceso de extracción comprende el uso y reciclaje de este fluido en pasos repetidos de compresión/descompresión. Al calentar y comprimir, el CO₂ logra su estado supercrítico. Después, pasa a través de la muestra vegetal y carga los extractos vegetales con la materia volátil. El proceso es seguido por pasos de descompresión, para lo cual el extracto y el CO₂ se dirigen a 2 separadores. Este último se descomprime gradualmente para separar los extractos obtenidos del fluido. El CO₂ se libera del segundo separador y se recicla en el tanque de almacenamiento sin dejar residuos traza de solvente en el producto final, ya que este se convierte en gas a presión y temperatura atmosféricas normales (**Fornari et al., 2012**).

Este método resulta ser mejor en comparación con los métodos convencionales ya que el proceso se realiza a bajas temperaturas, siendo adecuado para compuestos térmicamente sensibles. También, los fluidos supercríticos tienen menor viscosidad y

mayor difusividad lo que facilita su ingreso a la matriz vegetal permitiendo una extracción rápida en menos tiempo (**Stratakos & Koidis, 2016**). Además, se puede escalar según la aplicación, desde el laboratorio hasta una mayor escala industrial.

b. Extracción asistida por microondas

Las microondas son una forma de energía electromagnética que poseen una frecuencia entre 0,3-300 GHz (**Barba, Zhu, Koubaa, Sant'Ana, & Orlien, 2016**). Esta energía interactúa con las moléculas polares que componen el disolvente de extracción (p.ej. agua) para generar calor y calentar la matriz que se está tratando, lo que facilita la ruptura de la pared celular y la liberación de los componentes de interés (**G. A. Cardoso-Ugarte, Juárez-Becerra, Sosa-Morales, & López-Malo, 2013**).

Este método ofrece mejores rendimientos en la extracción de aceites esenciales, dado a que logra altas tasas de calentamiento y homogeneidad, reduce el tiempo de tratamiento, ofrece una operación simple y requiere un bajo costo de mantenimiento. Debido a estas ventajas se han desarrollado nuevas variantes de la técnica junto con los métodos convencionales como: hidrodestilación de microondas al vacío, hidrodifusión y gravedad de microondas y la extracción por microondas sin solventes (**Roohinejad et al., 2017**).

c. Extracción asistida por ultrasonido

El principio básico de la técnica radica en producir ondas sonoras (frecuencia de ultrasonido ≈ 20 kHz) que crean burbujas de cavitación en la solución. Esto permite generar suficiente calor para desintegrar las paredes celulares de las plantas, lo que conduce a una mejor liberación del aceite esencial (**Roohinejad et al., 2017**).

Los beneficios de esta tecnología son varios como: disminución en el tiempo de tratamiento, mayor rendimiento y reproducibilidad del producto, extracción de componentes termolábiles, reducción de solventes orgánicos y menor energía requerida para el procesamiento (**Roselló-Soto et al., 2015; Stratakos & Koidis, 2016**).

1.1.9 Uso de Aceites esenciales como aditivos alimentarios

Se conocen alrededor de 3000 tipos de aceites esenciales de diversas especias y hierbas, pero solo 300 están disponibles comercialmente para diferentes usos, principalmente como agentes aromatizantes (Ríos, 2016). Por lo general, se encuentran en productos tradicionales como refrescos, bebidas alcohólicas y aperitivos para aromatizar o enmascarar sabores amargos (Ríos, 2016). En confitería se emplean para aromatizar o saborizar caramelos, chicles y chocolates. También se utilizan para condimentar y conservar otros productos como helados, quesos, embutidos, carnes preparadas y ahumadas (Astudillo, 2014). La Figura 2 muestra una visión general del uso de estos compuestos aromáticos en la industria de los alimentos.

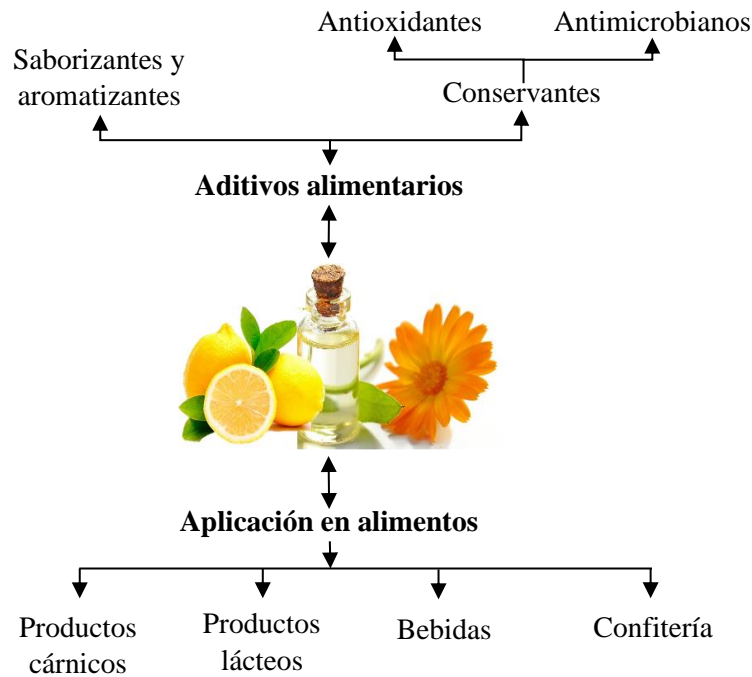


Figura 2. Usos y aplicaciones de aceites esenciales en sistemas alimentarios

a. Aceites esenciales como saborizantes/aromatizantes

Son compuestos de sustancias que se utilizan para modificar o realzar el sabor o aroma de un producto alimenticio. Pero no confieren un sabor exclusivamente dulce, ácido o salado (FAO, 2008).

b. Aceites esenciales como aditivos antimicrobianos

Los aceites esenciales evitan el deterioro de los alimentos causado por la presencia de microorganismos. La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales consiste principalmente en la alteración de la membrana y la pared celular, ya que pueden penetrar fácilmente a través de estas gracias a su naturaleza hidrófoba (**Bhavaniramy et al., 2019**). El cambio de permeabilidad en estas estructuras provoca la fuga de constituyentes celulares, además, los aceites pueden interferir con las propiedades funcionales de las células, lo que conduce a la inactivación y muerte microbiana (**D'agostino, Tesse, Frippiat, Machouart, & Debourgogne, 2019**). La acción antibacteriana es mayor en bacterias grampositivas debido a la presencia e interacción directa con la capa de peptidoglicano. Mientras que, en las bacterias gramnegativas, su membrana externa contiene lipopolisacáridos que crean una barrera contra las moléculas hidrófobas, lo cual impide su paso y por ende mayor resistencia (**Hyldgaard, Mygind, & Meyer, 2012**).

c. Aceites esenciales como aditivos antioxidantes

Protegen a los alimentos del deterioro causado por la oxidación para evitar cambios indeseables en su calidad nutricional y organoléptica (**Freitas & Cattelan, 2018**). El mecanismo de acción de los aceites esenciales se basa en prevenir o ralentizar el proceso de oxidación de lípidos u otros componentes orgánicos por diferentes vías como la prevención del inicio de la cadena de oxidación y la actividad de eliminación de radicales libres (**Falleh, Ben Jemaa, Saada, & Ksouri, 2020**).

1.1.10 Legislación del uso de aceites como aditivos alimentarios

La aplicación de aceites esenciales en los alimentos está regulada legalmente por la Comisión Europea (CE) y por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). En particular, el uso de algunos componentes de los aceites esenciales está autorizado sólo como aromatizantes en la CE (**Sánchez et al., 2011**). Mientras que la FDA, aprueba estos compuestos dentro de la categoría GRAS (Generalmente Reconocidos como Seguros) que comprende un listado de 160 tipos de aceites esenciales (**Food and Drug Administration (FDA), 2021**). En este sentido, su aplicación como aditivos antimicrobianos y saborizantes es seguro para el consumo

humano (Ansah, Ayepa, Shittu, Senyo, & Wang, 2019), siempre y cuando se tome en cuenta las cantidades recomendadas sobre su ingesta diaria admisible (S. Sharma, Barkauskaite, Jaiswal, & Jaiswal, 2021).

En Ecuador, el uso de aceites esenciales está regulado por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), que toma como referencia las normas establecidas por el Codex Alimentarius (INEN, 2014). En este aspecto, la aplicación de los aceites esenciales está únicamente justificada como aromatizantes para impartir o modificar el sabor de los alimentos. Además, también exponen las disposiciones sobre los riesgos, la higiene, el etiquetado y otras especificaciones de estos compuestos (INEN, 2014).

1.1.11 Etiquetado y Envasado de los aceites esenciales

La **Directiva 88/388/CEE (2008)** del Parlamento Europeo y del Consejo, establece las reglas generales para el uso de aromas, los requisitos de etiquetado y los niveles máximos autorizados. Dentro de esta se describe que los aromatizantes (incluidos los componentes de aceites esenciales) destinados al mercado de consumidores intermedios, deben mostrar en su etiqueta el término “aroma” y una descripción más específica del mismo, la mención “destinado a la alimentación”, el nombre de la empresa y la dirección del productor. Mientras que los aromatizantes para el comprador final solo pueden comercializarse si sus envases incluyen la mención “destinado a la alimentación”, que deberá ser fácilmente visible, legible e indeleble. La palabra aroma podrá estar acompañada por el término “natural” cuando el aromatizante se compone de preparados o sustancias aromatizantes naturales, como es el caso de los aceites esenciales.

Por otra parte, el envasado correcto de los aceites esenciales se debe realizar en un frasco de vidrio oscuro, marrón o azul que disponga de un obturador cuentagotas y cuello estrecho. Una vez abierto el envase, debe ser guardado en zonas oscuras que lo protejan de la luz y que no sean propensas a cambios abruptos de temperatura (Requejo, 2020c).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar una investigación bibliográfica sobre la aplicación de 46 tipos de aceites esenciales como aditivos naturales en los sistemas alimentarios.

1.2.2 Objetivos específicos

- Recopilar estudios relevantes a partir de fuentes de información científica relacionadas con el uso de aceites esenciales como aromatizantes, saborizantes y conservantes en productos alimenticios.
- Describir los efectos de los aceites esenciales sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de los alimentos a partir de una revisión bibliográfica.
- Identificar las posibles limitaciones de la aplicación de aceites esenciales en los sistemas alimentarios mediante una revisión bibliográfica.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Métodos

El presente trabajo consistió en una revisión bibliográfica sistemática de los estudios referentes al estado actual del uso y aplicación de 46 tipos de aceites esenciales, presentados en la Tabla 1, como aromatizantes, saborizantes y conservantes en sistemas alimentarios.

Tabla 1. *Tipos de aceites esenciales descritos en la revisión bibliográfica*

Aceite Esencial*	
Árbol de té	Lavanda
Azahar	Limón
Anís estrellado	Lima
Albahaca	Manzanilla
Arrayan	Mandarina
Apio	Menta
Bergamota	Mejorana
Benjuí	Naranja
Cúrcuma	Orégano
Comino	Palo santo
Citronella	Pachuli
Cedrón	Palo de rosa
Cedro del Atlas	Petitgrain
Canela	Pino
Ciprés	Pimienta negra
Clavo	Rosa
Eucalipto	Romero
Eucalipto limón	Sándalo
Enebro	Salvia clara
Geranio	Toronjil
Hierbaluisa	Tomillo
Hierbabuena	Toronja
Jengibre	Ylang Ylang

*La tabla describe el tipo de aceite esencial y no la fuente vegetal de donde extraen estos compuestos.

2.1.1 Herramientas de búsqueda y Recursos de información científica

Se emplearon libros electrónicos, correspondientes al tema, que se encuentran disponibles en los recursos de la biblioteca virtual de la Universidad Técnica de Ambato, además de la base de datos Scopus y Google Académico.

2.1.2 Estrategias de búsqueda

Los términos de búsqueda se delimitaron a las siguientes palabras en inglés: “essential oil”, “flavor”, “flavour”, “sensory”, “organoleptic”, “preservative”, “conservation” y “antioxidant”. Estos términos se enlazaron con operadores booleanos y otros comandos para establecer ecuaciones de búsqueda. Además, para la revisión se especificó que tanto los términos como las ecuaciones se localicen únicamente en el título de los artículos para afinar aún más la búsqueda de información, como señalan **Cardona, Ríos, & Higuira (2016)** y **Gutiérrez (2017)**.

2.1.3 Criterios de selección

Criterios de inclusión

En la revisión bibliográfica, se seleccionaron investigaciones experimentales *in situ*, es decir donde se empleó una matriz alimentaria, y se utilizó aceites esenciales como aromatizantes, saborizantes o conservantes. Los trabajos de investigación se delimitaron a los últimos cinco años (2016-2021), sin embargo, también se consideró estudios de años anteriores cuando no se encontró referencias sobre la aplicación de ciertos aceites esenciales dentro del período mencionado.

Criterios de exclusión

No se tomó en consideración las investigaciones que no cumplieran con los criterios de inclusión. También se omitió trabajos de tesis de cualquier grado debido a la amplia información obtenida en una búsqueda piloto; únicamente se consideró esta opción cuando no se encontró estudios de acuerdo con el método planteado.

2.1.3 Selección de estudios

La elección de los artículos se realizó después de aplicar las estrategias de búsqueda y criterios de selección. El procedimiento consistió en leer el resumen de cada investigación para descartar aquellos que no tenían relación con el tema de estudio. Se obtuvo el manuscrito completo de los artículos seleccionados y se exportaron al gestor de referencias bibliográfico Mendeley.

2.1.4 Análisis de la información

Los datos principales para la elaboración de las tablas de resultados se extrajeron de las investigaciones seleccionadas. Los resultados consistieron en clasificar los artículos según su aplicación (aromatizante y saborizante o conservante) y colocar los aspectos más importantes como: el sistema alimentario, el nombre común y científico del aceite esencial, la concentración empleada, el modo de aplicación y los resultados más relevantes que se obtuvieron.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de búsqueda

Se obtuvieron en total 136 investigaciones. De estas, 37 corresponden a la aplicación de aceites esenciales como aromatizantes o saborizantes, mientras que los 99 restantes explican su uso como bioconservantes en los sistemas alimentarios. Además, de los 46 tipos de aceites volátiles descritos para este trabajo, no se encontró información con respecto a los aceites de benjuí, ciprés, eucalipto limón, manzanilla, palo de rosa, petitgrain, pino, salvia clara y sándalo.

3.2 Uso y aplicación de aceites esenciales como aromatizantes o saborizantes naturales en sistemas alimentarios

Los aceites esenciales al igual que sus componentes individuales, poseen perfiles aromáticos únicos por lo que se consideran ideales para impartir sabores y aromas deseables en los alimentos (Kalantary, 2014). En la Tabla 3, se resumen algunos estudios que consideran la aplicación de estos compuestos como potenciadores de sabor y aroma para su uso en distintos productos alimenticios. Se encontró que los productos lácteos y cárnicos son los modelos más empleados como sistemas alimentarios, seguido por bebidas, productos de confitería, aceites, pescado y productos de panadería, como se explica en la Tabla 2.

Tabla 2. *Matrices alimentarias estudiadas para la aplicación de aceites esenciales como aromatizantes o saborizantes*

Matriz	N° artículos	Porcentaje (%)
Productos lácteos	8	22
Cárnicos	8	22
Bebidas	6	16
Confitería	4	11
Aceites	4	11
Pescado	3	8
Productos de panadería	2	5
Otros	2	5
TOTAL	37	100

El interés por los productos lácteos, cárnicos y pescado, se debe porque son alimentos importantes en nuestra dieta diaria ya que proveen nutrientes indispensables para la salud (**Ben Jemaa et al., 2017**). Además, su demanda se ha incrementado durante las últimas décadas y junto con esto la mejora de la calidad y aceptabilidad por parte de los consumidores (**Jayasena & Jo, 2013**). Asimismo, la producción de aceites aromatizados también ha tomado un gran impulso, dado que se utilizan ampliamente para sazonar mariscos, carnes y ensaladas (**Benkhoud, M'Rabet, Ali, Mezni, & Hosni, 2021**). Mientras que, en el caso de productos tradicionales como bebidas, confitería y panadería, lo que se busca es evaluar tanto la aplicación de nuevos compuestos saborizantes como de matrices alimentarias para dilucidar su efecto (**Mariod, 2016**).

Tabla 3. Resumen de los estudios que demuestran el uso de aceites esenciales como aromatizantes o saborizantes naturales en sistemas alimentarios

Grupo alimenticio	Matriz	Aceite esencial	Concentración aplicada	Modo de aplicación	Resultado	Referencias
Productos lácteos	Queso untable de cabra	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>), Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	0,0072 %; 0,018 %	Incorporación de AE en la formulación del queso.	El AE de orégano al 0,0072 % afectó positivamente el sabor y olor del queso. Sin embargo, el aceite de tomillo a 0,018 % tuvo mejor aceptabilidad general.	(Jimboean et al., 2021)
	Queso de pasta blanda	Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>), Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>), Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	0,05; 0,01 (% v/v)	Incorporación de AE en la formulación de la matriz.	Los quesos con 0,01 % de AE presentaron un sabor agradable. La textura y el color de los quesos no se vieron afectadas con ambas dosis, además, mejoraron durante el período de almacenamiento.	(Ahmed, Ibrahim, Abdel-Salam, & Fahim, 2021)
	Yogur	Toronjil (<i>Melissa officinalis</i>)	0,75; 1,5 (g microcápsulas/L)	Adición de microcápsulas de AE en la formulación.	El uso de 1,5 g de microcápsulas de AE fue ideal para aromatizar el yogur. Se observó la disminución de pH con ambas concentraciones.	(Sani, Khaledabad, Pirsá, & Kia, 2020)
	Yogur*	Menta (<i>Mentha piperita</i>), Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	0,5 % v/v	Incorporación de AEs en la formulación de la matriz.	El yogur con AE de menta adquirió un sabor más agradable. Las muestras con los ambos AE exhibieron buena aceptabilidad sensorial y también una disminución del pH.	(Azizkhani & Parsaeimehr, 2018)
	Helado	Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>), Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>), Mejorana (<i>Majorana hortensis</i>)	Tomillo: 10 ppm Albahaca: 3 ppm Mejorana: 3 ppm	Incorporación de AE en la formulación de la matriz.	El aceite de mejorana aportó un mejor sabor al producto.	(Ashoush & El Batawy, 2013)

		Limón (<i>Citrus limon</i> L.), Mandarina (<i>Citrus reticulata</i> L.), Petitgrain (<i>Citrus aurantium</i> L. subsp. <i>dulcis</i>)	0,1; 0,3; 0,5 (% v/v)	Incorporación de AE en la formulación de la matriz.	El AE de limón al 0,5 % tuvo mayor puntuación en olor y sabor. El aumento de la concentración de todos los AEs provocaron efectos negativos en el color y la apariencia.	(Tomar & Akarca, 2019)
	Batido de fresa	Canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	0,1; 0,5 (% v/v)	Incorporación de AE en la formulación.	La adición de agente enmascarante al 1 % no disminuyó el fuerte sabor del AE en la matriz.	(Brnawi et al., 2018)
	Burfi*	Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>)	0,15; 0,20; 0,25 (mL/Kg)	Adición de AE en la formulación de la matriz.	El sabor y la aceptabilidad general disminuyeron con el aumento de la concentración de AE.	(Badola, Panjagari, Singh, Singh, & Prasad, 2018)
Cárnicos	Hamburguesa de ternera	Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	0,062; 0,125; 0,25 (% v/p)	Adición de AE en la superficie de la matriz esterilizada previamente con irradiación gamma.	El aceite al 0,125 % mostró mejor aceptabilidad sensorial durante el almacenamiento.	(Sharafati-Chaleshtori, Rokni, Rafieian-Kopaei, Drees, & Salehi, 2015)
	Carne de res molida	Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>)	5,0 %; 10 %	Integración del AE en la matriz.	Ambas concentraciones provocaron un sabor fuerte en el producto. A pesar de eso, el aceite al 5,0 % tuvo mejor aceptabilidad general.	(Khaleque et al., 2016)
	Carne seca de ternera	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	0,028; 0,014 (mL/L _{aire})	Adición de AE durante el secado de la carne.	La carne tomó un sabor y olor intenso a orégano con la concentración baja de AE. Aunque, se tornó amarga, astringente y picante con la dosis más alta. La jugosidad aumentó con ambas dosis, pero ocasionó que las carnes sean más difíciles de masticar.	(Hernández et al., 2017)

	Filetes de ternera	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>), Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	0,1 % v/p	Recubrimiento comestible de alginato de sodio con AE, dispuesto sobre la matriz.	Las muestras con recubrimiento de AE de orégano tuvieron mayor preferencia en sabor y aroma a diferencia de las que contenían romero.	(Vital, Guerrero, Kempinski, et al., 2018)
	Carne de camello molida	Hierbabuena (<i>Mentha spicata</i>)	0,5; 1,0; 1,5 (% v/p)	Incorporación de AE en la superficie de la carne.	Las concentraciones de 0,5 y 1 % podrían emplearse para la conservación de la matriz sin afectar las propiedades organolépticas.	(Shahbazi, Karami, & Shavisi, 2018)
	Carne de cerdo molida	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>), Canela (<i>Cinnamomum casia</i>)	0,1; 0,5; 1,0 (% v/p)	Integración de AE en la matriz.	Se debe emplear concentraciones menores al 0,5 % para no afectar la calidad del aroma y sabor propio de la carne.	(Chen, Marchello, Friedman, & Ravishankar, 2021)
		Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	0,3 %; 0,6 %; 0,9 %	Adición de AE en la superficie de la matriz.	La carne con 0,3 % de AE adquirió un olor agradable con un sabor fuerte pero no amargo.	(Boskovic et al., 2017)
	Filetes de pollo	Anís (<i>Pimpinella anisum</i> L.)	0,3; 0,6; 0,9 (% p/p)	Películas de gelatina con AE que revisten la matriz.	La película con AE al 0,9 % provocó un sabor picante en la matriz.	(Fathi-Achachlouei, Babolanimogadam, & Zahedi, 2021)
Pescado	Sardinias saladas	Limón (<i>Citrus limon</i>)	0,3; 1,0 (% v/v)	Recubrimiento de la matriz con microemulsión de AE.	Las 2 concentraciones aumentaron la calidad del aroma y sabor.	(Alfonzo et al., 2017)
	Filete de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>), Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	0,1 %	Recubrimiento de alginato de sodio con AE, dispuesto sobre la matriz.	Los AEs, principalmente de orégano, mejoraron el olor de los filetes.	(Vital, Guerrero, Ornaghi, et al., 2018)

	Filetes de trucha arco iris*	Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>), Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>), Salvia (<i>Salvia officinalis</i>)	4,0 %	Recubrimiento de la matriz con nanoemulsión de AE.	Las nanoemulsiones de AEs elevaron la calidad organoléptica. El aceite de romero provocó tan solo un sabor amargo.	(Ozogul et al., 2017)
Confitería	Chocolate negro	Lima (<i>Citrus hystrix</i> DC.)	0,25; 0,5; 0,75 (% v/p)	Adición de AE en la formulación de la matriz.	El aumento de la concentración del aceite provocó un sabor amargo y la disminución de la textura.	(Yoriska, Praseptianga, & Khasanah, 2019)
	Chocolate negro	Canela (<i>Cinnamomum burmanii</i>)	0,25 %; 0,50 %; 0,75 %	Adición de AE en la formulación de la matriz.	Las concentraciones de 0,50 y 0,75 % repercutieron en un sabor picante y aroma extremadamente fuerte.	(Dwijatmoko, Praseptianga, & Muhammad, 2016)
	Chocolate con leche		0,1 %; 0,3 %; 0,5 %	Adición de AE en la formulación de la matriz.	Las muestras con 0,1 % de AE fueron las más preferidas en sabor y aroma. Pero estas cualidades se vieron afectadas por otros factores (fermentación y tostado del cacao).	(Ilmi, Praseptianga, & Muhammad, 2017)
	Chocolate con leche	Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>)	0,1 %; 0,2 %; 0,3 %	Adición de AE en la formulación de la matriz.	El AE afectó negativamente el sabor y aroma del chocolate. Sin embargo, la dosis del 0,2 % obtuvo mejor aceptabilidad, pero con esta se produjo una disminución de la textura.	(Praseptianga, Qomaruazzaman, & Manuhara, 2021)
Productos de panadería	Cake*	Canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	500; 1000; 1500 (ppm)	Adición de AE en la masa antes de hornear.	La concentración de 500 ppm mostró mejores propiedades antioxidantes y organolépticas en comparación con el hidroxianisol butilado.	(Kordsardouei, Barzegar, & Sahari, 2013)
	Torta de trigo	Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	AE libre: 0,6 g por 100 g de harina AE encapsulado:	Incorporación de AE libre o encapsulado en la	La torta con AE encapsulado tenía mejor textura más un leve sabor y aroma a naranja lo cual provocó una menor	(Kringel et al., 2021)

			1,7 g por 100 g de harina	masa de la torta antes de hornear.	aceptabilidad en comparación de las muestras con AE libre.	
Bebidas	Jugo de piña	Hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	2,5; 1,25 (µL/mL)	Adición de AE en la formulación de la matriz.	Las concentraciones no afectaron el olor, la apariencia y la viscosidad, pero repercutieron negativamente en el sabor y regusto del jugo.	(Leite et al., 2016)
	Gaseosas	Canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>), Limón (<i>Citrus limon</i>), Lima (<i>Citrus limetta</i>), Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	> 0,5 % p/p	Adición de AE en la formulación de la matriz.	Las bebidas de lima, limón y naranja contienen AEs de sí mismos como aromatizantes principales y también pueden estar en menor proporción como agentes secundarios de acuerdo con el sabor de la gaseosa. Los AEs interactúan con otros componentes como saborizantes y edulcorantes para mejorar el sabor y aroma característicos. Por su naturaleza hidrófoba los AE deben presentarse en forma de emulsión para que puedan agregarse a estas bebidas.	(Ameh & Obodozie-Ofoegbu, 2016)
	Jugos de anacardo, guayaba, mango y piña	Menta (<i>Mentha piperita</i>)	1,875; 3,75; 7,5 (µL/mL)	Adición de AE en la formulación de la matriz.	Todas las concentraciones permitieron la inactivación de levaduras, pero provocaron un impacto negativo en el sabor y regusto de los jugos.	(da Cruz et al., 2019)
	Leche de soya	Hierbaluisa (<i>Cymbopogon Citratus</i>)	0,15; 0,25; 0,3 (% v/v)	Adición de AE en la formulación de la matriz.	La muestra con AE al 0,15 % tuvo mejores características organolépticas. Las demás concentraciones provocaron un olor fuerte, sabor ácido y similar al higo chumbo (tuna).	(Akakpo et al., 2019)

		Citronella (<i>Cymbopogon nardus</i>), Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>), Canela (<i>Cinnamomum verum</i>), Eucalipto blanco (<i>Eucalyptus globulus</i>), Menta (<i>Menta piperita</i>)	3 gotas/L	Adición de AE en la formulación de la matriz.	Los AEs aumentaron las propiedades organolépticas y la vida útil del producto. Los panelistas prefirieron las muestras que contenían AE de menta.	(Onyango et al., 2020)
	Licor	Rosa (<i>Rosa</i> spp.) variedad Red	0,05 mL/100 mL de etanol	Adición de AE en la solución para la para la obtención de licor.	Los licores adquirieron el sabor y aroma característicos de las rosas. Se debe colocar un fijador de perfume para preservar el aroma floral.	(Valencia, 2012)
Aceites	Aceite de oliva virgen extra*	Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>), Naranja (<i>Citrus sinensis</i>), Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>), Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	500 ppm	Adición de AE en la formulación de la matriz.	El sabor amargo típico de los AEs se presentó en todas las muestras. El amargor fue más pronunciado en aceites aromatizados con AE de tomillo y orégano. El AE de pimienta provocó un olor penetrante y sabor picante. Cuando se usó AE de naranja se distinguió un sabor frutal agradable.	(Benkhoud et al., 2021)
	Aceite de soya*	Comino (<i>Cuminum cyminum</i>)	0,2; 0,4; 0,6 (% v/v)	Adición de AE en la formulación de la matriz.	Las concentraciones no afectaron los atributos sensoriales. El aumento del tiempo de almacenamiento y la temperatura provocó una disminución de la aceptabilidad del aceite.	(Dolati, Rezaei, Vanak, & Movahed, 2016)
	Aceite de coco	Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>), Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	0,1; 1,0 (% p/p)	Adición de AE en la formulación de la matriz.	Los AEs mejoraron el sabor y la actividad antioxidante. El AE de pimienta obtuvo mayor aceptabilidad general.	(Chandran, Nayana, Roshini, & Nisha, 2017)

	Aceite de maní	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	0,02; 0,10 (g/100 g)	Adición de AE en la formulación de la matriz.	El AE modificó positivamente el perfil del sabor del producto.	(R. Olmedo, Ribotta, & Grosso, 2018)
Productos varios	Mojito cubano, salsa BBQ, galletas melva	Palo santo (<i>Bursera Graveolens</i>)	Mojito: 0,05 mL Salsa: 0,15 mL Galletas: 0,10 mL	Adición de AE en la formulación de la matriz.	La adición de AE potenció el sabor y aroma de los alimentos haciéndolos más agradables para el consumidor.	(Zambrano & Yautibug, 2019)
	Maní tostado*	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>), Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	0,02 % p/p	Incorporación de AE en la superficie de la matriz.	Los AE mejoraron el sabor del maní. Sin embargo, la intensidad de sabor propio de los AEs y del maní disminuyeron durante el almacenamiento, adoptando una sensación de sabor oxidado y a cartón.	(R. H. Olmedo & Grosso, 2019)

AE(s): Aceite esencial(s). *Investigaciones donde se estudió la aplicación de varios aceites esenciales. En la tabla solo se menciona el nombre y la especie del tipo de aceite que se encuentra dentro del listado de los aceites esenciales descritos para este trabajo.

3.2.1 Componentes individuales de los aceites esenciales responsables del olor y sabor

El olor y sabor característicos de los aceites esenciales están asociados generalmente con el órgano y la especie de la planta de donde se extraen, así como de su composición química (Moghaddam & Mehdizadeh, 2017; Tongnuanchan & Benjakul, 2014). Sin embargo, ambos atributos se deben especialmente a la presencia de un solo componente mayoritario. Los constituyentes que se encuentran en menor cantidad también pueden determinar estas características. Pero, en algunos casos, el olor real es la manifestación de la mezcla compleja de estos componentes (Clery, 2010).

Dentro de los aceites esenciales que se exponen en la Tabla 3, se encontró que aquellos que mejoran positivamente el sabor de los alimentos son los aceites cítricos debido a los aromas frescos y frutales de naranja y limón que proveen el limoneno y el citral, respectivamente (Gamarra, Sakanaka, Tambourgi, & Cabral, 2006; Mahato et al., 2017). También es el caso de los aceites herbáceos como el orégano y el tomillo, en los cuales están presentes bioactivos como el carvacrol y el timol que se distinguen por proveer un olor fuerte y herbáceo agradable (Clarke, 2008). El aceite de albahaca se destaca por un ligero olor floral y dulce, característico del linalol, citronelol y geraniol. Así mismo, el aceite de menta que contiene mentol en mayor proporción, hace que los alimentos adquieran un olor y sabor ligero y refrescante (J. B. Sharmeen, Mahomoodally, Zengin, & Maggi, 2021). El aceite de mejorana también confiere características similares, ya que el terpinen-4-ol es el encargado de otorgar sabores dulces y cítricos con un aroma fresco y mentolado (Baranauskiene, Venskutonis, & Demyttenaere, 2005).

A diferencia de los anteriores, los aceites esenciales que han demostrado repercutir negativamente en el sabor y olor de los alimentos son aquellos que se clasifican como picantes o especiados (Ansah et al., 2019). En este grupo se encuentran el aceite de canela y clavo, ambos tienen como componente principal al eugenol, no obstante, el cinamaldehído es el más importante en el aceite de canela (G. Cardoso-Ugarte, López-Malo, & Sosa-Morales, 2016; Goñi, Roura, Ponce, & Moreira, 2016). Estos dos componentes causan sabores picantes y especiados distinguiéndose también un aroma dulce (Requejo, 2020a). El aceite de pimienta negra contiene β -cariofileno y

limoneno, pero es el primero quien provoca un fuerte olor a madera y picante (Nikolić et al., 2015). En el aceite de jengibre, una mezcla de zingerona, shogaoles y gingeroles son los responsables del sabor especiado, picante y penetrante (Mbaveng & Kuete, 2017), mientras que su olor similar al limón se debe al neral y geranial (Siedentopp, 2008). En el caso del romero están presentes componentes como el α -pineno, acetato de bornilo y alcanfor que producen un aroma fuerte y amaderado (J. B. Sharmeen et al., 2021).

3.2.2 Efecto de la incorporación de aceites esenciales como saborizantes o aromatizantes en los alimentos

A pesar de que los aceites esenciales se utilizan para potenciar los atributos organolépticos de los alimentos, también pueden provocar cambios indeseables en los mismos (Mariod, 2016), como se explica en la Tabla 3. Se observó que la adición directa de cualquier tipo de aceite esencial sobre las matrices alimentarias en cantidades inferiores al 1 %, parece mejorar la aceptabilidad general del consumidor. Sin embargo, a medida que aumenta la concentración, el alimento adquiere un sabor y olor intenso, característico de los aceites (Falleh et al., 2020; Ruiz-Hernández, Sosa-Morales, Cerón-García, & Gómez-Salazar, 2021). Esto también se evidenció cuando se emplearon agentes enmascaradores de sabor (Brnawi et al., 2018). Incluso, el impacto sobre las propiedades sensoriales está asociado con la incompatibilidad de la combinación de sabor alimento-aceite esencial (Khaleque et al., 2016). Por lo que se debe tener en cuenta la selección cuidadosa del tipo de aceite aromático según el producto alimenticio en el cual se incorporará (Ribeiro-Santos, Andrade, Melo, & Sanches-Silva, 2017).

Otro de los efectos que se produjeron con la adición de estos compuestos, fueron la modificación del color y la apariencia de la matriz. Esto se observó cuando se empleó aceites de limón, naranja y mandarina para la elaboración de helado. Sin embargo, fueron el resultado de la evaluación desfavorable de dichas características durante la prueba sensorial por parte de los panelistas (Tomar & Akarca, 2019). Además, los aceites esenciales cítricos y en general se caracterizan por ser incoloros, es decir que es poco probable que alteren significativamente el color de los alimentos (J. B. Sharmeen et al., 2021).

Los aceites esenciales también han influido en las modificaciones de la textura. **Praseptianga et al. (2021)** y **Yoriska et al. (2019)** informaron que la adición de aceite de clavo y lima en chocolate conduce al aumento del tamaño de las partículas y una distribución desigual de las mismas, por lo que la dureza tiende a disminuir. Aparte de eso, el contenido de humedad aumenta, consiguiendo suavizar la textura (**E. V. Gonçalves & da Silva Lannes, 2010**) y la aparición de la eflorescencia grasa (película opaca y blanca en la superficie del chocolate) (**Daza-La Plata et al., 2020**). También se observó que el pH tiende a disminuir en productos como el yogur cuando se aumenta la dosis de aceite esencial y el tiempo de almacenamiento (**Azizkhani & Parsaeimehr, 2018; Sani et al., 2020**). Sin embargo, este último, es el propio responsable del incremento de la acidez del yogur, debido a que los cultivos iniciadores continúan con la fermentación y con ello la producción de ácido láctico (**Azizkhani & Parsaeimehr, 2018; Tamjidi, Nasirpour, & Shahedi, 2012**).

En el caso de los productos cárnicos, como la carne seca, la masticabilidad ha sido una de las propiedades afectadas (**Hernández et al., 2017**). Esto podría estar atribuido al efecto prooxidante de los fitoquímicos sobre la carne (**Utrera, Morcuende, Ganhão, & Estévez, 2014**). También se ha visto que la jugosidad aumenta, pero no está claro si esto se debe como resultado de una interacción con el aceite esencial, ya que este parámetro depende en su mayoría de la humedad (**H. Sharma, Mendiratta, Agarwal, Kumar, & Soni, 2017**) y del contenido de grasa que se mantiene en la carne durante el período de almacenamiento (**Horcada & Polvillo, 2010**).

Por lo que respecta a las demás características fisicoquímicas y organolépticas que definen a cada una de las matrices alimentarias, no se evidenció que se produjeron cambios significativos en relación con la incorporación de los aceites esenciales en las mismas.

3.2.3 Encapsulación de aceites esenciales

Está claro que los aceites esenciales en concentraciones elevadas provocan sabores y aromas inusuales en los alimentos, no obstante, también pueden inducir otros cambios dentro de sus características inherentes. Por tal razón, se ha sugerido la encapsulación de estos compuestos como una estrategia para minimizar su impacto negativo sobre las matrices alimentarias (**Pateiro et al., 2021**). La encapsulación de los aceites

esenciales se ha realizado a partir de diferentes métodos y materiales de pared, principalmente biopolímeros. Esta técnica permite enmascarar el fuerte sabor y aroma de los aceites, controlar su entrega en el momento y lugar deseados, así como asegurar su estabilidad y actividad biológica durante las condiciones de almacenamiento (**J. Sharmeen, Suroowan, Rengasamy, & Mahomoodally, 2020**).

En la Tabla 3, se mencionan algunos resultados en donde se empleó la encapsulación de estos compuestos con el propósito de mejorar la calidad y aceptabilidad de los productos alimenticios. Cuando se utilizó microcápsulas de aceite esencial de toronjil en yogurt, se observó una buena propiedad del sabor. Sin embargo, se requirió una mayor cantidad de microcápsulas para aumentar la tasa de liberación del bioactivo. Es posible que esto se deba a la fuerte retención del aceite por parte de la proteína de suero que constituye la pared de las partículas. Además, la viscosidad aumentó conforme la cantidad de microcápsulas fueron añadidas, como resultado de múltiples interacciones proteína-proteína con la estructura del yogurt (**Sani et al., 2020**).

A diferencia del anterior, la aplicación de aceite esencial de naranja encapsulado en tortas de trigo disminuyó la preferencia de los panelistas, en comparación de las muestras que contenían aceite sin encapsular, puesto que presentaron una mayor intensidad de sabor y aroma a naranja. Asimismo, la liberación del aceite fue menor debido a una retención de este en el complejo de inclusión con β -ciclodextrina. No obstante, la textura mostró cambios favorables dado a la capacidad de la β -ciclodextrina para retener el agua y retrasar el proceso de endurecimiento (**Kringel et al., 2021**).

Por lo tanto, **Nazari, Ghanbarzadeh, Samadi Kafil, Zeinali, & Hamishehkar (2019)** proponen que la encapsulación de los aceites esenciales resulta beneficiosa si se utilizan los materiales y métodos adecuados para su realización. En consecuencia, son aspectos importantes porque definen las propiedades de sabor y su impacto sobre las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas de los alimentos (**Pateiro et al., 2021**).

3.2.4 Aplicación de aceites esenciales como aditivos en películas y recubrimientos comestibles

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, la adición directa de los aceites volátiles presenta algunas desventajas sobre la percepción sensorial de los alimentos (Yuan, Chen, & Li, 2016). Esta forma de aplicación también tiene otras limitaciones relacionadas con el fuerte olor, alta volatilidad, insolubilidad en agua y baja biodisponibilidad de los aceites (Chouhan, Sharma, & Guleria, 2017). Sumado a esto, se debe tener en cuenta que la gran parte de los procesos para la elaboración de alimentos implican el tratamiento térmico, exposición al aire y a la luz, lo que hace que aumente su degradación (Fernández-López & Viuda-Martos, 2018). Para minimizar estos problemas se ha sugerido que estos compuestos sean incorporados en la formulación de envases activos como películas y recubrimientos comestibles, de tal forma que puedan mantener su actividad y eficacia (Sánchez et al., 2011).

La diferencia entre un recubrimiento y una película comestible consiste en la manera de producirlos y aplicarlos en la matriz alimentaria (Solano-Doblado et al., 2018), como se ilustra en la Figura 3. El recubrimiento se aplica en estado líquido, mediante inmersión o aspersion, y se forma directamente sobre la superficie del alimento (Avila, Palou, & López, 2016). Mientras que la película suele ser una lámina delgada y elaborada por separado. Se utilizan principalmente como envoltorios o envases que protegen al producto alimenticio, es decir que funciona como un paquete primario (Saxena, Sharma, & Maity, 2020).

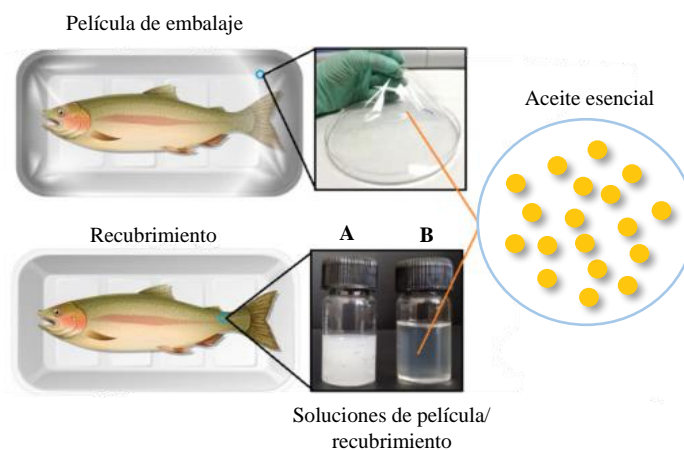


Figura 3. Aplicación de aceites esenciales como aditivos en envases activos para alimentos. Aplicación de una película y recubrimiento a base de emulsión (A) y nanoemulsión (B) de aceite esencial en

pescado. Adaptado de “Employing Nanoemulsions in Food Packaging: Shelf Life Enhancement”, por H. Ahari & M. Naeimabadi, 2021, *Food Engineering Reviews*, 13, p. 858–883.

Como se describe en la Tabla 3, uno de los efectos más notables del uso de envases activos, fue cuando se empleó una película a base de gelatina con aceite esencial de anís para envolver filetes de pollo. Se denotó que el revestimiento con la mayor dosis de aceite provocó un sabor picante en la matriz. Esto se debe a que cuanto mayor es la concentración del aceite esencial, mayor es la tasa de migración de los compuestos bioactivos de la película hacia el alimento (**Ribeiro-Santos, de Melo, Andrade, & Sanches-Silva, 2017**). A pesar de eso, las películas con menor cantidad de aceite condujeron a un aumento de la puntuación gustativa. **Fathi-Achachlouei et al. (2021)**

También, la aplicación de recubrimientos de alginato de sodio enriquecidos con aceites esenciales aumentaron positivamente la aceptación de filetes de ternera y tilapia (**Vital, Guerrero, Kempinski, et al., 2018; Vital, Guerrero, Ornaghi, et al., 2018**). Estos resultados concuerdan con **Ojagh, Rezaei, Razavi, & Hosseini (2010)** que señalan que los recubrimientos con compuestos aromáticos no deben introducir efectos negativos sobre los atributos sensoriales de los alimentos. Asimismo, se encontró que la aplicación de micro y nanoemulsiones a base de aceites esenciales, mejoran la apariencia y disminuyeron el mal olor a pescado en filetes de trucha y sardina (**Alfonzo et al., 2017; Ozogul et al., 2017**). Cabe recalcar que este tipo de recubrimientos aumentan aún más la estabilidad de los aceites esenciales y ayudan a reducir significativamente la interacción y el impacto organoléptico de estos con la matriz alimentaria (**Falleh et al., 2020; Pavoni, Perinelli, Bonacucina, Cespi, & Palmieri, 2020**).

3.3 Uso y aplicación de aceites esenciales como bioconservantes en sistemas alimentarios

La alimentación es indispensable para la vida del ser humano, por ello la seguridad alimentaria es una preocupación fundamental tanto para los consumidores como para la industria de los alimentos (**Falleh et al., 2020**). A nivel mundial, se estima que cada año, 1 de cada 10 personas se enferma por el consumo de alimentos contaminados con agentes microbianos o químicos y mueren alrededor de 420 000 a causa de estas (**WHO, 2015**). Se sabe que la gran parte de los alimentos son susceptibles al deterioro debido a los procesos de oxidación y a la presencia de microorganismos patógenos y

de descomposición. Estos factores arriesgan la estabilidad y la calidad de los alimentos a lo largo de la cadena de producción alimentaria, ya que pueden ocasionar cambios irreversibles en sus propiedades nutricionales y organolépticas (**S. Sharma et al., 2021**). De ahí la necesidad de crear productos más seguros a partir del desarrollo de nuevos agentes conservantes.

A pesar de que los aceites esenciales se han empleado tradicionalmente como aromatizantes en la industria alimentaria, también poseen un gran potencial como preservantes. Amplios estudios *in vitro* han demostrado su actividad biológica como agentes antioxidantes, antibacterianos y antifúngicos, junto con su mecanismo de acción (**Hyldgaard et al., 2012**). Por esta razón, en los últimos años se ha incrementado el número de investigaciones hacia la evaluación de la eficacia de estos compuestos como bioconservantes en sistemas alimentarios reales (**Amorati & Foti, 2017**).

Se encontró que el uso de aceites esenciales en la conservación de los alimentos aborda dos problemas principales relacionados con el deterioro de los productos alimenticios: la prevención de la oxidación y la contaminación microbiana. Del total de 99 investigaciones que se muestran en la Tabla 5, los productos cárnicos, pescado y mariscos son los sistemas alimentarios más estudiados, incluidos otros grupos como frutas, leche y derivados, vegetales, bebidas, productos varios, granos y frutos secos, productos de panadería y aceites, como se explica en la Tabla 4.

Tabla 4. *Matrices alimentarias estudiadas para la aplicación de aceites esenciales como bioconservantes*

Matriz	Nº artículos	Porcentaje (%)
Cárnicos	30	31
Pescado y mariscos	16	16
Frutas	14	14
Leche y derivados	8	8
Vegetales	8	8
Bebidas	7	7
Productos varios	5	5
Granos y frutos secos	4	4
Productos de panadería	4	4
Aceites	3	3
TOTAL	99	100

Se puede observar que las matrices alimentarias como los productos cárnicos, pescado y productos lácteos siguen siendo las matrices más estudiadas. Esto se debe a que son los alimentos más comunes de la dieta de un consumidor habitual, como se mencionó anteriormente. Además, al ser una fuente rica de nutrientes, vitaminas, proteínas y otros componentes esenciales, hacen que sean más propensos al deterioro microbiano y químico (**Yousefi, Khorshidian, & Hosseini, 2020**). Por ende, pueden generar problemas de seguridad ya que son un medio ideal para la transmisión de enfermedades alimentarias (**Hernández-Ochoa, Aguirre-Prieto, Nevárez-Moorillón, Gutierrez-Mendez, & Salas-Muñoz, 2014**).

La pudrición y el daño causado generalmente por hongos fitopatógenos afecta la vida útil de almacenamiento de frutas y vegetales (**J. Sharmeen et al., 2020**). En consecuencia, son el responsable directo de elevadas pérdidas económicas debido a la demanda de productos más frescos y saludables (**Ahmad, 2020**). Lo mismo ocurre con los granos secos o cereales, en donde las infestaciones fúngicas pueden producir un alto contenido de micotoxinas y causar problemas que afecten la salud tanto del ser humano como de los animales (**Bhavaniramy et al., 2019**). Por ello, la importancia de buscar nuevas formas para evitar este tipo de enfermedades que afectan la calidad de dichos alimentos, es otra de las preocupaciones del sector agrícola y alimentario (**Kalagatur, Mudili, Kamasani, & Siddaiah, 2018**).

El consumo de bebidas naturales como jugos frescos también se ha incrementado, dado que los consumidores han modificado sus hábitos alimenticios en base a la dieta y a la prevención de enfermedades (**de Souza, da Cruz Almeida, & de Sousa Guedes, 2016**). Las bebidas sin pasteurizar y las malas prácticas higiénicas de procesamiento y almacenamiento ocasionan la contaminación de estos productos, por lo que su consumo representa un riesgo grave para las personas. Aparte de eso, los tratamientos tradicionales para la conservación de las bebidas tienden a disminuir su calidad y frescura (**Almeida et al., 2018**).

Por otra parte, el deterioro microbiológico es el principal problema que afecta la calidad de los productos de panadería, ya que están destinados a almacenarse por un período más largo que del tiempo necesario para su rechazo (**Debonne, Van Bockstaele, Samapundo, Eeckhout, & Devlieghere, 2018**). Pese a esto, el uso y la concentración de aditivos químicos para este tipo de alimentos están restringidos,

sobre todo por los posibles efectos secundarios que pueden causar en la salud. Esto ha impulsado a buscar otras estrategias seguras y económicamente viables a los conservantes químicos **(Gavahian, Chu, Lorenzo, Mousavi Khaneghah, & Barba, 2018)**.

La oxidación de lípidos también es otro aspecto importante que se debe considerar en alimentos que contienen grasas. Este proceso no solo afecta las cualidades nutricionales y organolépticas, sino que también implica la formación de radicales libres y compuestos tóxicos que repercuten en la salud del ser humano **(Dolati et al., 2016)**. A pesar de que no es posible evitar estos cambios indeseables, pueden retrasarse a partir del empleo de antioxidantes apropiados como son los aceites esenciales **(Farahmandfar, Asnaashari, Pourshayegan, Maghsoudi, & Moniri, 2018)**.

Todos estos inconvenientes asociados con el deterioro de los alimentos más los esfuerzos por encontrar nuevas alternativas a los aditivos sintéticos y mejorar la aceptabilidad de los consumidores, han permitido que los aceites esenciales reciban cada vez mayor atención, debido a sus propiedades bioactivas y funcionales adicionales.

Es importante dar a conocer que dentro de los estudios mencionados también se han explorado nuevas formas de aplicación de estos compuestos en las matrices alimentarias. Esto con el objetivo de mejorar su disponibilidad y evitar que el intenso aroma provoque cambios negativos en las propiedades sensoriales, como ya se discutió. Algunos de estos métodos corresponden a la encapsulación en partículas poliméricas y la incorporación en películas y recubrimientos comestibles o biodegradables. Además, los avances recientes han informado sobre la combinación de aceites esenciales más otros métodos de conservación o compuestos para prolongar la vida útil de los alimentos manteniendo sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales **(Sánchez et al., 2011)**.

Tabla 5. Resumen de los estudios que demuestran el uso de aceites esenciales como conservantes naturales en productos alimenticios

Grupo alimenticio	Matriz	Aceite esencial	Concentración aplicada	Aplicación	Condiciones de almacenamiento	Resultado	Referencias
Leche y derivados	Queso*	Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>), Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	10/0,1 v/v	Recubrimientos comestibles de alginato de sodio con AE, dispuestos sobre la superficie del queso.	5-7 °C por 10 días	Reducción de la flora mesófila aerobia total, coliformes fecales, levaduras e inhibición completa de <i>Staphylococcus</i> y <i>Salmonella</i> . Protección contra la pérdida de peso, dureza, decoloración, sabor y textura.	(Mahcene et al., 2020)
	Queso parmesano rallado	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	0,1; 0,5 % p/p de AE microencapsulado	Efecto antimicrobiano de microcápsulas de AE añadidas en la formulación de la matriz.	25 °C por 45 días	No se detectó crecimiento microbiano con el uso de 0,5 % p/p de microcápsulas.	(Fernandes et al., 2018)
	Queso blanco	Limón (<i>Citrus limon</i>)	0,1 mL	Películas biodegradables de proteína de soya y AE que cubren el exterior del queso.	4 °C por 30 días	Disminución del recuento total de bacterias, coliformes totales, estafilococos y recuento de mohos y levaduras. Bajo porcentaje de degradación de la película.	(Al-Sahlany, 2017)
	Queso fresco	Apio (<i>Apium graveolens</i>), Hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	0,1 %; 0,3 %; 0,5 %	Recubrimientos comestibles de quitosano con AE, dispuestos sobre la matriz.	4 °C por 15 días	La adición del AE en los recubrimientos no fue eficaz para inhibir el crecimiento de <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> . A la concentración de 0,5 % se evitó	(Del Cid, 2017)

						la pérdida del contenido de agua y cambios de pH.	
Queso Çökelek	Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.)	1,0; 2,0 (% v/v)	Recubrimiento comestible de proteína de clara de huevo con AE, dispuesto sobre la matriz.	4±1 °C por 30 días		Las películas con AE tuvieron un efecto bacteriostático contra <i>E. coli</i> O157:H7 y <i>S. aureus</i> . Menor pérdida de peso, principalmente cuando se empleó 2 % de AE.	(N. Kavas & Kavas, 2017)
Queso lor	Salvia (<i>Salvia officinalis</i>), Toronjil (<i>Melissa officinalis</i>)	0,5; 1,0; 2,0 (% v/v)	Recubrimientos comestibles de proteína de huevo con AE, dispuestas sobre la superficie del queso.	4±1 °C por 30 días		Las películas con 1 y 2 % de AE mostraron una actividad antifúngica contra mohos y levaduras. Ejercieron un efecto bacteriostático frente a <i>E. coli</i> O157:H7, <i>S. aureus</i> y <i>L. monocytogenes</i> durante el almacenamiento y una acción bactericida al final. También disminuyeron la pérdida de peso.	(G. Kavas & Kavas, 2016)
Leche UHT desnatada	Tomillo andaluz (<i>Thymbra capitata</i> / <i>Thymus capitatus</i>)	1600 µL/L	Acción antibacteriana de la adición de AE en la matriz, frente a cepas evolucionadas de <i>Listeria monocytogenes</i> .	25 °C por 60 minutos		Las cepas evolucionadas mostraron una mayor supervivencia y resistencia al AE, en comparación con la cepa de tipo salvaje.	(Berdejo, Pagán, Merino, García-Gonzalo, & Pagán, 2021)
Leche UHT semidesnatada	Tomillo (<i>Thymus capitatus</i>)	AE libre y nanoemulsión: 2 mg/mL	Acción antibacteriana de la adición de AE libre o nanoemulsificado en la matriz, contra <i>Bacillus licheniformis</i> ,	Incubación: 37 °C por 24 horas		Inhibición del crecimiento bacteriano, principalmente cuando se empleó la nanoemulsión.	(Ben Jemaa et al., 2017)

				<i>Enterococcus hirae</i> <i>Farrow</i> y <i>S. aureus</i> .			
Cárnicos	Lomo de res	Jengibre (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	0,1; 0,3; 0,5 (% v/v)	Revestimiento de la matriz con una película comestible a base de quitosano, montmorillonita y AE.	4 °C por 15 días	La concentración de 0,5 % evitó el aumento de pH, humedad, oxidación de lípidos y el crecimiento de bacterias aerobias mesófilas totales.	(Y.-P. Zhang et al., 2021)
	Carne de res*	Comino (<i>Cuminum cyminum</i>), Canela (<i>Cinnamomum verum</i>), Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>), Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>), Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	Comino: 0,82 % Canela: 0,45 % Clavo: 0,06 % Tomillo: 0,35 % Jengibre: 0,4 %	Incorporación de nanocápsulas de AE en la superficie de la carne.	4 °C por 16 días	Ralentización de la oxidación de lípidos y actividad antibacteriana contra <i>E. coli</i> y <i>S. aureus</i> . El AE de canela mostró mayor inhibición del crecimiento microbiano.	(Xi et al., 2020)
	Carne de res	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>), Apio (<i>Apium graveolens</i>)	1 %; 2 %	Envasado de la matriz con películas biodegradables a base de gelatina, almidón y AE.	Temperatura ambiente por 72 horas	Los AEs al 2 % fueron ideales para inhibir el crecimiento de <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> y <i>Bacillus subtilis</i> .	(Altamirano, 2013)
	Carne de res molida	Mejorana (<i>Origanum majorana</i>)	1,0; 1,5 (% v/v)	Envasado de la matriz con una película a base de ácido poliláctico, AE y nanopartículas de óxido de zinc.	4 °C por 8 días	El recuento bacteriano total fue inferior al nivel máximo permisible en las muestras con películas que contenían AE al 1,5 % con y sin nanopartículas.	(Negahdari, Partovi, Talebi, Babaei, & Abdulkhani, 2021)
	Carne de res molida	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	0,025 %	Adición de AE en la superficie de la	4 °C por 48 horas	El efecto bacteriostático progresó con el tiempo y se	(Heni, Boughendjioua, Saida,

				matriz y su acción antibacteriana frente a aerobios mesófilos totales y <i>S. aureus</i> .		observó una mayor disminución del crecimiento microbiano al final de la incubación.	Bennadja, & Djahoudi, 2020)
Carne de res molida	Árbol de té (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	1,5 % v/p	Integración de AE en la matriz y su efecto antibacteriano contra <i>Listeria monocytogenes</i> .	4±1 °C por 14 días	La acción fue inmediata en los primeros 20 min hasta los 14 días en donde se observó la reducción total del número de células viables.	(Silva, Figueiredo, Stamford, & Silva, 2019)	
Carne de res molida	Limón (<i>Citrus limon</i>)	0,06; 0,312 (mg/g)	Integración de AE en la matriz y su actividad antioxidante y antibacteriana frente a <i>L. monocytogenes</i> .	7 °C por 10 días	La actividad antioxidante y antibacteriana se incrementó con el aumento de la concentración de AE.	(Ben Hsouna, Ben Halima, Smaoui, & Hamdi, 2017)	
Carne de res molida	Menta (<i>Mentha piperita</i>)	AE solo: 0,25; 0,5 (% v/p) Combinación AE -BacTN635: 0,25 % v/p + 500 AU/g; 0,25 % v/p + 1000 AU/g; 0,5 % v/p + 500 AU/g; 0,5 % v/p + 1000 AU/g	Efecto de la adición de AE solo y en combinación con bacteriocina BacTN635 en la matriz.	4 °C por 21 días	El tratamiento con 0,5 % de AE + 1000 AU/g de BacTN635 evitó la proliferación de microbios, la oxidación de lípidos, acumulación de metamioglobina y mejoró las propiedades organolépticas.	(Smaoui et al., 2016)	
Albóndigas de res	Canela (<i>Cinnamomum burmanii</i>)	0,5; 1,0; 1,5 (% v/v)	Actividad antibacteriana de microemulsiones de AE añadidas en la matriz.	18 horas	La actividad antibacteriana contra <i>E. coli</i> y <i>S. aureus</i> . aumentó a mayor concentración de AE.	(Djuardi & Nugraha, 2018)	

	Productos cárnicos tipo hamburguesa	Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	AE sin encapsular: 0,1 g/100 g; AE encapsulado: 1 g/100 g	Actividad antibacteriana de AE libre o encapsulado añadido en la matriz.	4 °C por 14 días	El AE encapsulado promovió una mejor actividad antibacteriana contra <i>E. coli</i> y coliformes termotolerantes. Sin embargo, el tratamiento con nitrito de sodio no presentó ningún crecimiento microbiano.	(Radünz et al., 2020)
	Lomo de cerdo	Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	1,0; 1,5; 2,0 (% p/p)	Envasado de la matriz con una película biodegradable de curdlan/alcohol polivinílico y AE.	4 °C por 20 días	El AE mejoró las propiedades mecánicas de la película, la actividad antioxidante y antimicrobiana de la carne.	(Y. Zhang et al., 2020)
	Lomo de cerdo	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	0,5 % v/v de emulsión y nanoemulsión	Recubrimientos comestibles a base de pectina y resveratrol con emulsión o nanoemulsión de AE, más el uso de envases de atmósfera modificada.	4 °C por 20 días	Los recubrimientos con nanoemulsión de AE disminuyeron el cambio de pH, color de la carne, el recuento viable total y la oxidación de lípidos.	(Xiong, Li, Warner, & Fang, 2020)
	Lomo de cerdo	Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>)	0,1; 0,5 (% v/v)	Incorporación del AE sobre la superficie del lomo.	4 °C por 9 días	La dosis de 0,5 % retrasó la producción de metamioglobina y mostró valores más bajos de TBARS. También disminuyó los recuentos de <i>Pseudomonas spp.</i> y Enterobacterias. Las bacterias del ácido láctico y <i>Brochothrix spp.</i> mostraron mayor resistencia.	(J. Zhang et al., 2016)

Chuletas de cerdo	Enebro (<i>Juniperus communis</i>)	20 µL	Actividad antioxidante del AE añadido en el adobo para la carne, junto con la combinación de métodos de cocción.	20 min de marinado	El AE retardó la oxidación de lípidos en chuletas crudas (durante el marinado) y cocidas.	(Ivic, Tomovic, Jokanovic, Skaljic, & Sojic, 2019)
Albóndigas de cerdo	Canela (<i>Cinnamomum verum</i>)	3 g microemulsión /Kg de carne	Efecto combinado de la integración de microemulsiones de AE en la matriz y su envasado con material regulador de temperatura.	4 °C por 9 días	Aumento de la actividad antioxidante y ralentización de la proliferación de bacterias del ácido láctico, Enterobacterias y <i>Staphylococcus</i> spp.	(Wang et al., 2020)
Carne de Yao (producto de carne de cerdo)	Anís estrellado (<i>Illicium verum</i>)	0,6 % p/p	Recubrimientos a base de nanoemulsión con mezcla compuesta de AE, polilisina y nisina	4 °C por 20 días	Los recubrimientos ralentizaron eficazmente el crecimiento microbiano.	(Q. Liu, Zhang, Bhandari, Xu, & Yang, 2020)
Carne de cerdo y pollo	Árbol de té (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	100; 200; 300; 400 (mg) de nanopartículas de AE en solución de hilado	Revestimiento de las matrices con nanofibras a base de nanopartículas de AE.	4 °C por 5 días	Inhibición de la población de <i>Salmonella typhimurium</i> , disminución de la producción de TBARS y del aumento de pH. Además, se retrasó los cambios de textura y color de las carnes.	(Cai et al., 2021)
Carne pollo	Albahaca de limón (<i>Ocimum x africanum</i>)	125; 625; 3125 (ppm)	Incorporación de AE sobre la superficie de la matriz.	4 °C por 12 días	A mayor concentración de AE hubo mayor disminución del crecimiento microbiano y no	(Hamad, Djalil, Dewi, &

						existió cambios en la textura de la carne, pero el color cambió negativamente (blanco a amarillento).	Hartanti, 2021)
Carne pollo	Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	250; 1250; 6250 ($\mu\text{g/mL}$)	Adición de AE sobre la superficie de la matriz.	5 ± 2 °C por 15 días	La producción de limo disminuyó a mayor concentración de AE. Sin embargo, provocó un fuerte olor a jengibre en la carne.	(Alwani, Muliastri, Asmiyenti, & Dwi, 2016)	
Carne pollo	Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>), Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	Mezcla clavo-jengibre 1:0; 0:1; 0,2:2; 1:1; 2:0,2 (% v/v)	Efecto de la combinación de AEs incorporados en la superficie de la matriz.	3-7 °C por 15 días	La combinación de AEs a las dosis de 1:0; 1:1; 2:0,2 ralentizaron el crecimiento microbiano.	(Dwi, Neno, & Alwani, 2017)	
Pechuga de pollo	Clavo (<i>Syzygium Aromaticum</i>), Cedrón (<i>Aloysia Citrodora</i>)	AE individual: 0,2 %; 0,5 % Mezcla: 0,2 % y 0,2 %; 0,5 % y 0,5 %	Recubrimientos comestibles a base de alginato de sodio con AEs, más la aplicación de envasado de atmósfera modificada.	4 °C por 15 días	El aumento de la concentración de AEs en los recubrimientos redujo el crecimiento de bacterias aerobias mesófilas, <i>Pseudomonas</i> spp, bacterias psicrotróficas, Enterobacterias, mohos y levaduras. Además, disminuyó la oxidación de lípidos y el nivel de pH.	(Hosseini, Jamshidi, Raeisi, & Azizzadeh, 2021)	
Filete de pechuga de pollo	Comino (<i>Cuminum cyminum</i>)	AE libre y en solución de recubrimiento: 0,2; 0,4; 0,6 (% p/v)	Recubrimientos comestibles a base de quitosano con AE, dispuestos sobre la matriz.	4 °C por 9 días	Los recubrimientos con AE al 0,4 y 0,6 % inhibieron con mayor eficacia el recuento viable total y de Enterobacterias, crecimiento de <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , mohos y levaduras. Disminución del índice de peróxido.	(Shahvandari et al., 2021)	

Salchichas de carne	Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	0,95; 0,0095; 0,00095 (% p/p)	Evaluación microbiológica de la adición del jugo de remolacha en polvo y AE en la formulación de la matriz.	4 °C por 15 días	Todas las dosis tuvieron un potencial antimicrobiano contra <i>Staphylococcus</i> coagulasa positiva, pero fue menor en comparación con el nitrito de sodio. Por el contrario, el recuento de bacterias aerobias mesófilas fue mayor con el empleo de nitrito.	(Lages et al., 2021)
Salchichas de carne “Vienna”	Naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> var. Valencia), Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>), Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	700; 1000; 1500; 2000 (mg/L _{aire})	Actividad antibacteriana frente a <i>Salmonella enterica</i> de AEs en fase de vapor colocados bajo una placa de vidrio dentro de un recipiente hermético que contiene el embutido.	4±1°C por 144 horas	La mayor reducción de <i>Salmonella</i> fue con las concentraciones de 1500 y 2000 mg/ L, principalmente con el AE de orégano. El AE naranja otorgó al producto mejores características de olor, color, sabor y textura.	(Luna-Guevara, Rivera-Hernández, Arenas-Hernández, & Luna-Guevara, 2021)
Salchicha de res	Lima (<i>Citrus hystrix</i> DC.)	0,2; 1,4 (% v/v)	Recubrimientos comestibles con AE dispuestos sobre la matriz.	-18±2 °C por 4 meses	El recuento total de placa y los niveles de ácido tiobarbitúrico se mantuvieron dentro de los límites permisibles para el consumo.	(Utami, Kawiji, Khasanah, & Solikhah, 2018)
Salchichas de pollo	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>), Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Combinaciones: 0,3 mL(orégano)+ 2,5 mL(romero); 0,3 mL(orégano)+ 5 mL (romero)	Efecto de la combinación de AEs añadidos en la formulación de la matriz.	4 °C por 60 días	La segunda mezcla de AEs redujo la proliferación de coliformes, <i>Staphylococcus</i> coagulasa positiva, <i>Clostridium</i>	(Freire da Costa, Darlan Leal de Araujo, Luiz Nunes

						sulfito reductor y evitó el crecimiento de <i>Salmonella</i> spp.	de Oliveira, & Alves Azeredo, 2019)
Chorizo	Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>), Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	0,5 mL/Kg	Actividad antibacteriana de la adición de AEs en la formulación de la matriz.	4 °C por 24 días	Los AE inhibieron el crecimiento de bacterias mesófilas aerobias y <i>E. coli</i> . Se evidenció la ausencia de coliformes fecales, <i>Clostridium</i> sulfito reductor, <i>S. aureus</i> coagulasa positiva y <i>Salmonella</i> spp.	(Tofiño, Ortega, Herrera, Fragoso, & Pedraza, 2017)	
Chorizo fresco	Cedro del Atlas (<i>Cedrus atlantica</i>)	20; 40; 60 (μ L)	Incorporación de AE en la formulación de la matriz.	7 °C por 10 días	Disminución de la oxidación de lípidos, principalmente cuando se empleó 20 μ L de AE. Todas las dosis no mostraron un efecto antibacteriano contra bacterias aerobias mesófilas.	(Djerrah & Ihadrien, 2017)	
Rodajas de carne de cordero	Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	2 % p/v	Envasado de la matriz con una película de nanofibra de proteína de suero/celulosa con AE y nanopartículas de dióxido de titanio.	4 \pm 1 °C por 15 días	Reducción del crecimiento de bacterias psicrótróficas, índices de peróxido y TBARS. Prolongación de la vida útil de la carne de 6 a 15 días.	(Alizadeh-Sani, Mohammadian, & McClements, 2020)	
Cuy	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	0,5; 1,0 (% v/v) en solución salina	Efecto de la adición de AE en la superficie interna y externa de la carne de cuy envasada al vacío.	-10 °C por 70 días	Disminución del pH y crecimiento de bacterias psicrófilas (<i>Microcococcus</i>). Se mantuvieron las propiedades sensoriales, principalmente con la menor dosis de AE.	(Moreno & Arteaga-Miñano, 2018)	

Pescado y Mariscos	Camarón blanco	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	0,12 % v/v	Actividad antimicrobiana frente a <i>Shewanella putrefaciens</i> del AE dispuesto en la superficie de camarón pelado.	4 y 30 °C por 156 horas	El AE solo y combinado con ε-polilisina (75 mg/L) retardó la proliferación de la bacteria.	(Qian et al., 2021)
	Camarón blanco (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>)	0,5; 0,25 (% p/v)	Recubrimientos comestibles a base de ácido kójico, quitosano completamente desacetilado y AE, dispuestos sobre camarón entero.	4±0,5 °C por 15 días	Represión de la melanosis, cambios de pH y recuentos de aerobios totales más bajos.	(X. Liu et al., 2020)
		Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>), Canela (<i>Cinnamomum</i> spp.)	AEs individuales: 1,0; 2,0 (% p/p) Mezcla: 1 % p/p (romero) + 1 % p/p (canela)	Envasado al vacío de camarón pelado con películas activas de estructura bicapa a base de polietileno de baja densidad y AEs.	4 °C por 10 días	Las películas con AE de canela y en combinación con romero retardaron eficazmente el crecimiento del recuento viable total, Enterobacterias, bacterias psicotrópicas y bacterias productoras de H ₂ S. Además, disminuyeron los valores de TBARS. La película con la mezcla de AEs aumentó la vida útil hasta 4 días más.	(Dong, Xu, Ahmed, Li, & Lin, 2018)
	Camarón rosado (<i>Parapenaeus longirostris</i>)	Naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i>)	2 % v/v en solución formadora de película	Envasado de camarón entero con películas comestibles de quitosano y AE.	4±1 °C por 15 días	La incorporación de AE en las películas provocó un leve impacto sobre la melanosis en los camarones. Pero redujo los	(Alparslan & Baygar, 2017)

						niveles de pH, TBARS y peróxido. También inhibió el crecimiento de bacterias psicotróficas, coliformes totales y el recuento viable total se mantuvo por debajo del límite permisible.	
Corvina amarilla grande (<i>Larimichthys crocea</i>)	Cedrón (<i>Lippia citriodora</i>)	0,15; 0,30; 0,60 (% v/v) en emulsión	Recubrimientos a base de emulsiones de AE, dispuestos sobre la matriz.	4 °C por 18 días	Los recubrimientos con emulsión al 0,30 y 0,60 % inhibieron el crecimiento de bacterias mesófilas, <i>Pseudomonas</i> spp., bacterias productoras de H ₂ S, bacterias del ácido láctico y psicrófilas. La dosis de 0,60 % produjo un sabor fuerte a cedrón en el producto.	(B. Li et al., 2021)	
Cortes de músculo de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Cedrón (<i>Aloysia citrodora</i>)	1,0 %; 0,5 %	Recubrimientos comestibles de quitosano con extracto y AE de cedrón, dispuestos sobre la matriz más el uso de envasado al vacío.	4±1 °C por 16 días	Disminución del recuento viable total, bacterias psicotróficas, Enterobacterias y bacterias productoras de H ₂ S. Reducción de los valores de pH, TBARS e índice de peróxido.	(Rezaeifar, Mehdizadeh, Langroodi, & Rezaei, 2020)	
Filetes de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Limón (<i>Citrus limon</i>), Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>), Toronja (<i>Citrus paradisi</i>), Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	4 % v/v	Recubrimiento de la matriz con nanoemulsiones de AEs.	4±2 °C por 16 días	Disminución de los índices de peróxido y TBARS. Ralentización del crecimiento de bacterias mesófilas totales, psicotróficas totales y Enterobacterias. Los tratamientos con AE de naranja y	(Durmus, 2020)	

						limón extendieron la vida útil de los filetes en 14 días, mientras que los de mandarina y toronja en 16 días.	
Filetes de trucha arcoíris	Lima persa (<i>Citrus latifolia</i>)	1,0; 2,0 (% v/v)	Recubrimiento a base de solución quitosano-gelatina y AE, dispuestos sobre la matriz.	-1,4±0.15 °C por 30 días	Reducción de los recuentos de bacterias mesófilas totales, psicrotróficas totales, Enterobacterias y bacterias de ácido láctico. Ralentización del proceso oxidación.	(Sarmast, Fallah, Habibian Dehkordi, & Rafieian-Kopaei, 2019)	
Filetes de pescado (<i>Otolithes ruber</i>)*	Menta (<i>Mentha piperita</i>)	0,5; 1,0; 1,5 (% p/p)	Envasado de la matriz con películas a base de ácido poliláctico, AE y nanopartículas de óxido de zinc (ZnO).	4±1 °C por 16 días	Las películas con AE al 1,5 % retrasaron eficazmente el crecimiento del recuento viable total, <i>Pseudomonas</i> spp., bacterias productoras de H ₂ S, bacterias del ácido láctico y Enterobacterias. También disminuyeron los valores de TBARS y extendieron la vida útil del producto de 7 a 16 días.	(Heydari-Majd, Ghanbarzadeh, Shahidi-Noghabi, Najafi, & Hosseini, 2019)	
Filetes de carpa plateada (<i>H. molitrix</i>)	Hierbabuena (<i>Mentha spicata</i>)	0,5; 1,0 (% v/v)	Recubrimiento de alginato de sodio con AE y nanopartículas de celulosa que cubren la superficie de la matriz.	4 °C por 14 días	Ambas concentraciones disminuyeron el crecimiento del recuento viable total, bacterias psicrotróficas, <i>Pseudomonas</i> spp. y Enterobacterias. Además, mostraron bajos niveles de peróxido.	(Shahbazi & Shavisi, 2018)	

	Filetes de carpa	Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>)	1,5 % v/v en solución de recubrimiento	Recubrimiento biodegradable de quitosano con AE, dispuesto en la superficie de la matriz.	4±1 °C por 16 días	Inhibición del crecimiento del recuento de aerobios en placa, Enterobacterias, bacterias psicrófilas, bacterias del ácido láctico y reducción de los valores de pH.	(Moosavi-Nasab et al., 2016)
	Filetes de atún rojo	Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>)	0,5 mL	Revestimiento de la matriz con una película a base de AE, nanocompuestos de proteínas de soja y montmorillonita.	2±1 °C por 2 semanas	Disminución del índice de TBARS.	(Echeverría, Elvira López-Caballero, Carmen Gómez-Guillén, Mauri, & Montero, 2018)
	Filetes de pescado	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	2,5; 5,0; 7,5; 10 (g)	Envasado de la matriz con una película activa de Poli (Butilén Adipato-co-Tereftalato) y AE.	7 °C por 12 días	La vida útil aumentó hasta 10 días. Reducción del crecimiento del recuento de coliformes totales, <i>S. aureus</i> y microbios psicrótrofos.	(Cardoso et al., 2017)
	Filetes de pescado (<i>Pampus argenteus</i>)	Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>)	0,1; 0,5; 1,0 (% v/v)	Recubrimiento de la matriz con nanoemulsión o emulsión de AE.	4±0,3 °C por 16 días	Los recubrimientos con nanoemulsiones fueron más eficaces para inhibir el crecimiento del recuento viable total, disminuir el índice de TBARS y prolongar la vida útil del producto de 12 a 16 días.	(C. Wu et al., 2016)

	Filetes de besugo (<i>Megalobrama amblycephala</i>)	Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>), Naranja agria (<i>Citrus bigaradia</i>), Naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i>)	4 µL/mL de solución	Adición de AE sobre la superficie de la matriz.	-1±0,2 °C por 25 días	Todos los AEs disminuyeron el crecimiento del recuento aeróbico total; los índices de peróxido y ácido tiobarbitúrico.	(He & Xiao, 2016)
Productos de panadería	Mousse de chocolate	Limón (<i>Citrus limon</i>), Toronja (<i>Citrus paradisi</i>)	0,25 mL	Efecto sinérgico de la incorporación de AEs y probióticos (<i>Lactobacillus plantarum</i>) libres o inmovilizados.	0-4 °C por 20 días	Los AEs mejoraron la estabilidad de la cepa probiótica y la combinación de ambos disminuyó el número de células vivas de microorganismos aerobios mesófilos y anaerobios facultativos, levaduras y mohos, <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> y no se encontró la presencia de <i>Salmonella</i> spp.	(Denkova-Kostova et al., 2021)
	Pan	Hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	125; 500; 750; 1000; 2000; 4000 (µL/L _{aire})	Acción antifúngica contra <i>Penicillium expansum</i> de AE en fase de vapor colocado en un contenedor de vidrio dentro de un recipiente hermético que contiene la matriz.	20±2 °C por 21 días	La concentración de 750 µL de AE fue ideal para inhibir el crecimiento del moho. En general todas las dosis proporcionaron un sabor y olor agradable en el pan.	(Mani López, Valle Vargas, Palou, & López Malo, 2018)
	Pan de trigo precocido	Tomillo (<i>Thymus zygis</i>)	0,08; 0,15; 0,20 (mL)	Actividad antifúngica contra <i>Aspergillus niger</i> y <i>Penicillium paneum</i>	22 y 30 °C por 6 días	El efecto antifúngico fue escaso y no se observó una extensión de la vida útil. Además, el color, sabor y volumen del pan se vio afectado negativamente.	(Debonne, Van Bockstaele, De Leyn, Devlieghere

				de la adición de AE en la masa de pan.			, & Eeckhout, 2018)
	Torta	Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	AE libre: 0,125 g AE encapsulado: 0,125; 0,625 (g)	Actividad antimicrobiana de microcápsulas de AE incorporadas en la superficie de la matriz.	25 °C por 30 días	La mayor concentración de AE microencapsulado prolongó la vida útil de 15 a 30 días, inhibiendo el crecimiento de mohos, levaduras, bacterias aerobias mesófilos y coliformes totales.	(N. D. Gonçalves et al., 2017)
Bebidas	Bebida fermentada probiótica	Toronja (<i>Citrus paradisi</i>), Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>)	0,05 % v/v	Bebida probiótica a base de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>bouardii</i> y AEs agregados durante la fermentación del mosto.	10 °C por 5 días (Fermentación)	La adición de AEs no afectó la actividad antioxidante del mosto y mantuvo el número requerido de células viables del probiótico, pero condujo a una menor concentración de alcohol. Las bebidas con AE de mandarina presentaron mayor contenido de compuestos fenólicos y fue el más preferido por su sabor y aroma característicos.	(Tomova et al., 2021)
	Jugo carbonatado "Orangina"	Eucalipto blanco (<i>Eucalyptus globulus</i>)	0,8; 2,0; 4,0 (µL/mL de solución) en 250 mL de jugo	Acción antifúngica frente a <i>Saccharomyces cerevisiae</i> de la adición de AE en la matriz en combinación con tratamiento térmico moderado.	Temperatura ambiente por 6 días	Reducción eficaz de la proliferación de <i>Saccharomyces</i> en comparación con el jugo que contenía conservantes sintéticos (benzoato de sodio y sorbato de potasio).	(Boukhatem, Boumaiza, Nada, Rajabi, & Mousa, 2020)

	Jugo de moringa	Hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i> Stapf.)	5,0; 10 ($\mu\text{L}/\text{mL}$)	Actividad antimicótica de la adición de AE en la matriz.	Temperatura ambiente por 10 días	Inhibición del crecimiento de mohos y levaduras. El efecto fue mejor cuando se pasteurizó el jugo.	(Romuga & Lizardo, 2020)
	Jugo de lima	Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	1,0 % v/v	Actividad antibacteriana contra <i>S. aureus</i> de la adición de nanoemulsión de AE en la matriz.	4 y 37 °C por 24 horas	Mayor reducción de la población bacteriana en comparación cuando se empleó benzoato de sodio.	(Patel & Ghosh, 2020)
	Jugos de naranja y manzana	Naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i>)	0,2 $\mu\text{L}/\text{mL}$	Efecto de la combinación de nanoemulsión o suspensión de AE incorporado en la matriz, más tratamiento con calor suave.	4 \pm 2 °C por 3 meses	Se produjo un efecto sinérgico que causó la inactivación de <i>E. coli</i> O157:H7 Sakai. El efecto fue mejor cuando se empleó las 2 presentaciones de AE en el jugo de naranja y la nanoemulsión en el jugo de manzana.	(Bento et al., 2020)
	Jugo de naranja	Tomillo andaluz (<i>Thymus capitatus</i>)	0,25; 0,125; 0,06; 0,03 (% v/v)	Actividad antibacteriana de la incorporación de AE en el jugo.	5 y 20 °C por 30 días	Todas las concentraciones inhibieron el crecimiento de <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> y <i>L. monocytogenes</i> .	(Charfi, Boujida, Abrini, & Senhaji, 2019)
	Jugos de anacardo, guayaba, mango y piña	Hierbabuena (<i>Mentha spicata</i>); Menta (<i>Mentha villosa</i> Huds.)	Hierbabuena: 3,75; 1,875; 0,937 ($\mu\text{L}/\text{mL}$) Menta: 15; 7,5; 3,75 ($\mu\text{L}/\text{mL}$)	Actividad antimicótica de la adición de AE en las matrices.	30 °C por 72 horas	Las dosis altas de AE fueron eficaces para inactivar los recuentos de <i>Candida albicans</i> , <i>C. tropicalis</i> , <i>Pichia anomala</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . El AE de hierbabuena mostró	(Almeida et al., 2018)

						efectos anti-levadura más fuertes.	
Vegetales	Hojas de lechuga	Mejorana (<i>Origanum majorana</i>)	Solución de inmersión AE-acido ascórbico y AE-quitosano: 1:1500 v/v	Incorporación de las soluciones en la superficie de la matriz.	7 °C por 6 días	Disminución de los índices de peróxido de hidrógeno, peroxidación lipídica y el crecimiento del recuento viable total, mohos y levaduras.	(Xylia, Chrysargyris, & Tzortzakis, 2021)
	Tomate cherry	Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i>)	50; 100; 200; 300 (µL/10 mL de solución formadora de película)	Envasado de la matriz con una película a base de gelatina y nanoemulsión de AE.	25±2 °C por 7 días	Aumento del contenido fenólico total y actividad antibacteriana (recuento viable total) con las concentraciones de 200 y 300 µL de AE.	(Sun et al., 2021)
	Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mil.)*	Neroli o Azahar (flores de <i>Citrus aurantium</i>), Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	0,5 % p/v	Actividad antifúngica contra <i>Fusarium oxysporum</i> de recubrimientos comestibles a base de emulsión de AE.	25 °C por 14 días	Los AEs no inhibieron el crecimiento del hongo.	(Khanjani, Dehghan, & Sarrafi, 2021)
	Rodajas de ñame chino	Anís estrellado (<i>Illicium verum</i>)	AE libre o encapsulado: 3,3 g/L	Recubrimientos comestibles a base de AE libre o encapsulado.	5±0,5 °C por 8 días en la oscuridad	Los revestimientos con AE encapsulado disminuyeron el pardeamiento y la pérdida de peso de la matriz.	(G. Zhang, Gu, Lu, Yuan, & Sun, 2019)
	Rodajas de champiñón (<i>Agaricus bisporus</i>)	Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i>), Canela (<i>Cinnamomum zeylancium</i>)	Lavanda: 70 % Canela: 50 % En solución acuosa	Efecto de la incorporación de AE sobre la superficie de los champiñones y la aplicación de tratamiento térmico.	4 °C por 19 días	El AE de lavanda mejoró la reducción del pardeamiento, el aumento de longevidad y la textura firme.	(Farokhian, Jafarpour, Goli, & Askari-Khorasgani, 2017)

	Alcachofa de Jerusalén*	Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>)	2 % v/v	Actividad antifúngica frente a <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> de la adición de AE en la superficie de la matriz	4 °C y 25±2 °C por 120 días	Inhibición del crecimiento del hongo y de la brotación del tubérculo.	(Ghoneem, Saber, Aml, Rashad, & Al-Askar, 2016)
	Col de Bruselas	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	1 %; 3 %; 5 %; 6 %; 8 %; 9 %; 10 %	Actividad antimicrobiana de recubrimientos comestibles de pululano con AE.	16 °C por 14 días	Las películas con más del 2 % de AE provocaron la decoloración de las hojas. La dosis del 1 % redujo el crecimiento de <i>A. niger</i> .	(Kraśniewska, Gniewosz, Kosakowska, & Cis, 2016)
	Guisantes secos	Comino (<i>Cuminum cyminum</i>)	0,50; 0,76 (mL)	Adición de AE en la superficie de la matriz y su potencial antifúngico y repelente contra insectos.	Temperatura ambiente por 120 días	El AE mostró una elevada toxicidad lo que impidió el crecimiento micelial de hongos y mejoró la repelencia contra <i>Callosobruchus chinensis</i> .	(Kumar, 2016)
Frutas	Fresa (<i>Fragaria ananassa</i>)	Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	4 % p/v	Película de nanofibras de zeína con AE encapsulado que funciona como cubierta del recipiente que contiene la matriz.	4 °C por 15 días	Disminución del crecimiento del recuento total de bacterias, hongos y levaduras. Se mantuvo el contenido fenólico total y la actividad de eliminación de DPPH.	(Ansarifar & Moradinezhad, 2021)
		Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	500; 1000 (µL/L)	Recubrimiento de gel de <i>Aloe vera</i> con AE, dispuesto sobre la superficie de la matriz.	20 °C por 7 días	La dosis de 1000 µL evitó la proliferación de <i>Botrytis cinerea</i> , la pérdida de peso y el cambio de color.	(Mohammadi, Tanaka, & Tanaka, 2021)

		Hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	0,001 % v/v de solución	Adición de AE en la superficie de la matriz y su efecto en la conservación postcosecha.	4±2 °C por 24 horas	Incremento de compuestos fenólicos. Reducción de la pérdida de peso y maduración de la fruta.	(Rosales et al., 2019)
		Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	2 % de microcápsulas	Envasado de la matriz con una película que contiene microcápsulas de AE.	4±1 °C por 14 días	Disminución de la acumulación de CO ₂ en el envase. Reducción de la pérdida de peso y firmeza; contenido de malondialdehído y peróxido de hidrógeno.	(L. Li et al., 2020)
		Canela (<i>Cinnamomum verum</i>)	0,02; 0,1 (% p/v)	Recubrimiento comestible de quitosano con AE, dispuesto sobre la superficie de las fresas.	10 °C por 16 días	A mayor concentración de AE se inhibió la producción de radicales DPPH y el crecimiento de mohos y levaduras.	(Zavaleta et al., 2020)
	Papaya 'Sunrise Solo'	Jengibre (<i>Zingiber officinale</i> Willd.) Roscoe)	0,15; 0,30; 0,45 (% v/v)	Recubrimiento biodegradable de almidón de yuca con AE, dispuesto en la superficie de la matriz.	24±2 °C por 12 días	La concentración al 0,30 % fue eficaz para ralentizar la pérdida de peso y maduración de la fruta. Los AEs al 0,45 y 0,30 % incrementaron el contenido de ácido ascórbico.	(Da Mota Sousa, Martins Vêras, & De Melo Silva, 2021)
	Níspero	Arrayán (<i>Myrtus communis</i>)	-	Adición de AE en fase de vapor sobre la matriz y su efecto en la conservación postcosecha.	4±1 °C por 42 días	Prevención de la incidencia de pudrición, disminución de la pérdida de peso y pardeamiento de la fruta.	(Bahadirli, Kahramanoğlu, & Wan, 2020)

Manzana (Golden Delicious) y Caqui (Rojo Brillante)	Tomillo (<i>Thymus zygis</i>)	0,25; 0,5 (g) por g de polímero	Acción antimicótica contra <i>Botrytis cinerea</i> y <i>Alternaria alternata</i> de recubrimientos comestibles de almidón-gellan con AE libre o encapsulado.	25 °C por 14 días	La adición de AE en los recubrimientos no ejerció ningún efecto antifúngico, pero, redujeron la severidad de la mancha negra causada por <i>A. alternata</i> en la fruta.	(Sapper, Palou, Pérez-Gago, & Chiralt, 2019)
Mango	Cúrcuma (<i>Curcuma aromatica</i> Salisb)	0,25 %; 0,5 %	Incorporación de AE sobre la superficie de la matriz.	Temperatura ambiente por 10 días	La concentración al 0,25 % previno el proceso de pudrición de los mangos.	(Thuong et al., 2020)
Mango	Bergamota (<i>Citrus bergamia</i>)	9 %	Envasado de la matriz con una película a base de ácido poliláctico, AE, nanopartículas de TiO ₂ y Ag.	Temperatura ambiente por 15 días en oscuridad	Reducción del crecimiento del recuento bacteriano total, pérdida de peso y firmeza. También se preservó el contenido de vitamina C y acidez total.	(Chi et al., 2019)
Mangos (Variedades Dasher y Langra)*	Geranio (<i>Pelargonium graveolens</i>), Hierbabuena (<i>Mentha arvensis</i>), Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	Geranio: 200 ppm Hierbabuena: 100 ppm Tomillo: 50 ppm	Adición de AE sobre la matriz y su efecto en la conservación postcosecha.	10 días	Los AEs controlaron la pudrición de la fruta, especialmente el aceite de tomillo. Sin embargo, las cáscaras mostraron un pardeamiento no deseado.	(Tripathi & Shukla, 2009)
Mora (<i>Rubus ulmifolius</i> subsp. <i>sanctus</i>)	Cedrón (<i>Lippia citriodora</i>)	250; 500; 750 (µL/L)	Recubrimiento comestible a base de nanoemulsión de AE y su efecto en la actividad antioxidante y el contenido fitoquímico de la fruta.	4±1 °C por 9 días	Las concentraciones de 250 y 750 µL de AE aumentaron el contenido de antocianinas y compuestos flavonoides. El contenido fenólico total aumentó con 250 µL y a mayor concentración de AE mejoró la actividad de eliminación de	(Rahmanzadeh Ishkeh, Asghari, Shirzad, Alirezalu, & Ghasemi, 2019)

						DPPH y disminuyó la pudrición de la fruta.	
	Uva (<i>Vitis vinifera</i> cv. Moscatel)	Bergamota (<i>Citrus bergamia</i>)	2 % p/v	Recubrimiento comestible de hidroxipropilmetilcelulosa y quitosano con AE.	1-2 °C por 22 días	Mejor inhibición del crecimiento de mohos, levaduras y bacterias aerobias mesófilas. Disminución de la pérdida de peso y firmeza de la fruta.	(Sánchez-González et al., 2011)
	Naranjas	Bergamota (<i>Citrus bergamia</i>), Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>), Árbol de té (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	2 % p/p	Recubrimientos de quitosano con AE y su efecto en la calidad de postcosecha.	5°C por 60 días y 20°C por 1 semana	Disminución de la pérdida de peso, principalmente con recubrimientos que contenían AE de bergamota. La pérdida de la firmeza se retrasó con los AEs de bergamota y árbol de té. La actividad antifúngica preventiva contra <i>Penicillium italicum</i> fue mayor con AE de árbol de té.	(Cháfer, Sánchez-González, González-Martínez, & Chiralt, 2012)
Granos y Frutos secos	Nueces sin cáscara	Canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>), Clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>)	17; 35 (mg/L _{aire})	AEs en fase de vapor fijados en discos de papel y ubicados en el interior de la tapa del frasco que contiene la matriz.	Temperatura ambiente y 4 °C por 18 semanas	La mayor concentración de AE de canela provocó la rancidez del producto. Mientras que 17 mg de AE de clavo mejoró el sabor y olor de la nuez sin afectar sus propiedades fisicoquímicas.	(Berta et al., 2018)
	Granos de maíz	Pachuli (<i>Pogostemon cablin</i>)	0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 (µL/mL)	Actividad antifúngica, antimicotóxina y antioxidante de recubrimientos a base de nanoemulsiones de quitosano con AE.	28±2 °C por 30 días	Aumento de la actividad antifúngica y disminución de la producción de micotoxinas (aflatoxina B1 y fumonisina B1) a mayor concentración de AE.	(Roshan, Dubey, & Mohana, 2021)

	Granos de maíz	Mejorana (<i>Origanum majorana</i>)	AE libre y encapsulado en nanoemulsión: 2,5; 1,0; 5,0; 2,0 ($\mu\text{L}/\text{mL}$)	Actividad antifúngica y antioxidante de la adición de AE libre o en nanoemulsión sobre la matriz.	6 meses	Las nanoemulsiones mostraron mejor inhibición de la producción de aflatoxina B1, peroxidación de lípidos y el crecimiento de <i>Aspergillus flavus</i> .	(Chaudhari et al., 2020)
	Granos de maíz	Ylang-Ylang (<i>Cananga odorata</i>)	0–5 (mg/g)	Efecto antifúngico contra <i>Fusarium graminearum</i> de la adición de AE sobre la matriz expuesta a irradiación gamma.	28 °C por 14 días	El crecimiento del hongo y la producción de micotoxinas (deoxinivalenol y zearalenona) disminuyeron al aumentar las dosis de AE.	(Kalagatur et al., 2018)
	Semillas de maní (<i>Arachis hypogea</i> L.)	Ylang-Ylang (<i>Cananga odorata</i>)	AE libre: 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 ($\mu\text{L}/\text{mL}$) AE nanoencapsulado: 0,75; 1,0; 1,5; 2,0 ($\mu\text{L}/\text{mL}$)	Actividad antifúngica y antioxidante de AE libre o nanoencapsulado, agregados en la superficie de la matriz.	28 \pm 2 °C por 4 semanas	Las nanoemulsiones de AE mostraron mejores resultados en la inhibición del número total de colonias de hongos, control completo de la secreción de aflatoxina B1 y supresión de la peroxidación de lípidos.	(Upadhyay, Singh, Dwivedy, Chaudhari, & Dubey, 2021)
Aceites	Aceite de girasol	Cedrón (<i>Lippia citriodora</i>)	200; 400; 800; 1600; 3200 (ppm)	Actividad antioxidante de la adición de AE en la formulación de la matriz.	60 °C por 60 días	La dosis de 1600 ppm redujo eficazmente el índice de peróxido y contenido de ácidos grasos libres.	(Farahmandfar et al., 2018)
	Aceite de palma	Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	1,0; 2,0; 5,0; 10 (mg/L)	Actividad antioxidante de la adición de AE en la formulación de la matriz.	50 °C por 4 semanas	A medida que aumentó la concentración de AE, mejoró la actividad de eliminación de DPPH, la reducción del índice de peróxido y el contenido de ácidos grasos libres.	(Goudoum et al., 2017)

	Aceites de semilla de granada, amapola, uva y linaza*	Hierbabuena (<i>Mentha spicata</i>), Arrayán (<i>Myrtus communis</i>)	0,01; 0,05 (% v/v)	Actividad antioxidante de la adición de AE en la formulación de la matriz.	60 °C por 6 semanas	Incremento de los niveles de peróxido y acidez. Pero se previno el aumento de la viscosidad de los aceites.	(Inan, Özcan, & Al Juhaimi, 2012)
Productos varios	Mayonesa*	Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	1-3 (% p/p)	Efecto de la combinación de probióticos (<i>Lactobacillus plantarum</i>) con AE, incorporados en la formulación.	4±2 °C por 40 días	Reducción de la microflora patógena y saprofita. El pH disminuyó y se mantuvo la concentración de células viables de <i>L. plantarum</i> .	(Teneva et al., 2021)
	Mayonesa	Geranio (<i>Pelargonium graveolens</i>), Citronella (<i>Cymbopogon nardus</i>)	Geranio: 100; 150 (µL/100 mg) Citronella: 50; 100 (µL/100 mg) Mezcla: 100 (µL/100 mg)	Adición de AE en la formulación de la matriz.	4 °C por 120 días	Las concentraciones altas de los AEs disminuyeron el crecimiento del recuento total de bacterias y hongos. Todas las dosis disminuyeron el pH y la oxidación del aceite de la mayonesa.	(El-Kholany, 2017)
	Salsa Ketchup	Canela (<i>Cinnamomum verum</i>)	1000; 1500; 8000; 12000 (µg/mL)	Comparación del efecto antibacteriano entre el extracto metanólico y el AE de canela añadido en la formulación.	4 y 25 °C por 30 días	Mayor disminución del crecimiento de <i>E. coli</i> y <i>P. aeruginosa</i> cuando se empleó AE, además de proveer un mejor olor y sabor.	(Sharifan, Shafiee, & Tabatabaee, 2018)
	Huevo entero líquido	Naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i>)	0,1; 0,3; 0,5 (% v/v)	Actividad antioxidante del AE suplementado en la matriz.	4±1 °C por 8 días	A la concentración de 0,5 % se evidenció niveles bajos de TBARS. Todas las dosis	(Aboudaou, Ferhat, Hazzit, Ariño, &

						confirieron un sabor y olor agradable al producto.	Djenane, 2019)
	Polenta*	Enebro (<i>Juniperus communis</i>)	35; 50; 70 ($\mu\text{L/g}$)	Acción antifúngica y antimicotoxigénica de aflatoxinas producidas por <i>Aspergillus flavus</i> .	25 °C por 14 días	Las 2 concentraciones más altas de AE inhibieron completamente la síntesis de aflatoxinas y el crecimiento de <i>A. flavus</i> .	(Kocić-Tanackov et al., 2019)

AE(s): Aceite esencial(s). **DPPH:** 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (radicales libres). **TBARS:** Sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico. *Investigaciones donde se estudió la aplicación de varios aceites esenciales. En la tabla solo se menciona el nombre y la especie del tipo de aceite que se encuentra dentro del listado de los aceites esenciales descritos para este trabajo.

3.3.1 Aceites esenciales como aditivos antimicrobianos

En términos generales, se observó que la mayoría de los aceites esenciales muestran fuertes propiedades antibacterianas y antifúngicas contra una gran variedad de microorganismos patógenos. Esto principalmente cuando se elevó las dosis de aplicación en las matrices alimentarias, como se muestra en la Figura 4. **Speranza & Corbo (2010)** y **Yousefi et al. (2020)** mencionan que se requieren concentraciones suficientemente altas, entre el 1-3 %, para lograr una actividad antimicrobiana aceptable, tan efectiva como la de los conservantes sintéticos. Sin embargo, esto tiende a ocasionar cambios indeseables en las características organolépticas de los alimentos (**Falleh et al., 2020; Ruiz-Hernández et al., 2021**).

Los efectos más pronunciados se atribuyeron al fuerte olor de los aceites esenciales sobre las matrices alimentarias (**Alwani et al., 2016**) y la decoloración de cáscaras en el caso de mango y las hojas en col de Bruselas (**Krašniowska et al., 2016; Tripathi & Shukla, 2009**). En estos últimos, lo más probable es que el aceite esencial provocó el daño de los tejidos de dichas estructuras, lo que condujo a la producción y acumulación de compuestos fenólicos que participan en las reacciones que contribuyen al pardeamiento (**Saltveit, Choi, & Tomás-Barberán, 2005**).

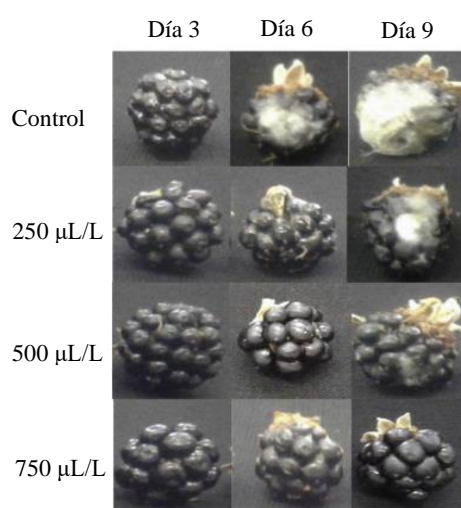


Figura 4. Efecto antifúngico de aceite esencial en moras (*Rubus ulmifolius* subsp. *sanctus*). La descomposición fúngica de las frutas fue menor a medida que se incrementó la concentración de aceite esencial de cedrón durante 9 días a 4 ± 1 °C. Adaptado de “Lemon verbena (*Lippia citrodora*) essential oil effects on antioxidant capacity and phytochemical content of raspberry (*Rubus ulmifolius* subsp. *sanctus*)”, por Rahmazadeh Ishkeh et al., 2019, *Scientia Horticulturae*, 248, p. 297-304.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la bibliografía, los aceites de canela, clavo, orégano, tomillo y romero ejercen una mayor acción antimicrobiana, pero en general no todos tienen la misma actividad (**Pateiro et al., 2021**). Este comportamiento está ligado principalmente con la composición química de los aceites esenciales. En ese sentido, aquellos que presentan un alto porcentaje de compuestos fenólicos como el timol, carvacrol y eugenol (**Bhavaniramy et al., 2019**), son los responsables de inhibir el crecimiento de patógenos transmitidos por los alimentos (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella* spp. etc.) (**Laranjo, Fernandez-Leon, Potes, Agulheiro-Santos, & Elias, 2017; Ruiz-Hernández et al., 2021**).

Existen otros factores que pueden afectar el desempeño de los aceites volátiles como agentes antimicrobianos, por ejemplo las condiciones en las que se ensayan, la naturaleza inherente de cada producto alimenticio, aplicación de tratamientos combinados, cambios de pH, etc. (**G. A. Cardoso-Ugarte & Sosa-Morales, 2021; Pateiro et al., 2021**).

Se ha observado que el incremento de la concentración de los aceites esenciales mantiene estable los valores de pH o conduce a una leve disminución (**Falleh et al., 2020**). No obstante, cuando el nivel de pH es más bajo, los aceites esenciales aumentan su hidrofobicidad lo que les permite disolverse fácilmente a través de la membrana de las bacterias, potenciando así el efecto antimicrobiano (**Teneva et al., 2021**).

Por otro lado, la combinación de aceites esenciales con tratamientos basados en temperatura como enfriamiento y calor suave ha demostrado efectos sinérgicos más eficaces para inhibir o retrasar el crecimiento microbiano en comparación que cuando se emplean por separado (**Bassolé & Juliani, 2012**). También se ha observado resultados similares cuando se expone a radiación gamma la matriz alimentaria tratada previamente con aceite esencial. Esto es importante porque significan una estrategia para combatir microorganismos resistentes a las técnicas de conservación tradicionales, como es el caso de algunas especies de hongos (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* y *Alternaria*) que pueden llegar a producir micotoxinas que causan riesgos graves para la salud humana y animal (**Kalagatur et al., 2018**).

En relación con lo anterior, la aplicación de aceites esenciales en fase de vapor también se ha estudiado como potencial antifúngico y una alternativa a fin de minimizar las dosis elevadas para la inactivación microbiana. El método se basa en la volatilización y acción rápida de los compuestos volátiles presentes en el aceite esencial, que entran en contacto directo con los microorganismos presentes en los alimentos (**Reyes-Jurado et al., 2019**), como se describe en la Figura 5. Además, la dispersión de estos componentes sobre la matriz alimentaria no tiende a afectar su calidad organoléptica como lo hacen los aceites administrados directamente en forma líquida (**Amiri et al., 2020**).

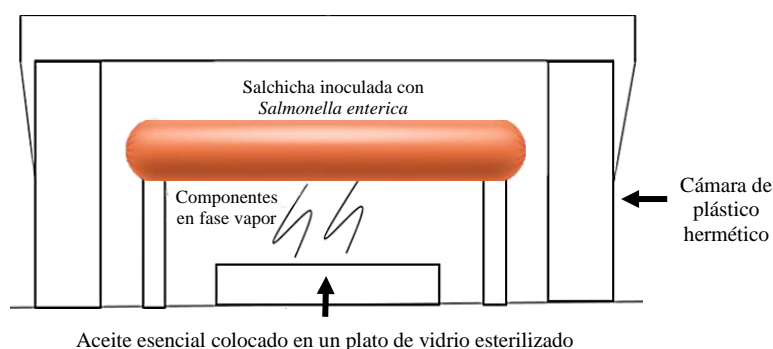


Figura 5. Aplicación de aceite esencial en fase de vapor sobre una matriz alimentaria. Evaluación de la capacidad antimicrobiana de aceites esenciales en fase de vapor sobre embutidos inoculados con *Salmonella enterica*. Adaptado de “Effect of essential oils of oregano (*Origanum vulgare*), thyme (*Thymus vulgaris*), orange (*Citrus sinensis* var. Valencia) in the vapor phase on the antimicrobial and sensory properties of a meat emulsion inoculated with *Salmonella enterica*”, por Luna-Guevara et al., 2021, *Food Research*, 5, p. 306-312.

Adicionalmente, la Tabla 5 muestra el impacto de la combinación de mezclas de aceites esenciales o con otras sustancias bioactivas. Esto ha permitido obtener una actividad antimicrobiana más fuerte debido a la interacción de diversos componentes que dan lugar a múltiples modos de acción sobre las células microbianas que contaminan los alimentos (**Bassolé & Juliani, 2012**). Incluso con este método se pueden reducir las concentraciones necesarias para el efecto de la conservación, disminuyendo así, tanto las características indeseables en los productos como los costos que implican el uso de estos compuestos (**Cava-Roda, Taboada-Rodríguez, López-Gómez, Martínez-Hernández, & Marín-Iniesta, 2021**).

A pesar de la acción antimicrobiana que ejercen los aceites esenciales, se ha evidenciado que estos también pueden aplicarse en alimentos probióticos debido a un efecto sinérgico entre los aceites y las cepas probióticas (*Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*) (**Denkova-Kostova et al., 2021; Teneva et al., 2021**;

Tomova et al., 2021). Los resultados indican que la interacción de los dos permite una reducción de la microflora no deseada, mantiene el número de células viables de los microorganismos probióticos a la vez que aumentan su concentración, manteniéndose en el rango requerido para la funcionalidad del producto (10^8 - 10^{10} UFC/g de producto) (**Moritz, Rall, Saeki, & Fernandes Júnior, 2012; Tomova et al., 2021**). Es importante mencionar que los aceites esenciales tienen valores altos de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) para los probióticos, razón por la cual no ejercen una actividad antimicrobiana significativa sobre los mismos (**Shipradeep et al., 2012**).

Por otra parte, analizando los resultados de la Tabla 5, se encontró que el 43 % de las investigaciones estudian la incorporación de los aceites esenciales como aditivos en películas y recubrimientos (Tabla 6) principalmente en productos cárnicos, pescado, queso, frutas y vegetales. Esta nueva tecnología ha permitido mejorar las propiedades antimicrobianas y a su vez prolongar la vida útil, conservando y mejorando la calidad de los alimentos envasados (**Huang et al., 2021**). Adicionalmente, la mayoría de los biopolímeros empleados para la formulación de los envases activos son de grado alimenticio, por lo que tienen características como comestibilidad y a diferencia de los envases convencionales son biodegradables, lo que ayuda a contribuir a la disminución de la contaminación ambiental (**Sánchez et al., 2011**).

Tabla 6. *Métodos de aplicación de aceites esenciales en sistemas alimentarios*

	Adición directa	Películas/ Recubrimiento	Aceite esencial encapsulado	Fase de vapor	
Aromatizantes	30	5	2	0	
Porcentaje (%)	81	14	5	0	
Conservantes	41	43	11	4	
Porcentaje (%)	41	43	11	4	
TOTAL	71	48	13	4	136
Porcentaje (%)	52	35	9	3	100

La principal ventaja de las películas y recubrimientos radica en la disminución de la migración del aceite esencial sobre los productos alimenticios, manteniendo así altas cantidades de estos compuestos, en las superficies donde predomina la contaminación, durante períodos de tiempo prolongados. Por lo general, la transferencia de los aceites esenciales del envase activo al alimento es mayor en aquellos con un alto contenido de grasa, pero su distribución no es uniforme, ya que los agentes antimicrobianos pueden

quedar retenidos en la fracción lipídica de la matriz (Carpena, Nuñez-Estevez, Soria-Lopez, Garcia-Oliveira, & Prieto, 2021). También influyen otros factores como la interacción de estos compuestos con la matriz polimérica, cambios físicos, ósmosis y las condiciones del entorno (S. Sharma et al., 2021).

Asimismo, los aceites esenciales se han aplicado en los envases mediante diferentes métodos, ya sea libres o encapsulados (Carpena et al., 2021). Como se mencionó anteriormente, la encapsulación de estos compuestos mejora su estabilidad debido al efecto protector promovido por la pared de las partículas, lo que permite aumentar la vida útil de los productos (Figura 6). En vista de eso, la encapsulación mediante la producción de emulsiones se ha considerado otro método para incorporar los aceites a la matriz de la película o recubrimiento (Xiong et al., 2020). Pero dentro de esto, la nanoemulsión resulta ser más prometedora, ya que gracias a su tamaño de gota más pequeño (5-100 nm) (Jafari, Paximada, Mandala, Assadpour, & Mehrnia, 2017) permite la liberación controlada de los bioactivos, aumenta la biodisponibilidad y solubilidad. Además, reduce los impactos negativos del aceite esencial sobre las propiedades organolépticas de los alimentos (Rehman et al., 2021).

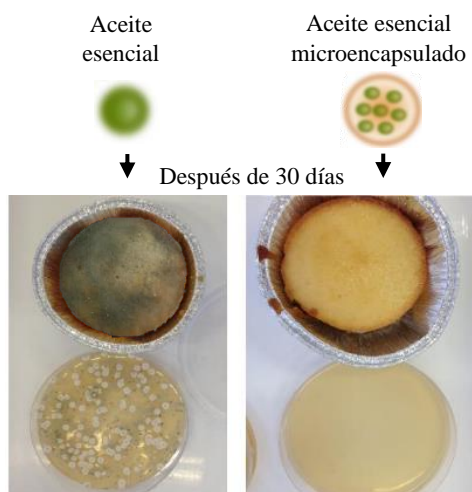


Figura 6. Efecto de aceite esencial microencapsulado sobre la estabilidad microbiana de tortas. La adición de microcápsulas de aceite esencial de tomillo fue eficaz para inhibir el crecimiento de bacterias y mohos, logrando prolongar la vida útil de las tortas por 30 días. Adaptado de “Encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil used as a natural preservative in bakery product”, por N. D. Gonçalves et al., 2017, *Food Research International*, 96, p. 154-160.

Algunas investigaciones también sugieren a la tecnología de electrohilado como un método eficiente para encapsular compuestos bioactivos y aceites esenciales en películas de nanofibras (Figura 7). El electrohilado es una técnica no mecánica que

permite la elaboración de una estera de fibras no tejidas de diámetro nanométrico y micrométrico. Esto permite mejorar la retención y liberación sostenida de los aceites para inducir el deterioro de los microorganismos presentes en los productos alimenticios, sin perjudicar sus características fisicoquímicas y sensoriales (W. Zhang, Jiang, Rhim, Cao, & Jiang, 2021).

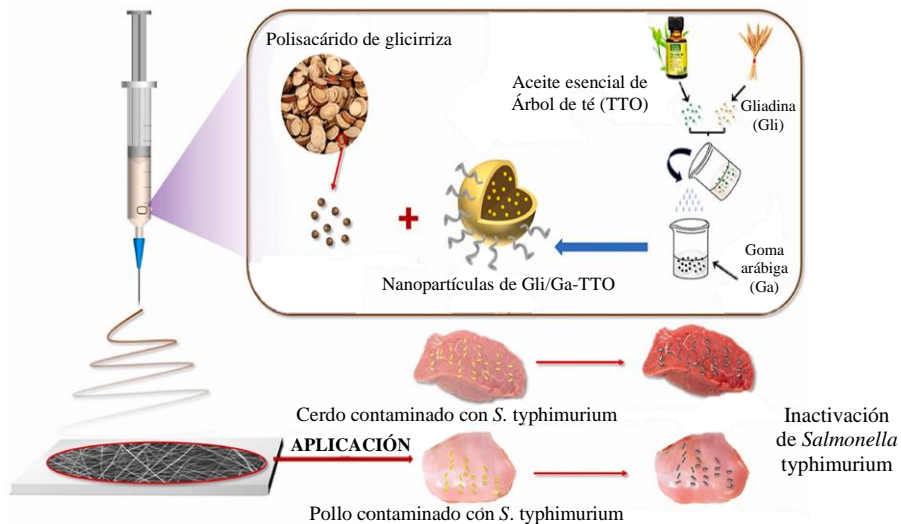


Figura 7. Encapsulación de compuestos bioactivos en nanofibras mediante la técnica de electrohilado. Evaluación de la actividad anti-*Salmonella typhimurium* de la nanofibra Gli/Ga-TTO. Después de 5 días de almacenamiento a 4 °C se observó la disminución de la población bacteriana en un 98,52 % y 97,86 % en la carne de cerdo y pollo, respectivamente. Adaptado de “Application of glycyrrhiza polysaccharide nanofibers loaded with tea tree essential oil/gliadin nanoparticles in meat preservation”, por M. Cai et al., 2021, *Food Bioscience*, 43, p. 101270.

La mayoría de las investigaciones citadas hasta este punto informan el uso de los aceites esenciales como antimicrobianos efectivos en los sistemas alimentarios, sin embargo, se debe mencionar que no todos los resultados fueron positivos. A pesar de que estos compuestos son más activos frente a bacterias grampositivas, se evidenció que el uso de aceite de pimienta negra (*Piper nigrum*) no ejerció ningún efecto significativo sobre las bacterias del ácido láctico y *Brochothrix* spp (J. Zhang et al., 2016). Esto también se evidenció cuando se empleó aceite de tomillo (*Thymus zygis*) contra *Aspergillus niger* y *Penicillium paneum*, *Botrytis cinerea* y *Alternaria alternata*, por adición directa o mediante recubrimientos, respectivamente (Debonne, Van Bockstaele, De Leyn, et al., 2018; Sapper et al., 2019). Mientras que los revestimientos con aceites de azahar (flores de *Citrus aurantium*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) tampoco inhibieron el crecimiento del *Fusarium oxysporum* (Khanjani et al., 2021). Es posible que esta condición se deba a la concentración y a

la naturaleza de la composición química del aceite esencial empleado (**J. Zhang et al., 2016**). En el caso de los recubrimientos, el uso de plastificante pudo haber restringido la liberación de los compuestos bioactivos de la matriz polimérica, impidiendo su acción antifúngica. Por último, el control del desarrollo microbiano es menor en comparación con los conservantes sintéticos como el nitrito de sodio (**Lages et al., 2021; Radünz et al., 2020**). No obstante, se debe tener en cuenta que estos aditivos promueven la formación de compuestos N-nitrosos que son sustancias químicas con efectos tóxicos, mutagénicos y cancerígenos perjudiciales para el ser humano (**De Oliveira et al., 2011**).

3.3.2 Aceites esenciales como aditivos antioxidantes

Los aceites esenciales muestran propiedades antioxidantes para la conservación de los alimentos. De acuerdo con la Tabla 5, se denotó que las dosis más altas potenciaron esta actividad, al igual como sucedió para la acción antimicrobiana. Sin embargo, en estas condiciones los aceites esenciales también pueden actuar como prooxidantes, inhibiendo su actividad frente a la oxidación lipídica (**G. A. Cardoso-Ugarte & Sosa-Morales, 2021; Z. Wu et al., 2019**). La capacidad antioxidante está directamente relacionada con su composición química (**Bhavaniramy et al., 2019**). En general, los compuestos fenólicos, principalmente el eugenol, timol y carvacrol, juegan un papel crucial para esta actividad. No obstante, otros constituyentes no fenólicos como el linalol, limoneno, α -pineno, sabineno, citral, mirceno, γ -terpineno, ρ -cimeno, geraniol, borneol y citronelal también pueden actuar como antioxidantes (**Asbahani et al., 2015**).

En relación con los resultados, la actividad antioxidante se detectó principalmente en productos como cárnicos, pescado y mariscos, que son los más susceptibles al deterioro oxidativo debido a su alto contenido de grasas (**Ruiz-Hernández et al., 2021**). Los métodos empleados fueron la determinación del índice de peróxido y TBARS (sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico) que miden la oxidación lipídica y la formación de productos residuales como el malondialdehído, respectivamente (**Miguel, 2010**). A partir de estos, se observó que la adición de aceites esenciales ralentiza o evita el proceso de oxidación, mismo que es responsable de la pérdida de

la calidad nutricional, así como de la presencia de sabores y aromas indeseables en los alimentos (Jayasena & Jo, 2013).

En ciertos productos cárnicos se reprimió la oxidación de la mioglobina a metamioglobina que provoca la decoloración marrón indeseable en la carne (Smaoui et al., 2016). También, la incorporación de aceite esencial retrasó significativamente la melanosis o el ennegrecimiento en camarones (Alparslan & Baygar, 2017). El resultado evidenciado es importante, porque si bien este efecto no implica una amenaza para la salud, disminuye la aceptabilidad del consumidor y su valor en el mercado, ocasionando grandes pérdidas económicas (Lama-Muñoz et al., 2021). Adicionalmente, en el caso de aceites comestibles, la formación de ácidos grasos libres producto de la hidrólisis de los triglicéridos, fue interrumpida, lo que evitó la rancidez de estos productos y la formación de olores y sabores desagradables (Farahmandfar et al., 2018).

Por otro lado, los aceites esenciales encaminaron a la disminución del índice de peróxido de hidrógeno y el aumento de la actividad de eliminación de radicales DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) en frutas y vegetales. Esto significa que ambas matrices preservaron la frescura durante el almacenamiento. Además, específicamente en las frutas se mantuvo estable o se incrementó el contenido de antocianinas, ácido ascórbico, compuestos fenólicos y flavonoides, mismos que ayudaron a potenciar la actividad antioxidante, mejorando la calidad y la prolongación de la vida útil de los frutos (Chi et al., 2019; Da Mota Sousa et al., 2021).

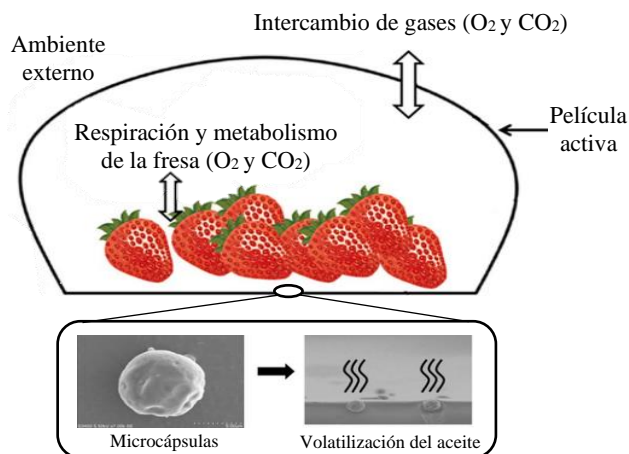


Figura 8. Envasado de fresas con una película que contiene microcápsulas de aceite esencial para mantener la calidad postcosecha. La incorporación de microcápsulas de aceite esencial de orégano en

una película a base de copolímero de polietileno de baja densidad/etileno-acetato de vinilo, retrasó la acumulación de CO₂ y la reducción de O₂ en el envase. Adaptado de “Active packaging film containing oregano essential oil microcapsules and their application for strawberry preservation”, por L. Li et al., 2020, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, p. 14799.

Igualmente, como se discutió al inicio, la aplicación de los aceites esenciales encapsulados o incorporados en películas y recubrimientos activos, permitió mejorar la actividad antioxidante y evitar procesos relacionados con la maduración de las frutas y vegetales, la pérdida de peso, cambios en el color y textura en algunos sistemas alimentarios (**Ribeiro, Andrade, Melo, & Sanches, 2017**). En particular, los envases activos actúan reduciendo la transferencia de humedad, ralentizan las tasas de respiración, modifican sus atmósferas internas mediante una permeabilidad selectiva a los gases metabólicos (disminución de O₂ y/o aumento de CO₂) (Figura 8) e inhiben la biosíntesis y la acción del etileno en el caso de frutas y vegetales (**Sánchez et al., 2011**).

3.4 Limitaciones del uso de aceites esenciales en sistemas alimentarios

3.4.1 Aspectos organolépticos

El principal inconveniente se debe a que se requieren altas concentraciones de aceite esencial para lograr una actividad suficiente, principalmente conservante (**Mishra et al., 2020**). Sin embargo, su potente sabor y aroma puede llegar a afectar negativamente la calidad organoléptica de los alimentos. Incluso, en cantidades pequeñas pueden rebasar el umbral aceptable por los consumidores. Por esta razón, su uso se limita especialmente a alimentos picantes que se combinan con ciertos condimentos, hierbas o especias (**Jayasena & Jo, 2013**).

3.4.2 Biodisponibilidad

Otro problema, es que los aceites esenciales son susceptibles al deterioro, ya que son altamente volátiles e inestables a la exposición del calor y la luz (**S. Sharma et al., 2021**). También, pueden disminuir su eficacia debido a la interacción con los componentes (carbohidratos, grasa, proteínas, sales, etc.) de los alimentos. No obstante, para mediar esta deficiencia se han propuesto técnicas novedosas como la encapsulación y la incorporación de estos compuestos en películas y recubrimientos

biodegradables o comestibles (**Khorshidian, Yousefi, Khanniri, & Mortazavian, 2018**).

3.4.3 Toxicidad

El riesgo por el consumo de aceites esenciales en los alimentos es muy limitado, siempre y cuando se ingiera las dosis permitidas. Sin embargo, se ha observado que ciertos aceites esenciales pueden provocar problemas de dermatitis alérgica e irritación a causa del contacto con la piel (**Sindle & Martin, 2021**). Además, existe el riesgo de que estos compuestos se encuentren contaminados con residuos de productos químicos como pesticidas que se utilizan para el control de plagas en las plantas (**Falleh et al., 2020**).

3.4.4 Aspectos legales

A pesar de que algunos aceites esenciales están reconocidos como GRAS, la Unión Europea sólo autoriza el uso de ciertos componentes como agentes aromatizantes (**Sánchez et al., 2011**). Entre estos se encuentran el timol, eugenol, linalol, vainillina, carvona, cinamaldehído, limoneno y citral, mismos que no presentan ningún riesgo para la salud del consumidor (**Hyldgaard et al., 2012**).

3.4.5 Aspectos económicos

La aplicación de los aceites esenciales en los productos alimenticios implica un costo elevado (**Sánchez et al., 2011**). Principalmente porque su producción tiende a ser cara, dependiendo de la fuente vegetal empleada, el método de extracción, las instalaciones y los costos energéticos. Además, en determinadas ocasiones se requiere de grandes cantidades de material vegetal para extraer una pequeña proporción de aceite esencial (**Khorshidian et al., 2018**). Finalmente, se debe considerar que, en comparación con los aditivos sintéticos estos compuestos son menos efectivos (**Jayasena & Jo, 2013**).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Esta investigación ha demostrado que actualmente existe un creciente interés sobre el uso de los aceites esenciales como posibles sustitutos de los aditivos químicos sintéticos en sistemas alimentarios, pese a que la controversia entre los aditivos químicos y los naturales se mantiene. Los consumidores prefieren aditivos naturales ya que tienden a ser más seguros que los producidos sintéticamente, pero las dosis, aplicación y toxicidad siempre es un detalle que no se debe pasar por alto.
- La eficacia de aplicación de los aceites esenciales se ha evaluado en distintas matrices como productos cárnicos, lácteos, pescado y mariscos, frutas, vegetales, bebidas y otros. Sin embargo, la mayoría de los estudios solo se limitan al análisis de ciertos aceites esenciales para su incorporación en los alimentos. De los 46 aceites esenciales seleccionados para esta revisión, no se encontró información con respecto a la aplicación *in situ* de los aceites de benjuí, ciprés, eucalipto limón, manzanilla, palo de rosa, petitgrain, pino, salvia clara y sándalo, probablemente por sus características organolépticas.
- Los aceites esenciales exhiben un alto potencial para ser empleados como agentes aromatizantes, saborizantes y bioconservantes en alimentos. Si bien, algunos de estos aceites ya se han utilizado para conferir sabor y aroma deseables o característico a diversos productos; actualmente, la mayor parte de los estudios exploran su capacidad antimicrobiana y antioxidante para conservar y extender la vida útil de los alimentos, una característica que es además deseable, pero que deja de lado la parte sensorial, principalmente porque la gran parte de las aplicaciones en alimentos se enfocan en prevenir o disminuir el deterioro causado por la oxidación y la descomposición microbiana.
- El efecto de los aceites esenciales sobre los alimentos está asociado con su composición química, el modo de aplicación, la concentración empleada y las condiciones en las que se ensayan. Generalmente, en pequeñas cantidades,

tienden a mejorar las características organolépticas de los productos, sobre todo su sabor y aroma. Además, son capaces de inhibir el crecimiento microbiano y la oxidación lipídica. No obstante, para estos últimos se requieren dosis ligeramente más elevadas para garantizar su efectividad. En consecuencia, disminuyen la aceptabilidad de los consumidores debido al intenso aroma y sabor pungente que producen sobre los mismos. Aunque se debe considerar que la aceptación general de estas propiedades está en función de las preferencias del consumidor y el modo de aplicación del aceite esencial en el producto alimenticio.

- A pesar de que los aceites esenciales son alternativas prometedoras en comparación con los aditivos sintéticos, especialmente como conservantes; su aplicación en la industria alimentaria todavía enfrenta ciertas limitaciones. El principal inconveniente radica en el impacto negativo sobre el sabor y aroma de los alimentos, cuando se añaden directamente y en concentraciones elevadas. Sumado a esto, los aceites esenciales son muy volátiles e inestables durante el procesamiento, lo que hace que pierdan su efectividad. Sin embargo, durante los últimos años se han desarrollado nuevas estrategias para minimizar estos inconvenientes y mejorar su actividad biológica. La encapsulación y la incorporación en películas o recubrimientos activos son los métodos más estudiados y aquellos que han demostrado mantener la calidad y la seguridad de los alimentos. Pese a esto, también es importante tener en cuenta otros obstáculos como son el costo elevado de producción, el riesgo por contaminación con residuos químicos y su posible toxicidad en la salud humana.
- La legislación también plantea grandes desafíos para la aplicación en alimentos de los aceites esenciales debido a que no existe una normativa específica, ya que se tarda mucho más en conseguir una aprobación para el uso de nuevos aditivos naturales en detrimento de la introducción de nuevas alternativas al mercado. Además, la legislación con respecto a los aceites esenciales no es transversal entre países, y las etiquetas de los productos tienen que cambiar para estar de acuerdo con la legislación local, que fomenta la polémica y carece de la sencillez, que es deseable cuando se trata de elegir alimentos de los estantes.

- El desafío para la industria alimentaria es encontrar el modo de aplicación adecuado de los aceites esenciales. Estos compuestos utilizados de forma correcta serían sin lugar a duda, seguros y no interferirían con la comida. Mientras tanto, debemos confiar en los avances de la ciencia, que van de la mano de la legislación, conducentes a una mejor calidad de vida y salud a través de alimentos más seguros para los consumidores.

4.2 Recomendaciones

- Se debería ampliar el campo de investigación hacia el estudio de nuevos aceites esenciales y fuentes vegetales aún no probadas en matrices alimentarias. Además, se podría poner mayor énfasis en el aprovechamiento de las plantas endémicas y nativas del Ecuador, ya que el país posee una gran variedad en cuanto a plantas medicinales y aromáticas.
- Es necesario profundizar en estudios encaminados en la comprensión y control de los factores que pueden afectar la bioactividad de los aceites esenciales sobre los alimentos, con el propósito de mejorar las oportunidades para su aplicación en la industria alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abou-Donia, M. B., & Salama, M. (2015). Mammalian Toxicology. *Mammalian Toxicology*, 269–287. <https://doi.org/10.1002/9781118683484.CH13>
- Aboudaou, M., Ferhat, M. A., Hazzit, M., Ariño, A., & Djenane, D. (2019). Solvent free-microwave green extraction of essential oil from orange peel (*Citrus sinensis* L.): effects on shelf life of flavored liquid whole eggs during storage under commercial retail conditions. *Journal of Food Measurement and Characterization* 2019 13:4, 13(4), 3162–3172. <https://doi.org/10.1007/S11694-019-00239-9>
- Ahari, H., & Naeimabadi, M. (2021). Employing Nanoemulsions in Food Packaging: Shelf Life Enhancement. *Food Engineering Reviews* 2021 13:4, 13(4), 858–883. <https://doi.org/10.1007/S12393-021-09282-Z>
- Ahmad, I. (2020). Sodium alginate edible coating augmented with essential oils maintains fruits postharvest physiology during preservation: A review . *International Journal of Multidisciplinary Research and Development* *Www.Allsubjectjournal.Com*, 7(8), 135–140. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/343902979>
- Ahmed, L. I., Ibrahim, N., Abdel-Salam, A. B., & Fahim, K. M. (2021). Potential application of ginger, clove and thyme essential oils to improve soft cheese microbial safety and sensory characteristics. *Food Bioscience*, 42, 101177. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.101177>
- Akakpo, A., Somda, M., Kabore, D., Mihin, H., Taale, E., Ouattara, C., ... Ouattara, A. (2019). Biopreservation and Sensory Quality of Soymilk (Glycine Max) By Using Essential Oil from *Cymbopogon Citratus* (DC) Stapf in Burkina Faso. *Nutri and Food*. Retrieved from <https://kosmospublishers.com/biopreservation-and-sensory-quality-of-soymilk-glycine-max-by-using-essential-oil-from-cymbopogon-citratus-dc-stapf-in-burkina-faso-3/>
- Al-Sahlany, S. (2017). Production of biodegradable film from soy protein and essential oil of lemon peel and use it as cheese preservative. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 30(2), 27–35. Retrieved from <https://bjas.bajas.edu.iq/index.php/bjas/article/view/2017-08-10/16>
- Alfonzo, A., Martorana, A., Guarrasi, V., Barbera, M., Gaglio, R., Santulli, A., ... Francesca, N. (2017). Effect of the lemon essential oils on the safety and sensory quality of salted sardines (*Sardina pilchardus* Walbaum 1792). *Food Control*, 73, 1265–1274. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2016.10.046>
- Alizadeh-Sani, M., Mohammadian, E., & McClements, D. J. (2020). Eco-friendly active packaging consisting of nanostructured biopolymer matrix reinforced with TiO₂ and essential oil: Application for preservation of refrigerated meat. *Food Chemistry*, 322, 126782. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.126782>
- Almeida, E. T. da C., Barbosa, I. de M., Tavares, J. F., Barbosa-Filho, J. M., Magnani, M., & Souza, E. L. de. (2018). Inactivation of Spoilage Yeasts by *Mentha spicata* L. and *M. × villosa* Huds. Essential Oils in Cashew, Guava, Mango, and

- Pineapple Juices. *Frontiers in Microbiology*, 9(MAY).
<https://doi.org/10.3389/FMICB.2018.01111>
- Alparslan, Y., & Baygar, T. (2017). Effect of Chitosan Film Coating Combined with Orange Peel Essential Oil on the Shelf Life of Deepwater Pink Shrimp. *Food and Bioprocess Technology* 2017 10:5, 10(5), 842–853.
<https://doi.org/10.1007/S11947-017-1862-Y>
- Altamirano, X. (2013). *Fabricación de películas biodegradables para productos cárnicos, a partir de biopolímeros con mezclas de aceites esenciales antimicrobianos* (Universidad del Azuay). Universidad del Azuay. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3603/1/10285.pdf>
- Alwani, H., Muliastri, M., Asmiyenti, D., & Dwi, H. (2016). Chemical Constituents of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Essential Oil and Its Potency as Natural Preservative on Fresh Chicken Me. *International Food Conference* , 51–56. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Nurbaya-Nurbaya/publication/335691949_Variation_of_Seaweed_Addition_on_the_Nutritional_Content_of_Cendol/links/5d76240292851cacdb2c2256/Variation-of-Seaweed-Addition-on-the-Nutritional-Content-of-Cendol.pdf#page=62
- Ameh, S. J., & Obodozie-Ofoegbu, O. (2016). Essential Oils as Flavors in Carbonated Cola and Citrus Soft Drinks. In V. Preedy (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 111–121). United States: Elsevier Science & Technology. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00011-0>
- Amiri, A., Mottaghipisheh, J., Jamshidi-Kia, F., Saeidi, K., Vitalini, S., & Iriti, M. (2020). Antimicrobial Potency of Major Functional Foods' Essential Oils in Liquid and Vapor Phases: A Short Review. *Applied Sciences* 2020, Vol. 10, Page 8103, 10(22), 8103. <https://doi.org/10.3390/APP10228103>
- Amorati, R., & Foti, M. (2017). Mode of Antioxidant Action of Essential Oils. In S. M. Bagher, A. Mousavi, & A. de Souza (Eds.), *Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications* (pp. 267–291). Pondicherry: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Ansah, R., Ayepa, E., Shittu, S., Senyo, S., & Wang, J. (2019). Essential Oils and their applications-A mini review. *Advances in Nutrition & Food Science*, 4(4), 1–13. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/336305801_Essential_Oils_and_their_applications-A_mini_review
- Ansarifar, E., & Moradinezhad, F. (2021). Preservation of strawberry fruit quality via the use of active packaging with encapsulated thyme essential oil in zein nanofiber film. *International Journal of Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1111/IJFS.15130>
- Asbahani, A. El, Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E. H. A., Casabianca, H., ... Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 483(1–2), 220–243. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069>
- Ashoush, I. S., & El Batawy, O. (2013). Comparative Evaluation of Three Essential

Oils as Functional Antioxidants and Natural Flavoring Agents in Ice Cream. *World Applied Sciences*, 23(2), 159–166. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.23.02.13065>

- Astudillo, S. (2014). *Utilización de aceites esenciales naturales como conservantes en la elaboración de salchichas de pollo* (Universidad Politécnica Salesiana). Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7009/1/UPS-CT003676.pdf>
- Avila, R., Palou, E., & López, A. (2016). Essential Oils Added to Edible Films. In V. Preedy (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 149–153). United States: Elsevier Science & Technology.
- Aziz, Z. A. A., Ahmad, A., Setapar, S. H. M., Karakucuk, A., Azim, M. M., Lokhat, D., ... Ashraf, G. M. (2018). Essential Oils: Extraction Techniques, Pharmaceutical And Therapeutic Potential - A Review. *Current Drug Metabolism*, 19(13), 1100–1110. <https://doi.org/10.2174/1389200219666180723144850>
- Azizkhani, M., & Parsaeimehr, M. (2018). Probiotics survival, antioxidant activity and sensory properties of yogurt flavored with herbal essential oils. *International Food Research Journal*, 25(3), 921–927. Retrieved from [http://www.ifrj.upm.edu.my/25 \(03\) 2018/\(6\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20(03)%202018/(6).pdf)
- Badola, R., Panjagari, N. R., Singh, R. R. B., Singh, A. K., & Prasad, W. G. (2018). Effect of clove bud and curry leaf essential oils on the anti-oxidative and anti-microbial activity of burfi, a milk-based confection. *Journal of Food Science and Technology*, 55(12), 4802–4810. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3413-6>
- Bahadirli, N. P., Kahramanoğlu, I., & Wan, C. (2020). Exposure to volatile essential oils of myrtle (*Myrtus communis* L.) leaves for improving the postharvest storability of fresh loquat fruits. *Journal of Food Quality*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8857669>
- Baines, D. (2012). Defining the term ‘natural’ in the context of food products. In D. Baines & R. Seal (Eds.), *Natural Food Additives, Ingredients and Flavours* (pp. 1–21). Cornwall: Elsevier Science & Technology.
- Barauskiene, R., Venskutonis, P. R., & Demyttenaere, J. C. R. (2005). Sensory and instrumental evaluation of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.) aroma. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(5), 492–500. <https://doi.org/10.1002/FFJ.1478>
- Barba, F. J., Zhu, Z., Koubaa, M., Sant’Ana, A. S., & Orlie, V. (2016). Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 49, 96–109. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.006>
- Bassolé, I. H. N., & Juliani, H. R. (2012). Essential Oils in Combination and Their Antimicrobial Properties. *Molecules*, 17(4), 3989. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES17043989>
- Ben Hsouna, A., Ben Halima, N., Smaoui, S., & Hamdi, N. (2017). Citrus lemon essential oil: chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities with

its preservative effect against *Listeria monocytogenes* inoculated in minced beef meat. *Lipids in Health and Disease* 2017 16:1, 16(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/S12944-017-0487-5>

- Ben Jemaa, M., Falleh, H., Neves, M. A., Isoda, H., Nakajima, M., & Ksouri, R. (2017). Quality preservation of deliberately contaminated milk using thyme free and nanoemulsified essential oils. *Food Chemistry*, 217, 726–734. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2016.09.030>
- Benkhoud, H., M'Rabet, Y., Ali, M. G., Mezni, M., & Hosni, K. (2021). Essential oils as flavoring and preservative agents: Impact on volatile profile, sensory attributes, and the oxidative stability of flavored extra virgin olive oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, e15379. <https://doi.org/10.1111/JFPP.15379>
- Bento, R., Pagán, E., Berdejo, D., de Carvalho, R. J., García-Embid, S., Maggi, F., ... Pagán, R. (2020). Chitosan nanoemulsions of cold-pressed orange essential oil to preserve fruit juices. *International Journal of Food Microbiology*, 331, 108786. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2020.108786>
- Berdejo, D., Pagán, E., Merino, N., García-Gonzalo, D., & Pagán, R. (2021). Emerging mutant populations of *Listeria monocytogenes* EGD-e under selective pressure of *Thymbra capitata* essential oil question its use in food preservation. *Food Research International*, 145, 110403. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110403>
- Berta, M., Molnár, I., Zentai, Á., Kecskeméti, A., Kerekes, E. B., Nacsá-Farkas, E., ... Krisch, J. (2018). Preservation effect of cinnamon and clove essential oil vapors on shelled walnut. *Acta Biologica Szegediensis*, 62(2), 141–145. <https://doi.org/10.14232/ABS.2018.2.141-145>
- Bhavaniramy, S., Vishnupriya, S., Al-Aboody, M. S., Vijayakumar, R., & Baskaran, D. (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain & Oil Science and Technology*, 2(2), 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2019.03.001>
- Blekas, G. A. (2016). Food Additives: Classification, Uses and Regulation. *Encyclopedia of Food and Health*, 731–736. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00304-4>
- Boskovic, M., Djordjevic, J., Ivanovic, J., Janjic, J., Zdravkovic, N., Glisic, M., ... Baltic, M. (2017). Inhibition of *Salmonella* by thyme essential oil and its effect on microbiological and sensory properties of minced pork meat packaged under vacuum and modified atmosphere. *International Journal of Food Microbiology*, 258, 58–67. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2017.07.011>
- Boukhatem, M. N., Boumaiza, A., Nada, H. G., Rajabi, M., & Mousa, S. A. (2020). Eucalyptus globulus Essential Oil as a Natural Food Preservative: Antioxidant, Antibacterial and Antifungal Properties In Vitro and in a Real Food Matrix (Orangina Fruit Juice). *Applied Sciences* 2020, Vol. 10, Page 5581, 10(16), 5581. <https://doi.org/10.3390/APP10165581>
- Brnawi, W. I., Hettiarachchy, N. S., Horax, R., Kumar-Phillips, G., Seo, H. S., & Marcy, J. (2018). Comparison of Cinnamon Essential Oils from Leaf and Bark

- with Respect to Antimicrobial Activity and Sensory Acceptability in Strawberry Shake. *Journal of Food Science*, 83(2), 475–480. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14041>
- Cai, M., Zhang, G., Wang, J., Li, C., Cui, H., & Lin, L. (2021). Application of glycyrrhiza polysaccharide nanofibers loaded with tea tree essential oil/ gliadin nanoparticles in meat preservation. *Food Bioscience*, 43, 101270. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.101270>
- Cardona, J., Ríos, L., & Higuera, F. (2016). Revisión sistemática de la literatura científica: la investigación teórica como principio para el desarrollo de la ciencia básica y aplicada. In *Aspectos teóricos de las revisiones sistemáticas* (pp. 17–24). Bogotá: Fondo Editorial Universidad Cooperativa de Colombia.
- Cardoso-Ugarte, G. A., Juárez-Becerra, G. P., Sosa-Morales, M. E., & López-Malo, A. (2013). Microwave-assisted extraction of essential oils from herbs. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 47(1), 63–72. <https://doi.org/10.1080/08327823.2013.11689846>
- Cardoso-Ugarte, G. A., & Sosa-Morales, M. E. (2021). Essential Oils from Herbs and Spices as Natural Antioxidants: Diversity of Promising Food Applications in the past Decade. *Food Reviews International*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1872084>
- Cardoso-Ugarte, G., López-Malo, A., & Sosa-Morales, M. (2016). Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) Essential Oils. In V. Preedy (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 339–346). United States: Elsevier Science & Technology.
- Cardoso, L. G., Pereira Santos, J. C., Camilloto, G. P., Miranda, A. L., Druzian, J. I., & Guimarães, A. G. (2017). Development of active films poly (butylene adipate co-terephthalate) – PBAT incorporated with oregano essential oil and application in fish fillet preservation. *Industrial Crops and Products*, 108, 388–397. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2017.06.058>
- Carocho, M., Barreiro, M. F., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2014). Adding Molecules to Food, Pros and Cons: A Review on Synthetic and Natural Food Additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 377–399. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12065>
- Carocho, M., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Natural food additives: ¿Quo vadis? *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 284–295. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2015.06.007>
- Carpena, M., Nuñez-Estevez, B., Soria-Lopez, A., Garcia-Oliveira, P., & Prieto, M. A. (2021). Essential Oils and Their Application on Active Packaging Systems: A Review. *Resources 2021*, Vol. 10, Page 7, 10(1), 7. <https://doi.org/10.3390/RESOURCES10010007>
- Cava-Roda, R., Taboada-Rodríguez, A., López-Gómez, A., Martínez-Hernández, G. B., & Marín-Iniesta, F. (2021). Synergistic Antimicrobial Activities of Combinations of Vanillin and Essential Oils of Cinnamon Bark, Cinnamon Leaves, and Cloves. *Foods 2021*, Vol. 10, Page 1406, 10(6), 1406.

<https://doi.org/10.3390/FOODS10061406>

- Cháfer, M., Sánchez-González, L., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2012). Fungal Decay and Shelf Life of Oranges Coated With Chitosan and Bergamot, Thyme, and Tea Tree Essential Oils. *Journal of Food Science*, 77(8), E182–E187. <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2012.02827.X>
- Chandran, J., Nayana, N., Roshini, N., & Nisha, P. (2017). Oxidative stability, thermal stability and acceptability of coconut oil flavored with essential oils from black pepper and ginger. *Journal of Food Science and Technology*, 54(1), 144–152. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2446-y>
- Charfi, S., Boujida, N., Abrini, J., & Senhaji, N. S. (2019). Study of chemical composition and antibacterial activity of Moroccan Thymbra capitata essential oil and its possible use in orange juice conservation. *Materials Today: Proceedings*, 13, 706–712. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2019.04.031>
- Chaudhari, A. K., Singh, V. K., Das, S., Deepika, Prasad, J., Dwivedy, A. K., & Dubey, N. K. (2020). Improvement of in vitro and in situ antifungal, AFB1 inhibitory and antioxidant activity of Origanum majorana L. essential oil through nanoemulsion and recommending as novel food preservative. *Food and Chemical Toxicology*, 143, 111536. <https://doi.org/10.1016/J.FCT.2020.111536>
- Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: Concept and principles. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 8615–8627. <https://doi.org/10.3390/ijms13078615>
- Chen, C. H., Marchello, J., Friedman, M., & Ravishankar, S. (2021). Plant Extracts and Essential Oils at Concentrations Acceptable to a Sensory Panel Inactivate Salmonella Typhimurium DT104 in Ground Pork. *Food and Nutrition Sciences*, 12(02), 162–175. <https://doi.org/10.4236/FNS.2021.122014>
- Chi, H., Song, S., Luo, M., Zhang, C., Li, W., Li, L., & Qin, Y. (2019). Effect of PLA nanocomposite films containing bergamot essential oil, TiO₂ nanoparticles, and Ag nanoparticles on shelf life of mangoes. *Scientia Horticulturae*, 249, 192–198. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2019.01.059>
- Chouhan, S., Sharma, K., & Guleria, S. (2017). Antimicrobial Activity of Some Essential Oils—Present Status and Future Perspectives. *Medicines*, 4(3), 58. <https://doi.org/10.3390/MEDICINES4030058>
- Clarke, S. (2008). Families of compounds that occur in essential oils. In *Essential Chemistry for Aromatherapy* (Second, pp. 41–77). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-10403-9.00003-0>
- Clery, R. (2010). High-impact odorants in essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(3), 117–120. <https://doi.org/10.1002/FFJ.1980>
- D'agostino, M., Tesse, N., Frippiat, J. P., Machouart, M., & Debourgogne, A. (2019). Essential Oils and Their Natural Active Compounds Presenting Antifungal Properties. *Molecules*, 24(20). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES24203713>
- da Cruz, E. T., de Souza, G. T., de Sousa, J. P., Barbosa, I. M., de Sousa, C. P., Cançado, L. R., ... de Souza, E. (2019). Mentha piperita L. essential oil

inactivates spoilage yeasts in fruit juices through the perturbation of different physiological functions in yeast cells. *Food Microbiology*, 82, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.01.023>

- Da Mota Sousa, F. D. A. R., Martins Véras, M. L., & De Melo Silva, S. (2021). Postharvest conservation of ‘Sunrise Solo’ papaya under cassava starch coatings added with ginger essential oil. *Comunicata Scientiae*, 12, 1–8. Retrieved from <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/3407/971>
- Daza-La Plata, A., Chire-Fajardo, G.-C., Ureña-Peralta, M.-O., Daza-La Plata, A., Chire-Fajardo, G.-C., & Ureña-Peralta, M.-O. (2020). Cinética de efloroscencia grasa en muestras de chocolate oscuro comercial en Perú. *Acta Agronómica*, 69(2), 81–88. <https://doi.org/10.15446/ACAG.V69N2.79782>
- De Oliveira, T. L. C., de Araújo Soares, R., Ramos, E. M., das Graças Cardoso, M., Alves, E., & Piccoli, R. H. (2011). Antimicrobial activity of Satureja montana L. essential oil against Clostridium perfringens type A inoculated in mortadella-type sausages formulated with different levels of sodium nitrite. *International Journal of Food Microbiology*, 144(3), 546–555. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2010.11.022>
- de Prádena, J. (2017). Introducción a los aditivos alimentarios y coadyuvantes tecnológicos. In I. Mateos-Aparicio (Ed.), *Aditivos alimentarios* (pp. 13–30). Madrid: Dextra.
- de Souza, E. L., da Cruz Almeida, E. T., & de Sousa Guedes, J. P. (2016). The Potential of the Incorporation of Essential Oils and Their Individual Constituents to Improve Microbial Safety in Juices: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), 753–772. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12208>
- Debonne, E., Van Bockstaele, F., De Leyn, I., Devlieghere, F., & Eeckhout, M. (2018). Validation of in-vitro antifungal activity of thyme essential oil on Aspergillus niger and Penicillium paneum through application in par-baked wheat and sourdough bread. *LWT*, 87, 368–378. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2017.09.007>
- Debonne, E., Van Bockstaele, F., Samapundo, S., Eeckhout, M., & Devlieghere, F. (2018). The use of essential oils as natural antifungal preservatives in bread products. *Journal of Essential Oil Research*, 30(5), 309–318. <https://doi.org/10.1080/10412905.2018.1486239>
- Del Cid, A. (2017). *Comparación de la vida útil de un queso fresco procesado sin conservadores y quesos frescos con recubrimientos comestibles de quitosano y aceites esenciales* (Universidad de San Carlos de Guatemala). Universidad de San Carlos de Guatemala. Retrieved from http://www.repositorio.usac.edu.gt/8274/1/TRABAJO_GRADUACION.pdf
- Denkova-Kostova, R. S., Goranov, B. G., Teneva, D. G., Tomova, T. G., Denkova, Z. R., Shopska, V., & Mihaylova-Ivanova, Y. (2021). Bio-preservation of chocolate mousse with free and immobilized cells of Lactobacillus plantarum D2 and lemon (Citrus lemon L.) or grapefruit (Citrus paradisi L.) zest essential oils. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 20(1), 5–16.

<https://doi.org/10.17306/J.AFS.0872>

- Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential Oils' Chemical Characterization and Investigation of Some Biological Activities: A Critical Review. *Medicines*, 3(4), 25. <https://doi.org/10.3390/medicines3040025>
- Directiva 88/388/CEE. (2008). Reglamento (CE) N° 1334/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre los aromas y determinados ingredientes alimentarios con propiedades aromatizantes utilizados en los alimentos y por el que se modifican el Reglamento (CEE. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1334&from=EN>
- Djerrah, R., & Ihadrien, S. (2017). *Étude de l'effet de l'huile essentielle de cèdre de l'atlas (cedrus atlantica) sur la conservation de la saucisse*. (Université Mouloud Mammeri). Université Mouloud Mammeri. Retrieved from <https://dl.ummo.dz/handle/ummo/4063>
- Djiuardi, E., & Nugraha, T. (2018). Microemulsion design to enhance antibacterial activity of cinnamon essential oil for food preservatives. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(11), 8875–8880. <https://doi.org/10.36478/jeasci.2018.8875.8880>
- Dolati, M., Rezaei, K., Vanak, Z. P., & Movahed, S. (2016). Study of the Effects of Essential Oils of Cumin, Savory and Cardamom as Natural Antioxidants on the Flavor and Oxidative Stability of Soybean Oil During the Storage. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 19(1), 176–184. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2014.935030>
- Dong, Z., Xu, F., Ahmed, I., Li, Z., & Lin, H. (2018). Characterization and preservation performance of active polyethylene films containing rosemary and cinnamon essential oils for Pacific white shrimp packaging. *Food Control*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.052>
- Duarte, M. C. ., Duarte, R. M. ., Rodrigues, R. A. ., & Rodrigues, M. V. . (2017). Essential Oils and Their Characteristics. In M. Bagher, A. Mousavi, & A. De Souza (Eds.), *Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications* (pp. 1–14). Brazil: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Durmus, M. (2020). The effects of nanoemulsions based on citrus essential oils (orange, mandarin, grapefruit, and lemon) on the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets at $4 \pm 2^\circ\text{C}$. *Journal of Food Safety*, 40(1), e12718. <https://doi.org/10.1111/JFS.12718>
- Dwi, H., Neno, O. I., & Alwani, H. (2017). Natural Preservation of Fresh Chicken Meats Utilizing Combination of Essential Oils of Clove and Ginger. *Digital Library*, 75–83.
- Dwijatmoko, M., Praseptiangga, D., & Muhammad, D. (2016). Effect of cinnamon essential oils addition in the sensory attributes of dark chocolate. *NU S A N T A R A B I O S C I E N C E*, 8(2), 301–305. Retrieved from <https://www.smujo.id/nb/article/view/3671/3163>
- Echeverría, I., Elvira López-Caballero, M., Carmen Gómez-Guillén, M., Mauri, A. N.,

- & Montero, M. P. (2018). Active nanocomposite films based on soy proteins-montmorillonite-clove essential oil for the preservation of refrigerated bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) fillets CORE View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk provided by. *International Journal of Food Microbiology*, 266, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.10.003>
- El-Kholany, E. A. (2017). Utilization of Essential Oils from Citronella and Geranium as Natural Preservative in Mayonnaise. *Science Publishing Group*, 1(1), 59. <https://doi.org/10.11648/J.IJMB.20160101.18>
- Eslahi, H., Fahimi, N., & Sardarian, A. R. (2017). Chemical Composition of Essential Oils. In *Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications* (pp. 119–171). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119149392.ch4>
- European Food Safety Authority. (2008). Reglamento (CE) N° 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo. *Diario Oficial de La Unión Europea*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1333&from=EN>
- 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>
- FAO. (2008). Guidelines for the use of flavourings (CAC / GL 66-2008). Retrieved from Codex Alimentarius website: <https://www.maff.go.jp/j/shokusan/seizo/pdf/66-2008.pdf>
- Farahmandfar, R., Asnaashari, M., Pourshayegan, M., Maghsoudi, S., & Moniri, H. (2018). Evaluation of antioxidant properties of lemon verbena (*Lippia citriodora*) essential oil and its capacity in sunflower oil stabilization during storage time. *Food Science & Nutrition*, 6(4), 983. <https://doi.org/10.1002/FSN3.637>
- Farokhian, F., Jafarpour, M., Goli, M., & Askari-Khorasgani, O. (2017). Quality Preservation of Air-Dried Sliced Button Mushroom (*Agaricus bisporus*) by Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) Essential Oil. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), e12432. <https://doi.org/10.1111/JFPE.12432>
- Fathi-Achachlouei, B., Babolanmogadam, N., & Zahedi, Y. (2021). Influence of anise (*Pimpinella anisum* L.) essential oil on the microbial, chemical, and sensory properties of chicken fillets wrapped with gelatin film. *Food Science and Technology International*, 27(2), 123–134. <https://doi.org/10.1177/1082013220935224>
- Fernandes, R. V. B., Botrel, D. A., Monteiro, P. S., Borges, S. V., Souza, A. U., & Mendes, L. E. S. (2018). Microencapsulated oregano essential oil in grated Parmesan cheese conservation Abstract. *International Food Research Journal*, 25(2), 661–669. Retrieved from [http://www.ifrj.upm.edu.my/25 \(02\) 2018/\(30\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20(2)2018/(30).pdf)
- Fernández-López, J., & Viuda-Martos, M. (2018, April 1). Introduction to the special issue: Application of essential oils in food systems. *Foods*, Vol. 7. MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/foods7040056>

- Food and Drug Administration (FDA). (2021). Code of Federal Regulations (CFR). Title 21: Code of federal regulations (CFR). Title 21: Food and drugs. Chapter I - food and Drug Administration, Department of health and human Services, subchapter B - food for human consumption (continued), Part 182 - s. Retrieved from <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=182.20>
- Fornari, T., Vicente, G., Vázquez, E., García-Risco, M. R., & Reglero, G. (2012). Isolation of essential oil from different plants and herbs by supercritical fluid extraction. *Journal of Chromatography A*, 1250, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.04.051>
- Freire da Costa, G., Darlan Leal de Araujo, C., Luiz Nunes de Oliveira, F., & Alves Azeredo, G. (2019). Preservation of chicken sausages using oregano and rosemary essential oil. *Costa Journal of Engineering Research and Application Www.Ijera.Com*, 9, 60–68. <https://doi.org/10.9790/9622-0908036068>
- Freitas, I. R., & Cattelan, M. G. (2018). Antimicrobial and Antioxidant Properties of Essential Oils in Food Systems—An Overview. *Microbial Contamination and Food Degradation*, 443–470. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811515-2.00015-9>
- Gamarra, F. M. C., Sakanaka, L. S., Tambourgi, E. B., & Cabral, F. A. (2006). Influence on the quality of essential lemon (*Citrus aurantifolia*) oil by distillation process. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 23(01), 147–151. Retrieved from www.abeq.org.br/bjche
- Gavahian, M., Chu, Y. H., Lorenzo, J. M., Mousavi Khaneghah, A., & Barba, F. J. (2018). Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(2), 310–321. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1525601>
- Ghoneem, K. M., Saber, W. I. A., Aml, A. E. A., Rashad, Y. M., & Al-Askar, A. A. (2016). Clove essential oil for controlling white mold disease, sprout suppressor and quality maintainer for preservation of jerusalem artichoke tubers. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(3), 601–608. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/308401738_Clove_Essential_Oil_Control_of_White_Mold_Disease_Sprout_Suppressor_and_Quality_maintainer_for_Preservation_of_Jerusalem_Artichoke_Tubers
- Gonçalves, E. V., & da Silva Lannes, S. C. (2010). Chocolate rheology. *Food Science and Technology*, 30(4), 845–851. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400002>
- Gonçalves, N. D., Pena, F. de L., Sartoratto, A., Derlamelina, C., Duarte, M. C. T., Antunes, A. E. C., & Prata, A. S. (2017). Encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil used as a natural preservative in bakery product. *Food Research International*, 96, 154–160. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2017.03.006>
- Goñi, M., Roura, S., Ponce, A., & Moreira, M. (2016). Clove (*Syzygium aromaticum*) Oils. In V. Preedy (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*

(pp. 349–356). United States: Elsevier Science & Technology.

- Goudoum, A., Makambeu, N. A., Abdou Bouba, A., Ngassoum, M. B., Mbofung, C. M., Makambeu, A., ... Antioxidant, M. (2017). Antioxidant Potential of *Ocimum basilicum* (Lamiaceae) Essential Oil as Preservation of the Physicochemical Properties of Palm Oil During One Month. *Article in International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 6(4), 181–186. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20170604.16>
- Gutiérrez, J. (2017). Técnicas para el proceso de búsqueda, acceso y selección de información digital: los operadores. *Publicaciones Didácticas*, 83, 393–529. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/235855195.pdf>
- Hamad, A., Djalil, A. D., Dewi, Y. S., & Hartanti, D. (2021). Development of lemon basil essential oil as a natural chicken meat preservative. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*, 803, 12028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/803/1/012028>
- Hanif, M. A., Nisar, S., Khan, G. S., Mushtaq, Z., & Zubair, M. (2019). Essential Oils. In S. Malik (Ed.), *Essential Oil Research: Trends in Biosynthesis, Analytics, Industrial Applications and Biotechnological Production* (pp. 4–6). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8>
- He, Q., & Xiao, K. (2016). The effects of tangerine peel (*Citri reticulatae pericarpium*) essential oils as glazing layer on freshness preservation of bream (*Megalobrama amblycephala*) during superchilling storage. *Food Control*, 69, 339–345. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2016.05.019>
- Heni, S., Boughendjioua, H., Saida, M., Bennadja, S., & Djahoudi, A. (2020). Use of *Origanum vulgare* Essential Oil as an Antibacterial Additive in the Preservation of Minced Meat. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 32(32), 1–9. <https://doi.org/10.9734/JPRI/2020/V32I3230927>
- Hernández-Ochoa, L., Aguirre-Prieto, Y. B., Nevárez-Moorillón, G. V., Gutierrez-Mendez, N., & Salas-Muñoz, E. (2014). Use of essential oils and extracts from spices in meat protection. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5), 957. <https://doi.org/10.1007/S13197-011-0598-3>
- Hernández, H., Fraňková, A., Sýkora, T., Klouček, P., Kouřimská, L., Kučerová, I., & Banout, J. (2017). The effect of oregano essential oil on microbial load and sensory attributes of dried meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(1), 82–87. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7685>
- Heydari-Majd, M., Ghanbarzadeh, B., Shahidi-Noghabi, M., Najafi, M. A., & Hosseini, M. (2019). A new active nanocomposite film based on PLA/ZnO nanoparticle/essential oils for the preservation of refrigerated *Otolithes ruber* fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.12.002>
- Horcada, A., & Polvillo, Y. (2010). Conceptos básicos sobre la carne. Retrieved from Universidad de Sevilla website: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/40940/horconcep113a140.pdf>
- Hosseini, M., Jamshidi, A., Raeisi, M., & Azizzadeh, M. (2021). Effect of sodium alginate coating containing clove (*Syzygium Aromaticum*) and lemon verbena

- (*Aloysia Citriodora*) essential oils and different packaging treatments on shelf life extension of refrigerated chicken breast. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e14946. <https://doi.org/10.1111/JFPP.14946>
- Huang, X., Lao, Y., Pan, Y., Chen, Y., Zhao, H., Gong, L., ... Mo, C. H. (2021). Synergistic Antimicrobial Effectiveness of Plant Essential Oil and Its Application in Seafood Preservation: A Review. *Molecules* 2021, Vol. 26, Page 307, 26(2), 307. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26020307>
- Hyltdgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology*, 3(JAN), 12. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2012.00012/BIBTEX>
- Ilimi, A., Praseptianga, D., & Muhammad, D. R. A. (2017). Sensory Attributes and Preliminary Characterization of Milk Chocolate Bar Enriched with Cinnamon Essential Oil. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 193(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/193/1/012031>
- Inan, Ö., Özcan, M. M., & Al Juhaimi, F. Y. (2012). Antioxidant effect of mint, laurel and myrtle leaves essential oils on pomegranate kernel, poppy, grape and linseed oils. *Journal of Cleaner Production*, 27, 151–154. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2012.01.003>
- INEN. (2014). *CPE INEN-CODEX CAC/GL 66, Directrices para el uso de aromatizantes (CAC/GL 66-2008, IDT)*. Retrieved from <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/CAC-GL-66-UNIDO.pdf>
- Ivic, M., Tomovic, V., Jokanovic, M., Skaljic, S., & Sojic, B. (2019). The influence of cooking methods and juniper essential oil on lipid oxidation in pork chops. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 333(1), 012064. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/333/1/012064>
- Jafari, S. M., Paximada, P., Mandala, I., Assadpour, E., & Mehrnia, M. A. (2017). Encapsulation by nanoemulsions. *Nanoencapsulation Technologies for the Food and Nutraceutical Industries*, 36–73. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809436-5.00002-1>
- Jayasena, D. D., & Jo, C. (2013). Potential Application of Essential Oils as Natural Antioxidants in Meat and Meat Products: A Review. <Http://Dx.Doi.Org/10.1080/87559129.2013.853776>, 30(1), 71–90. <https://doi.org/10.1080/87559129.2013.853776>
- Jimborean, M. A., Borşa, A., Michiu, D., Rotar, A. M., Semeniuc, C. A., & Pop, C. R. (2021). Aloe vera gel microcapsules and essential oils of thyme and oregano incorporated in spreadable goat cheese: impact on its microbiological, physicochemical, and sensory characteristics during storage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(1), 12001–12001. <https://doi.org/10.15835/NBHA49112001>
- Kalagatur, N. K., Mudili, V., Kamasani, J. R., & Siddaiah, C. (2018). Discrete and combined effects of Ylang-Ylang (*Cananga odorata*) essential oil and gamma irradiation on growth and mycotoxins production by *Fusarium graminearum* in

maize. *Food Control*, 94, 276–283.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2018.07.030>

- Kalantary, F. (2014). Control of *Aspergillus flavus* Growth in Tomato Paste by *Cinnamomum zeylanicum* and *Origanum vulgare* L. Essential Oils. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 2(2), 57–62. Retrieved from <https://jurnal.ugm.ac.id/jfps/article/view/4865>
- Kavas, G., & Kavas, N. (2016). Use of egg white protein powder based films fortified with sage and lemon balm essential oils in the storage of lor cheese. *Mljekarstvo*, 66(2), 99–111. <https://doi.org/10.15567/MLJEKARSTVO.2016.0202>
- Kavas, N., & Kavas, G. (2017). Use of turmeric (*Curcuma longa* L.) essential oil added to an egg white protein powder-based film in the storage of Çökelek cheese. *Journal of Food Chemistry and Nanotechnology*, 3(3), 105–110. <https://doi.org/10.17756/JFCN.2017-045>
- Khaleque, M. A., Keya, C. A., Hasan, K. N., Hoque, M. M., Inatsu, Y., & Bari, M. L. (2016). Use of cloves and cinnamon essential oil to inactivate *Listeria monocytogenes* in ground beef at freezing and refrigeration temperatures. *LWT - Food Science and Technology*, 74, 219–223. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.042>
- Khanjani, R., Dehghan, H., & Sarrafi, Y. (2021). Antifungal edible tomato coatings containing ajwain, neroli, and rosemary essential oils. *Journal of Food Measurement and Characterization* 2021, 1–10. <https://doi.org/10.1007/S11694-021-01067-6>
- Khorshidian, N., Yousefi, M., Khanniri, E., & Mortazavian, A. M. (2018). Potential application of essential oils as antimicrobial preservatives in cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 62–72. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2017.09.020>
- Kocić-Tanackov, S., Dimić, G., Jakšić, S., Mojović, L., Djukić-Vuković, A., Mladenović, D., & Pejin, J. (2019). Effects of caraway and juniper essential oils on aflatoxigenic fungi growth and aflatoxins secretion in polenta. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12). <https://doi.org/10.1111/JFPP.14224>
- Kordsardouei, H., Barzegar, M., & Sahari, M. A. (2013). Application of *Zataria multiflora* Boiss. and *Cinnamon zeylanicum* essential oils as two natural preservatives in cake. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 3(3), 238–247. <https://doi.org/10.22038/ajp.2013.490>
- Kraśniewska, K., Gniewosz, M., Kosakowska, O., & Cis, A. (2016). Preservation of Brussels Sprouts by Pullulan Coating Containing Oregano Essential Oil. *Journal of Food Protection*, 79(3), 493–500. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-234>
- Kringel, D. H., Lang, G. H., Dias, Á. R. G., Gandra, E. A., Gandra, T. K. V., & Zavareze, E. da R. (2021). Impact of encapsulated orange essential oil with β -cyclodextrin on technological, digestibility, sensory properties of wheat cakes as well as *Aspergillus flavus* spoilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(13), 5599–5607. <https://doi.org/10.1002/JSFA.11211>

- Kumar, N. (2016). Rapid communication Preservative potential of cumin essential oil for *Pisum sativum* L. during storage. *JOURNAL OF PLANT PROTECTION RESEARCH*, 56(2), 203–210. <https://doi.org/10.1515/jppr-2016-0027>
- Lages, L. Z., Radünz, M., Gonçalves, B. T., Silva da Rosa, R., Fouchy, M. V., de Cássia dos Santos da Conceição, R., ... Gandra, E. A. (2021). Microbiological and sensory evaluation of meat sausage using thyme (*Thymus vulgaris*, L.) essential oil and powdered beet juice (*Beta vulgaris* L., Early Wonder cultivar). *LWT*, 148, 111794. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.111794>
- Lama-Muñoz, A., Gómez-carretero, A., Rubio-senent, F., Bermúdez-oria, A., Maya, I., Fernández-bolaños, J. G., ... Fernández-bolaños, J. (2021). Inhibitory effect of olive phenolic compounds isolated from olive oil by-product on melanosis of shrimps. *Antioxidants*, 10(5), 728. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX10050728/S1>
- Laranjo, M., Fernandez-Leon, A. M., Potes, M. E., Agulheiro-Santos, A. C., & Elias, M. (2017). Use of essential oils in food preservation. *Antimicrobial Research: Novel Bioknowledge and Educational Programs*, 6, 177–188. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/154812698.pdf>
- Leite, C. J. B., De Sousa, J. P., Da Costa Medeiros, J. A., Da Conceição, M. L., Dos Santos Falcaõ-Silva, V., & De Souza, E. L. (2016). Inactivation of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enteritidis* by *Cymbopogon citratus* D.C. Stapf. Essential Oil in pineapple juice. *Journal of Food Protection*, 79(2), 213–219. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-245>
- Li, B., Wang, X., Gao, X., Ma, X., Zhang, L., Mei, J., & Xie, J. (2021). Shelf-Life Extension of Large Yellow Croaker (*Larimichthys crocea*) Using Active Coatings Containing Lemon Verbena (*Lippa citriodora* Kunth.) Essential Oil. *Frontiers in Nutrition*, 8, 678643. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2021.678643>
- Li, L., Song, W., Shen, C., Dong, Q., Wang, Y., & Zuo, S. (2020). Active packaging film containing oregano essential oil microcapsules and their application for strawberry preservation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10), e14799. <https://doi.org/10.1111/JFPP.14799>
- Liu, Q., Zhang, M., Bhandari, B., Xu, J., & Yang, C. (2020). Effects of nanoemulsion-based active coatings with composite mixture of star anise essential oil, polylysine, and nisin on the quality and shelf life of ready-to-eat Yao meat products. *Food Control*, 107, 106771. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2019.106771>
- Liu, X., Zhang, C., Liu, S., Gao, J., Cui, S. W., & Xia, W. (2020). Coating white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with edible fully deacetylated chitosan incorporated with clove essential oil and kojic acid improves preservation during cold storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 1276–1282. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2020.06.248>
- Luna-Guevara, J. J., Rivera-Hernández, M., Arenas-Hernández, M. M. P., & Luna-Guevara, M. L. (2021). Effect of essential oils of oregano (*Origanum vulgare*), thyme (*Thymus vulgaris*), orange (*Citrus sinensis* var. Valencia) in the vapor phase on the antimicrobial and sensory properties of a meat emulsion inoculated with *Salmonella enterica*. *Food Research*, 5(1), 306–312.

[https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(1\).488](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(1).488)

- Mahato, N., Sharma, K., Koteswararao, R., Sinha, M., Baral, E. R., & Cho, M. H. (2017). Citrus essential oils: Extraction, authentication and application in food preservation. *https://Doi.Org/10.1080/10408398.2017.1384716*, 59(4), 611–625. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1384716>
- Mahcene, Z., Khelil, A., Hasni, S., Bozkurt, F., Goudjil, M. B., & Tornuk, F. (2020). Home-made cheese preservation using sodium alginate based on edible film incorporating essential oils. *Journal of Food Science and Technology* 2020 58:6, 58(6), 2406–2419. <https://doi.org/10.1007/S13197-020-04753-3>
- Mani López, E., Valle Vargas, G. P., Palou, E., & López Malo, A. (2018). Penicillium expansum Inhibition on Bread by Lemongrass Essential Oil in Vapor Phase. *Journal of Food Protection*, 81(3), 467–471. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-315>
- Mariod, A. A. (2016). Effect of essential oils on organoleptic (smell, taste, and texture) properties of food. In V. Preedy (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 131–137). United States: Elsevier Science & Technology. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00013-4>
- Mbaveng, A. T., & Kuete, V. (2017). Zingiber officinale. *Medicinal Spices and Vegetables from Africa: Therapeutic Potential Against Metabolic, Inflammatory, Infectious and Systemic Diseases*, 627–639. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809286-6.00030-3>
- Miguel, M. G. (2010). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Essential Oils: A Short Review. *Molecules*, 15(12), 9252–9287. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES15129252>
- Mishra, A. P., Devkota, H. P., Nigam, M., Adetunji, C. O., Srivastava, N., Saklani, S., ... Mousavi Khaneghah, A. (2020). Combination of essential oils in dairy products: A review of their functions and potential benefits. *LWT*, 133, 110116. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.110116>
- Moghaddam, M., & Mehdizadeh, L. (2017). Chemistry of Essential Oils and Factors Influencing Their Constituents. *Soft Chemistry and Food Fermentation*, 379–419. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811412-4.00013-8>
- Mohammadi, L., Tanaka, F., & Tanaka, F. (2021). Preservation of strawberry fruit with an Aloe vera gel and basil (*Ocimum basilicum*) essential oil coating at ambient temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, e15836. <https://doi.org/10.1111/JFPP.15836>
- Molina, J. (2019). Aceites esenciales, resinas, bálsamos y gomas. In *Botánica Aplicada* (pp. 169–174). España: Dextra.
- Moosavi-Nasab, M., Shad, E., Ziaee, E., Yousefabad, S. H. A., Golmakani, M. T., & Azizinia, M. (2016). Biodegradable Chitosan Coating Incorporated with Black Pepper Essential Oil for Shelf Life Extension of Common Carp (*Cyprinus carpio*) during Refrigerated Storage. *Journal of Food Protection*, 79(6), 986–993. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-246>

- Moreno, Y., & Arteaga-Miñano, H. L. (2018). Natural conservation of guinea pig (*Cavia porcellus*) meat vacuum packed: Oregano essential oil effect on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 467–476. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.01>
- Moritz, C. M. F., Rall, V. L. M., Saeki, M. J., & Fernandes Júnior, A. (2012). Inhibitory effect of essential oils against *Lactobacillus rhamnosus* and starter culture in fermented milk during its shelf-life period. *Brazilian Journal of Microbiology*, 43(3), 1147. <https://doi.org/10.1590/S1517-838220120003000042>
- Nazari, M., Ghanbarzadeh, B., Samadi Kafil, H., Zeinali, M., & Hamishehkar, H. (2019). Garlic essential oil nanophytosomes as a natural food preservative: Its application in yogurt as food model. *Colloid and Interface Science Communications*, 30, 100176. <https://doi.org/10.1016/J.COLCOM.2019.100176>
- Negahdari, M., Partovi, R., Talebi, F., Babaei, A., & Abdulkhani, A. (2021). Preparation, characterization, and preservation performance of active polylactic acid film containing *Origanum majorana* essential oil and zinc oxide nanoparticles for ground meat packaging. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), e15013. <https://doi.org/10.1111/JFPP.15013>
- Nikolić, M., Stojković, D., Glamočlija, J., Ćirić, A., Marković, T., Smiljković, M., & Soković, M. (2015). Could essential oils of green and black pepper be used as food preservatives? *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6565. <https://doi.org/10.1007/S13197-015-1792-5>
- Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120(1), 193–198. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2009.10.006>
- Olmedo, R. H., & Grosso, N. R. (2019). Oxidative Stability, Affective and Descriptive Sensory Properties of Roasted Peanut Flavored with Oregano, Laurel, and Rosemary Essential Oils as Natural Preservatives of Food Lipids. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(5), 1800428. <https://doi.org/10.1002/EJLT.201800428>
- Olmedo, R., Ribotta, P., & Grosso, N. R. (2018). Oxidative stability, affective and discriminative sensory test of high oleic and regular peanut oil with addition of oregano essential oil. *Journal of Food Science and Technology*, 55(12), 5133. <https://doi.org/10.1007/S13197-018-3459-5>
- Onyango, A., Imathiu, S., Niyibituronsa, M., Nola Onyango, A., Gaidashova, S., Ming, Z., ... Peiwu, L. (2020). Evaluation of Five Essential Oils by Gas Chromatography-Mass Spectrometry and their Effect on Fungal Growth Inhibition and Sensory Acceptability of Soymilk. *Article in Journal of Food Research*, 9(2), 36–47. <https://doi.org/10.5539/jfr.v9n2p36>
- Ozogul, Y., Yuvka, İ., Ucar, Y., Durmus, M., Kösker, A. R., Öz, M., & Ozogul, F. (2017). Evaluation of effects of nanoemulsion based on herb essential oils (rosemary, laurel, thyme and sage) on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during ice storage. *LWT*, 75, 677–684. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2016.10.009>

- Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Sant'Ana, A. S., Domínguez, R., Rodríguez-Lázaro, D., & Lorenzo, J. M. (2021). Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganisms in meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 337, 108966. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2020.108966>
- Patel, A., & Ghosh, V. (2020). Thyme (*Thymus vulgaris*) Essential Oil–Based Antimicrobial Nanoemulsion Formulation for Fruit Juice Preservation. *Biotechnological Applications in Human Health*, 107–114. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3453-9_12
- Pavoni, L., Perinelli, D. R., Bonacucina, G., Cespi, M., & Palmieri, G. F. (2020). An Overview of Micro- and Nanoemulsions as Vehicles for Essential Oils: Formulation, Preparation and Stability. *Nanomaterials*, 10(1), 135. <https://doi.org/10.3390/NANO10010135>
- Praseptianga, D., Qomaruzzaman, A. R., & Manuhara, G. J. (2021). The Effect of Clove Leaves Essential Oil Addition on Physicochemical and Sensory Characteristics of Milk Chocolate Bar. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(1), 165–171. Retrieved from <http://www.insightsociety.org/ojaseit/index.php/ijaseit/article/view/12664>
- Qian, Y. F., Cheng, Y., Ye, J. X., Zhao, Y., Xie, J., & Yang, S. P. (2021). Targeting shrimp spoiler *Shewanella putrefaciens*: Application of ϵ -polylysine and oregano essential oil in Pacific white shrimp preservation. *Food Control*, 123, 107702. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2020.107702>
- Radünz, M., dos Santos Hackbart, H. C., Camargo, T. M., Nunes, C. F. P., de Barros, F. A. P., Dal Magro, J., ... da Rosa Zavareze, E. (2020). Antimicrobial potential of spray drying encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil on the conservation of hamburger-like meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 330, 108696. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2020.108696>
- Rahmanzadeh Ishkeh, S., Asghari, M., Shirzad, H., Alirezalu, A., & Ghasemi, G. (2019). Lemon verbena (*Lippia citrodora*) essential oil effects on antioxidant capacity and phytochemical content of raspberry (*Rubus ulmifolius* subsp. *sanctus*). *Scientia Horticulturae*, 248, 297–304. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2018.12.040>
- Rehman, A., Qunyi, T., Sharif, H. R., Korma, S. A., Karim, A., Manzoor, M. F., ... Mehmood, T. (2021). Biopolymer based nanoemulsion delivery system: An effective approach to boost the antioxidant potential of essential oil in food products. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100082. <https://doi.org/10.1016/J.CARPTA.2021.100082>
- Requejo, A. (2020a). ¿Qué es un aceite esencial? In *Aceites esenciales en sinergia* (pp. 26–28). Antequera: ExLibric.
- Requejo, A. (2020b). Características físicas de un aceite esencial. In *Aceites esenciales en sinergia* (1st ed., pp. 31–32). Antequera: ExLibric.
- Requejo, A. (2020c). Normas de seguridad básicas en el uso de los aceites. In *Aceites*

esenciales en sinergia (pp. 68–74). Antequera: ExLibric.

- Reyes-Jurado, F., Navarro-Cruz, A. R., Ochoa-Velasco, C. E., Palou, E., López-Malo, A., & Ávila-Sosa, R. (2019). Essential oils in vapor phase as alternative antimicrobials: A review. *Https://Doi.Org/10.1080/10408398.2019.1586641*, *60*(10), 1641–1650. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1586641>
- Rezaeifar, M., Mehdizadeh, T., Langroodi, A. M., & Rezaei, F. (2020). Effect of chitosan edible coating enriched with lemon verbena extract and essential oil on the shelf life of vacuum rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Food Safety*, *40*(3), e12781. <https://doi.org/10.1111/JFS.12781>
- Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., Melo, N. R. de, & Sanches-Silva, A. (2017). Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, *61*, 132–140. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.11.021>
- Ribeiro-Santos, R., de Melo, N. R., Andrade, M., & Sanches-Silva, A. (2017). Potential of migration of active compounds from protein-based films with essential oils to a food and a food simulant. *Packaging Technology and Science*, *30*(12), 791–798. <https://doi.org/10.1002/PTS.2334>
- Ribeiro, R., Andrade, M., Melo, N., & Sanches, A. (2017). Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. *Trends in Food Science and Technology*, *61*, 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.021>
- Ríos, L. (2016). Essential Oils: What They Are and How the Terms Are Used and Defined. In V. Preedy (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 3–9). United States: Elsevier Science & Technology.
- Romuga, G. C. P., & Lizardo, R. C. M. (2020). Efficacy of Lemon Grass (*Cymbopogon Citratus* Stapf.) Essential Oil as a Natural Preservative In Ready-To-Drink Moringa (*Moringa Oleifera* Lam.) Beverage. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, *10*(1), 28–32. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.10.1.28-32>
- Roohinejad, S., Koubaa, M., Barba, F. J., Leong, S. Y., Khelifa, A., Greiner, R., & Chemat, F. (2017). Extraction Methods of Essential Oils From Herbs and Spices. In M. Bagher, A. Mousavi, & A. De Souza (Eds.), *Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications* (pp. 21–45). Brazil: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Rosales, T., Hitz, D., Maia, A., Novello, D., Schwarz, K., & do Amaral Jardimetti, V. (2019). Use of *Cymbopogon citratus* essential oils for preservation of *Fragaria ananassa* after conventional harvesting. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, *24*(2), e650. Retrieved from <http://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/650/378>
- Roselló-Soto, E., Koubaa, M., Moubarik, A., Lopes, R. P., Saraiva, J. A., Boussetta, N., ... Barba, F. J. (2015). Emerging opportunities for the effective valorization of wastes and by-products generated during olive oil production process: Non-conventional methods for the recovery of high-added value compounds. *Trends in Food Science and Technology*, *45*(2), 296–310.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.003>

- Roshan, A. B., Dubey, N. K., & Mohana, D. C. (2021). Chitosan nanoencapsulation of Pogostemon cablin (Blanco) Benth. essential oil and its novel preservative effect for enhanced shelf life of stored Maize kernels during storage: Evaluation of its enhanced antifungal, antimycotoxin, antioxidant activities an. *International Journal of Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1111/IJFS.15289>
- Ruiz-Hernández, K., Sosa-Morales, M. E., Cerón-García, A., & Gómez-Salazar, J. A. (2021). Physical, Chemical and Sensory Changes in Meat and Meat Products Induced by the Addition of Essential Oils: A Concise Review. *Food Reviews International*, 1–30. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1939369>
- Saltveit, M. E., Choi, Y. J., & Tomás-Barberán, F. A. (2005). Mono-carboxylic acids and their salts inhibit wound-induced phenolic accumulation in excised lettuce (*Lactuca sativa*) leaf tissue. *Physiologia Plantarum*, 125(4), 454–463. <https://doi.org/10.1111/J.1399-3054.2005.00575.X>
- Sánchez-González, L., Pastor, C., Vargas, M., Chiralt, A., González-Martinez, C., & Chafer, M. (2011). Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 60(1), 57–63. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2010.11.004>
- Sánchez, L., Vargas, M., González, C., Chiralt, A., & Cháfer, M. (2011). Use of Essential Oils in Bioactive Edible Coatings: A Review. *Food Engineering Reviews*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s12393-010-9031-3>
- Sani, I. K., Khaledabad, M. A., Pirsa, S., & Kia, E. M. (2020). Physico-chemical, organoleptic, antioxidative and release characteristics of flavoured yoghurt enriched with microencapsulated *Melissa officinalis* essential oil. *International Journal of Dairy Technology*, 73(3), 542–551. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12691>
- Sapper, M., Palou, L., Pérez-Gago, M. B., & Chiralt, A. (2019). Antifungal Starch–Gellan Edible Coatings with Thyme Essential Oil for the Postharvest Preservation of Apple and Persimmon. *Coatings 2019, Vol. 9, Page 333*, 9(5), 333. <https://doi.org/10.3390/COATINGS9050333>
- Sarmast, E., Fallah, A. A., Habibian Dehkordi, S., & Rafieian-Kopaei, M. (2019). Impact of glazing based on chitosan-gelatin incorporated with Persian lime (*Citrus latifolia*) peel essential oil on quality of rainbow trout fillets stored at superchilled condition. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 316–323. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2019.06.087>
- Saxena, A., Sharma, L., & Maity, T. (2020). Enrichment of edible coatings and films with plant extracts or essential oils for the preservation of fruits and vegetables. In *Biopolymer-Based Formulations: Biomedical and Food Applications* (pp. 859–880). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816897-4.00034-5>
- Shahbazi, Y., Karami, N., & Shavisi, N. (2018). Effect of *Mentha spicata* essential oil on chemical, microbial, and sensory properties of minced camel meat during refrigerated storage. *Journal of Food Safety*, 38(1), e12375.

<https://doi.org/10.1111/JFS.12375>

- Shahbazi, Y., & Shavisi, N. (2018). Effects of sodium alginate coating containing *Mentha spicata* essential oil and cellulose nanoparticles on extending the shelf life of raw silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets. *Food Science and Biotechnology* 2018 28:2, 28(2), 433–440. <https://doi.org/10.1007/S10068-018-0486-Y>
- Shahvandari, F., Khaniki, G. J., Shariatifar, N., Mahmoudzadeh, M., Sani, M. A., Alikord, M., ... Kamkar, A. (2021). Chitosan/cumin (*cuminum cyminum* L.) essential oil edible biodegradable coating: Its effect on microbial, physical and sensory properties of chicken meat during refrigeration. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 13(1), 75–89. <https://doi.org/10.34302/crpfjst/2021.13.1.7>
- Sharafati-Chaleshtori, R., Rokni, N., Rafieian-Kopaei, M., Drees, F., & Salehi, E. (2015). Antioxidant and Antibacterial Activity of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Essential Oil in Beef Burger. *J. Agr. Sci. Tech*, 17, 817–826.
- Sharifan, A., Shafiee, M., & Tabatabaee, A. (2018). Evaluation of Antimicrobial Effect of *Cinnamomum verum* Methanolic Extract and Essential Oil: A Study on Bio-preservative in Ketchup Sauce. *Journal of Chemical Health Risks*, 6(2), 113–124. <https://doi.org/10.22034/JCHR.2018.544136>
- Sharma, H., Mendiratta, S. K., Agarwal, R. K., Kumar, S., & Soni, A. (2017). Evaluation of anti-oxidant and anti-microbial activity of various essential oils in fresh chicken sausages. *Journal of Food Science and Technology*, 54(2), 279. <https://doi.org/10.1007/S13197-016-2461-Z>
- Sharma, S., Barkauskaite, S., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2021, May 1). Essential oils as additives in active food packaging. *Food Chemistry*, 343, 128–403. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128403>
- Sharmeen, J. B., Mahomoodally, F. M., Zengin, G., & Maggi, F. (2021). Essential Oils as Natural Sources of Fragrance Compounds for Cosmetics and Cosmeceuticals. *Molecules*, 26(3). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26030666>
- Sharmeen, J., Suroowan, S., Rengasamy, R. R. K., & Mahomoodally, M. F. (2020). Chemistry, bioactivities, mode of action and industrial applications of essential oils. *Trends in Food Science and Technology*, 101, 89–105. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.04.025>
- Shipraadeep, Karmakar, S., Sahay Khare, R., Ojha, S., Kundu, K., & Kundu, S. (2012). Development of probiotic candidate in combination with essential oils from medicinal plant and their effect on enteric pathogens: A review. *Gastroenterology Research and Practice*. <https://doi.org/10.1155/2012/457150>
- Siedentopp, U. (2008). El jengibre, una planta medicinal eficaz como medicamento, especia o infusión. *Revista Internacional de Acupuntura*, 2(3), 188–192. [https://doi.org/10.1016/S1887-8369\(08\)72011-8](https://doi.org/10.1016/S1887-8369(08)72011-8)
- Silva, C. de S., Figueiredo, H. M. de, Stamford, T. L. M., & Silva, L. H. M. da. (2019). Inhibition of *Listeria monocytogenes* by *Melaleuca alternifolia* (tea tree) essential oil in ground beef. *International Journal of Food Microbiology*, 293, 79–86.

<https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2019.01.004>

- Sindle, A., & Martin, K. (2021). Art of Prevention: Essential Oils - Natural Products Not Necessarily Safe. *International Journal of Women's Dermatology*, 7(3), 304–308. <https://doi.org/10.1016/J.IJWD.2020.10.013>
- Smaoui, S., Hsouna, A. Ben, Lahmar, A., Ennouri, K., Mtibaa-Chakchouk, A., Sellem, I., ... Mellouli, L. (2016). Bio-preservative effect of the essential oil of the endemic *Mentha piperita* used alone and in combination with BacTN635 in stored minced beef meat. *Meat Science*, 117, 196–204. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2016.03.006>
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., Jiménez-Martínez, C., Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP. Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2), 42. <https://doi.org/10.22201/FESZ.23958723E.2018.0.153>
- Speranza, B., & Corbo, M. R. (2010). Essential Oils for Preserving Perishable Foods: Possibilities and Limitations. In A. Bevilacqua, M. R. Corbo, & M. Sinigaglia (Eds.), *Application of Alternative Food-Preservation Technologies to Enhance Food Safety and Stability*, (pp. 35–57). Italy: Università degli Studi della Basilicata.
- Stratakos, A., & Koidis, A. (2016). Methods for Extracting Essential Oils. In V. Preedy (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 31–37). United States: Elsevier Science & Technology.
- Sun, X., Wang, J., Zhang, H., Dong, M., Li, L., Jia, P., ... Wang, L. (2021). Development of functional gelatin-based composite films incorporating oil-in-water lavender essential oil nano-emulsions: Effects on physicochemical properties and cherry tomatoes preservation. *LWT*, 142, 110987. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.110987>
- Tamjidi, F., Nasirpour, A., & Shahedi, M. (2012). Physicochemical and sensory properties of yogurt enriched with microencapsulated fish oil. *Food Science and Technology International*, 18(4), 381–390. <https://doi.org/10.1177/1082013211428212>
- Teneva, D., Denkova, Z., Denkova-Kostova, R., Goranov, B., Kostov, G., Slavchev, A., ... Degraeve, P. (2021). Biological preservation of mayonnaise with *Lactobacillus plantarum* LBRZ12, dill, and basil essential oils. *Food Chemistry*, 344, 128707. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.128707>
- Thuong, N. T., Luong, T. M., Hue, L. T., Linh, V. T. T., Thuy, N. T. B., & Huong, L. T. T. (2020). Chemical Compositions and Food Preservation Ability of White Turmeric Rhizomes Essential Oil. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), 612–623. <https://doi.org/10.31817/VJAS.2020.3.2.05>
- Tofiño, A., Ortega, M., Herrera, B., Fragoso, P., & Pedraza, B. (2017). Conservación microbiológica de embutido carnico artesanal con aceites esenciales *Eugenia caryophyllata* y *Thymus vulgaris*. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, (2), 30–41.

[https://doi.org/10.18684/bsaa\(v15\)EdiciónEspecialn2.576](https://doi.org/10.18684/bsaa(v15)EdiciónEspecialn2.576)

- Tomar, O., & Akarca, G. (2019). Effects of Ice Cream Produced with Lemon, Mandarin, and Orange Peel Essential Oils on Some Physicochemical, Microbiological and Sensorial Properties. *Kocatepe Veterinary Journal Kocatepe Vet J*, 12(1), 62–70. <https://doi.org/10.30607/kvj.499415>
- Tomova, T., Petelkov, I., Shopska, V., Denkova-Kostova, R., Kostov, G., & Denkova, Z. (2021). Production of Probiotic Wort-based Beverages with Grapefruit (citrus Paradisi L.) or Tangerine (citrus Reticulata L.) Zest Essential Oil Addition. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 20(2), 237–245. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2021.0902>
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014). Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science*, 79(7), R1231–R1249. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492>
- Tripathi, P., & Shukla, A. K. (2009). Application of essential oils for post harvest control of stem end rot of mango fruits during storage. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 1(4), 405–415. <https://doi.org/10.1504/IJPTI.2009.030689>
- Upadhyay, N., Singh, V. K., Dwivedy, A. K., Chaudhari, A. K., & Dubey, N. K. (2021). Assessment of nanoencapsulated Cananga odorata essential oil in chitosan nanopolymer as a green approach to boost the antifungal, antioxidant and in situ efficacy. *International Journal of Biological Macromolecules*, 171, 480–490. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2021.01.024>
- Utami, R., Kawiji, Khasanah, L. U., & Solikhah, R. (2018). The Effect of Edible Coating Enriched With Kaffir Lime Leaf Essential Oil (Citrus hystrix DC) on Beef Sausage Quality During Frozen Storage (-18°±2°C). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 333(1), 012070. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/333/1/012070>
- Utrera, M., Morcuende, D., Ganhão, R., & Estévez, M. (2014). Role of Phenolics Extracting from Rosa canina L. on Meat Protein Oxidation During Frozen Storage and Beef Patties Processing. *Food and Bioprocess Technology 2014 8:4*, 8(4), 854–864. <https://doi.org/10.1007/S11947-014-1450-3>
- Valencia, M. (2012). *Aprovechamiento de pétalos de rosa comestible para la producción de licor* (Universidad Central del Ecuador). Universidad Central del Ecuador. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/859/1/T-UCE-0017-16.pdf>
- Vital, A. C. P., Guerrero, A., Kempinski, E. M. B. C., Monteschio, J. de O., Sary, C., Ramos, T. R., ... Prado, I. N. do. (2018). Consumer profile and acceptability of cooked beef steaks with edible and active coating containing oregano and rosemary essential oils. *Meat Science*, 143, 153–158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.035>
- Vital, A. C. P., Guerrero, A., Ornaghi, M. G., Kempinski, E. M. B. C., Sary, C., Monteschio, J. de O., ... do Prado, I. N. (2018). Quality and sensory acceptability of fish fillet (Oreochromis niloticus) with alginate-based coating containing

- essential oils. *Journal of Food Science and Technology* 2018 55:12, 55(12), 4945–4955. <https://doi.org/10.1007/S13197-018-3429-Y>
- Wang, Y., Zhang, Q., Bian, W., Ye, L., Yang, X., & Song, X. (2020). Preservation of traditional Chinese pork balls supplemented with essential oil microemulsion in a phase-change material package. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2288–2295. <https://doi.org/10.1002/JSFA.10262>
- WHO. (2015). WHO Estimates of the Global Burden of Foodborne Diseases. *World Health Organization Global*. Retrieved from https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/199350/9789241565165_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Wu, C., Wang, L., Hu, Y., Chen, S., Liu, D., & Ye, X. (2016). Edible coating from citrus essential oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and preservation performance. *RSC Advances*, 6(25), 20892–20900. <https://doi.org/10.1039/C6RA00757K>
- Wu, Z., Tan, B., Liu, Y., Dunn, J., Martorell Guerola, P., Tortajada, M., ... Ji, P. (2019). Chemical Composition and Antioxidant Properties of Essential Oils from Peppermint, Native Spearmint and Scotch Spearmint. *Molecules*, 24(15), 2825. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES24152825>
- Xi, B., Gao, Y., Guo, T., Li, W., Yang, X., & Du, T. (2020). Study on Preservation of Chilled Beef with Natural Essential Oil Nanocapsules. *Journal of Chemistry*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8123254>
- Xiong, Y., Li, S., Warner, R. D., & Fang, Z. (2020). Effect of oregano essential oil and resveratrol nanoemulsion loaded pectin edible coating on the preservation of pork loin in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 114, 107226. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2020.107226>
- Xylia, P., Chrysargyris, A., & Tzortzakis, N. (2021). The Combined and Single Effect of Marjoram Essential Oil, Ascorbic Acid, and Chitosan on Fresh-Cut Lettuce Preservation. *Foods* 2021, Vol. 10, Page 575, 10(3), 575. <https://doi.org/10.3390/FOODS10030575>
- Yoriska, D. P., Praseptianga, D., & Khasanah, L. U. (2019). Panelist acceptance level and characterization of physical and chemical properties on dark chocolate bar with addition of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.) leaf essential oil. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 633(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/633/1/012031>
- Yousefi, M., Khorshidian, N., & Hosseini, H. (2020). Potential Application of Essential Oils for Mitigation of *Listeria monocytogenes* in Meat and Poultry Products. *Frontiers in Nutrition*, 7, 255. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2020.577287/BIBTEX>
- Yuan, G., Chen, X., & Li, D. (2016). Chitosan films and coatings containing essential oils: The antioxidant and antimicrobial activity, and application in food systems. *Food Research International*, 89, 117–128. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2016.10.004>
- Zambrano, K., & Yautibug, W. (2019). *Extracción de aceite esencial del árbol de palo*

santo (Bursera Graveolens) y su aplicación culinaria (Universidad de Guayaquil). Universidad de Guayaquil. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/42180/1/BINGQ-GS-19P35.pdf>

- Zavaleta, M., Echeverría, C., León-Vargas, J., Lescano, L., Sánchez-González, J., Linares, G., ... Ejército, D. (2020). Coverage of chitosan and essential cinnamon oil for strawberry conservation (*Fragaria ananassa*) var. Aroma, minimally processed. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 1–8. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.470>
- Zhang, G., Gu, L., Lu, Z., Yuan, C., & Sun, Y. (2019). Browning control of fresh-cut Chinese yam by edible coatings enriched with an inclusion complex containing star anise essential oil. *RSC Advances*, 9(9), 5002–5008. <https://doi.org/10.1039/C8RA08295B>
- Zhang, J., Wang, Y., Pan, D. D., Cao, J. X., Shao, X. F., Chen, Y. J., ... Ou, C. R. (2016). Effect of black pepper essential oil on the quality of fresh pork during storage. *Meat Science*, 117, 130–136. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2016.03.002>
- Zhang, W., Jiang, H., Rhim, J. W., Cao, J., & Jiang, W. (2021). Effective strategies of sustained release and retention enhancement of essential oils in active food packaging films/coatings. *Food Chemistry*, 367, 130671. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.130671>
- Zhang, Y.-P., Wang, X., Shen, Y., Thakur, K., Zhang, J.-G., Hu, F., & Wei, Z.-J. (2021). Preparation and Characterization of Bio-Nanocomposites Film of Chitosan and Montmorillonite Incorporated with Ginger Essential Oil and Its Application in Chilled Beef Preservation. *Antibiotics 2021, Vol. 10, Page 796*, 10(7), 796. <https://doi.org/10.3390/ANTIBIOTICS10070796>
- Zhang, Y., Zhou, L., Zhang, C., Show, P. L., Du, A., Fu, J. C., & Ashokkumar, V. (2020). Preparation and characterization of curdlan/polyvinyl alcohol/ thyme essential oil blending film and its application to chilled meat preservation. *Carbohydrate Polymers*, 247, 116670. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2020.116670>