

BIOACTIVIDAD DE LOS ACEITES ESENCIALES EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y SUS BENEFICIOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA²²⁹

BIOACTIVITY OF ESSENTIAL OILS IN FOOD PRODUCTS AND THEIR BENEFITS: A SYSTEMATIC REVIEW

Fidelia Tapia Tadeo²³⁰

Rosa Huaraca Aparco²³¹

Henry Palomino Rincón²³²

María Del Carmen Delgado Laime²³³

Juan Alarcón Camacho²³⁴

Maribel Surichaqui Vivanco²³⁵

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.²³⁶

²²⁹ Derivado del proyecto de investigación: Bioactividad de los aceites esenciales en productos alimenticios y sus beneficios: Una revisión sistemática.

²³⁰ Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú

²³¹ Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú, rhuaraca@unajma.edu.pe

²³² Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú

²³³ Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú

²³⁴ Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú.

²³⁵ Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú

²³⁶ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org



BIOACTIVIDAD DE LOS ACEITES ESENCIALES EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y SUS VENEFICIOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA²³⁷

Fidelia Tapia Tadeo²³⁸, Rosa Huaraca Aparco²³⁹, Henry Palomino Rincón²⁴⁰, María Del Carmen Delgado Laime²⁴¹, Juan Alarcón Camacho²⁴², Maribel Surichaqui Vivanco²⁴³

RESUMEN

El interés por el uso conservantes naturales en la industria alimentaria ha impulsado el estudio de los aceites esenciales en plantas como potenciales aditivos. Sin embargo, la literatura se ha centrado en los aceites esenciales, con muy pocos estudios publicados sobre extractos acuosos, su composición antioxidante y bioactividad. Se realizó una revisión sistemática de diferentes bases de datos siguiendo las directrices PRISMA para evaluar la relevancia del contenido fenólico de diferentes especias aromáticas (orégano, romero y tomillo) en relación con su bioactividad y potencial aplicación como aditivos alimentarios. Aunque en la literatura se han aplicado diferentes métodos de extracción, ha aumentado el uso de enfoques ecológicos que utilizan etanol y disolventes eutécticos profundos, lo que ha llevado al desarrollo de productos más aptos para el consumo humano. Las plantas estudiadas presentan un interesante perfil fenólico, que va desde ácidos fenólicos hasta flavonoides, estableciéndose una correlación entre su contenido fenólico y su bioactividad. En este sentido, los resultados han demostrado ser muy prometedores, ya que presentan que esos extractos tienen una bioactividad similar, si no superior, a la de los aditivos sintéticos que ya se utilizan, con los riesgos de salud asociados. Sin embargo, el estudio de los extractos fenólicos de las especias se limita de alguna manera a estudios *in vitro*. Por lo tanto, se necesita investigación en matrices alimentarias para comprender mejor los factores que interfieren con su actividad de conservación.

²³⁷ Derivado del proyecto de investigación: Bioactividad de los aceites esenciales en productos alimenticios y sus beneficios: Una revisión sistemática.

²³⁸ Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú

²³⁹ Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú, rhuaraca@unajma.edu.pe

²⁴⁰ Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú

²⁴¹ Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú

²⁴² Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú.

²⁴³ Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú



ABSTRACT

The interest in the use of natural preservatives in the food industry has driven the study of essential oils in plants as potential additives. However, the literature has focused on essential oils, with very few studies published on aqueous extracts, their antioxidant composition and bioactivity. A systematic review of different databases was carried out following PRISMA guidelines to evaluate the relevance of the phenolic content of different aromatic spices (oregano, rosemary and thyme) in relation to their bioactivity and potential application as food additives. Although different extraction methods have been applied in the literature, the use of green approaches using ethanol and deep eutectic solvents has increased, leading to the development of products more suitable for human consumption. The plants studied present an interesting phenolic profile, ranging from phenolic acids to flavonoids, establishing a correlation between their phenolic content and their bioactivity. In this sense, the results have proven to be very promising, since they show that these extracts have a bioactivity similar, if not superior, to that of the synthetic additives that are already used, with the associated health risks. However, the study of phenolic extracts from spices is somewhat limited to in vitro studies. Therefore, research on food matrices is needed to better understand the factors that interfere with their preservation activity.

PALABRAS CLAVE: Aceite esencial, Fenoles, antioxidantes, conservante alimentario.

Keywords: Essential oil, Phenols, antioxidants, food preservative.



Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de plantas que constan de un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo y pueden sintetizarse utilizando la vía del ácido shikímico o del acetato (7). Se han descrito más de 8000 compuestos fenólicos en MAP, que comúnmente se clasifican como ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos (13).

Los compuestos fenólicos son conocidos por su actividad antioxidante y antimicrobiana, lo que ha mantenido su interés en la industria alimentaria (14,15,16). El aceite esencial de clavo (CEO) se ha utilizado tradicionalmente para tratar heridas y quemaduras, así como en el tratamiento de infecciones dentales y dolor de muelas. Además, varios informes han documentado otras bioactividades del CEO, como antiviral, antimicrobiano y antifúngico y antioxidante, entre muchas otras (17). La adición de estos compuestos al embalaje para protección antimicrobiana ya ha sido estudiada en varias formas: (a) en estructuras especiales que los contienen, (b) en su forma volátil o no volátil, como polímeros, (c) como recubrimiento polimérico. (d) unidos a través de enlaces iónicos o covalentes, o (e) intrínsecamente en el embalaje. De manera similar, por su control de la oxidación de lípidos y pigmentos, se han estudiado en los alimentos como (a) una capa comestible o (b) liberados en su superficie (18). Con la intención de extraer y concentrar estos compuestos, se ha estudiado la implementación de técnicas de extracción tanto convencionales como más avanzadas (17). Además, también se ha demostrado que los aceites esenciales son eficaces para inhibir el crecimiento y reducir el número de patógenos transmitidos por los alimentos, como *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *S. albus*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella Dysenteriae*, y *Listeria monocytogenes* (19,20). El propósito de esta revisión es analizar sobre la aplicación y su importancia de los aceites esenciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estrategia de búsqueda

Para el estudio se aplicó el método PRISMA, donde se revisaron las diferentes bases de datos como Scopus y Pubmed, donde se procedió a seleccionar artículos relacionados al tema, incluida la composición fenólica de los extractos y su bioactividad en estudios *in vitro* y



aplicados a alimentos. Esta revisión se centra en revisiones sistemáticas, metanálisis y estudios controlados aleatorios publicados desde los años 2001-2022. No se aplicó ningún filtro de idioma. Los criterios de exclusión fueron: (1) artículos de acceso restringido, (2) no relación con el tema de estudio y (3) artículos centrados en aceites esenciales de especias.

Además, se siguió el proceso PICO utilizando los siguientes parámetros: (1) Población: análisis *in vitro*; (2) Intervención: actividad antioxidante y antimicrobiana; (3) Comparación: alimentación humana; y (4) Resultado: que el uso de plantas aromáticas con la función tecnológica sea posible, sustentable e innovador.

En cuanto a los criterios de elegibilidad, se excluyeron del análisis los artículos que no se centraban en el tema de interés, incluidos los artículos que evaluaban aceites esenciales y aquellos que no incluían las familias de plantas seleccionadas.

Fórmulas de búsqueda y palabras clave

Las fórmulas de búsqueda y las palabras clave utilizadas en la presente revisión sistemática han variado según el interés en cuestión: (a) Para compuestos fenólicos: (Hierbas o Especias o Plantas aromáticas o extracto de plantas) y (Compuestos fenólicos o polifenoles o compuestos bioactivos) y (Métodos de extracción o métodos de caracterización); (b) Para actividad antioxidante: (Hierbas o Especias o Plantas aromáticas o extracto de plantas) y (Compuestos fenólicos O polifenoles O compuestos bioactivos) Y (Antioxidantes O Antioxidantes naturales) Y (Orégano U Origanum O Tomillo O *Thymus serpyllum* O Timoplanta O Romero); (c) Para actividad antimicrobiana: (Hierbas O Especias O extracto de plantas) Y (Compuestos fenólicos O polifenoles O compuestos bioactivos) Y (Antimicrobianos O Antivirales) Y (Conservación de alimentos O Seguridad alimentaria).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad antioxidante y principales compuestos fenólicos identificados en plantas aromáticas



La familia Lamiaceae incluye especies comercialmente importantes cuyos AEs han sido ampliamente estudiados. Entre ellos, son comunes el orégano griego (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*), el romero (*Rosmarinus officinalis*), la salvia griega (*Salvia fruticosa*), la melisa (*Melissa officinalis*) y la menta verde (*Mentha spicata*), que se investigan en el presente estudio. Plantas de la flora mediterránea. El orégano griego es una planta endémica de la región mediterránea, rica en AE, cuyos componentes principales son carvacrol y timol, seguidos de p-cimeno y γ -terpineno. También contiene taninos y ácidos fenólicos (clorogénico y rosmarínico), así como flavonoides, a saber, naringenina, apigenina, luteolina y quercetina. Pueden existir diferentes composiciones de EO debido a diferentes subespecies de orégano, quimiotipos, orígenes de plantas, métodos de destilación, etc. Los EO de orégano y los extractos acuosos tienen fuertes propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y antiproliferativas asociadas con la presencia de compuestos bioactivos específicos (21).

El romero, principalmente autóctono de Asia y la región mediterránea, es rico en AE y contiene principalmente 1,8-cineol, α -pineno, alcanfor, borneol, verbenona y α -terpineol. La mayoría de los compuestos fenólicos no volátiles que se encuentran en sus extractos incluyen ácido clorogénico, ácido rosmarínico y los diterpenos ácido carnósico y carnosol (22). Numerosos estudios han informado sobre las actividades biológicas del romero, incluidas propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antidiabéticas, antibacterianas y de mejora cognitiva.

La menta verde, originaria de la región mediterránea y del sur de Asia templada, se utiliza en infusiones de hierbas y como agente aromatizante en varias preparaciones alimenticias y productos para el cuidado de la salud. La carvona, el componente volátil más frecuente del AE de menta verde, es responsable de su sabor y aroma distintivos. Otros componentes del AE incluyen limoneno, pulegona, linalol, 1,8-cineol, piperitona, mentona e isomentona (23). Además, se han informado en los extractos de menta verde varios componentes bioactivos, entre ellos flavonoides, ácidos fenólicos, triterpenoides y esteroides.

Además, los extractos de orégano se han aplicado con éxito en matrices alimentarias. Se encuentran estudios de diferentes especias incluidas en matrices alimentarias con actividad antioxidante, así como una comparación con otros aditivos antioxidantes comunes. En este



sentido, el uso de extractos ricos en polifenoles proporcionó un mayor efecto antioxidante en la carne cocida que en la carne cruda, y las proteínas de la carne afectaron en gran medida la actividad antioxidante (24).

Los extractos de romero exhiben una alta actividad antioxidante constante a través de diferentes ensayos y estudios (25, 23). Estos resultados han demostrado el potencial de estos extractos y, por tanto, han establecido el interés del estudio de la eficacia de los extractos de romero sobre la protección oxidativa de matrices alimentarias. De hecho, diferentes estudios han considerado su aplicación sobre matrices cárnicas. Sus extractos fenólicos han sido evaluados previamente por la EFSA y aprobados por la Unión Europea para su uso como aditivo antioxidante dietético (26). Estos extractos han sido evaluados principalmente en diferentes alimentos a base de carne, con una protección efectiva contra la oxidación de lípidos y proteínas en condiciones de almacenamiento (27,28, 29). Además, los extractos de romero han demostrado ser más eficaces que los antioxidantes sintéticos butilhidroxianisol (BHA) y butilhidroxitolueno (BHT) para la prevención de sustancias superiores reactivas al valor del ácido tiobarbitúrico (TBARS) o la pérdida de color en salchichas crudas congeladas, algo que se analizará más adelante. a continuación (28). En Karre et al. (2013), los extractos fenólicos de romero protegieron eficazmente de la oxidación la carne de pavo, la carne molida de res y de cerdo envasada al vacío y la carne de res cocida molida (30).

De manera similar, la eliminación de radicales libres de los extractos de tomillo parece ser similar entre los diferentes estudios y especies consideradas (31,32,33). En Mascoloti et al. En 2022, los extractos de tomillo presentaron una actividad antioxidante prometedora, con la capacidad de contrarrestar la peroxidación lipídica en ensayos TBARS con una IC50 inferior a 26 ug/ml (33).

La literatura es escasa sobre el estudio de la actividad antioxidante de los extractos de jengibre. En este sentido, se evaluó la actividad antioxidante de diferentes extractos en diferentes formulaciones, y los resultados obtenidos de mayor a menor actividad son los siguientes: jengibre seco > jengibre asado > jengibre carbonizado > jengibre fresco (34).

El aceite esencial de clavo (CEO) se ha utilizado tradicionalmente para tratar heridas y quemaduras, así como en el tratamiento de infecciones dentales y dolor de muelas. Además, varios informes han documentado otras bioactividades del CEO, como antiviral,



antimicrobiano y antifúngico y antioxidante, entre muchas otras. El papel eficaz del CEO en el tratamiento de diversas patologías se atribuye a la presencia de varios componentes químicos. En este sentido, se ha descrito que el compuesto mayoritario del CEO es el eugenol (al menos un 50%), seguido del β -cariofileno (5-15%) y en menor cantidad el α -cariofileno (también llamado α -humuleno). y acetil eugenol (35,36). Sin embargo, cada CEO puede diferir en su composición química y bioactividad debido a diferentes factores como las condiciones agroecológicas, los factores genéticos, la variedad o los procesos de extracción empleados para su obtención (37)

La literatura revisada muestra la gran variación y dificultad en la comparación de los resultados de actividad antioxidante presentes en la literatura y su relación con el contenido fenólico de la planta. Además, las variaciones en las diferentes especias y estudios pueden deberse a múltiples factores, como diferencias en los cultivares, las estaciones o la exposición al sol, que pueden dar como resultado un perfil fenólico alterado (38). El uso de diferentes ensayos y condiciones de extracción, así como la falta de estandarización, sólo enfatiza esa situación.

Aplicabilidad de los aceites esenciales en productos alimenticios

Los AE se utilizan como una alternativa natural para la preservación de los alimentos. Para ello, se valorizan agregándolos a productos alimenticios, ya sea mediante mezcla directa o en recubrimientos comestibles y envases activos (39). Varios AE tienen estatus GRAS (generalmente reconocidos como seguros), incluidos los AE de albahaca, canela, clavo, cilantro, jengibre, lavanda, mentol, nuez moscada, orégano, rosa, salvia y tomillo. El constituyente de AE informado comprende carvacrol, carvona, citral, cinamaldehído, eugenol, limoneno, linalool, timol y vainillina, sin efectos antagonistas para la salud humana (40). En el estudio realizado por Macchia et al., 2022, se evaluó in situ la eficacia de los AE puros de eucalipto, albahaca, clavo, tomillo, pino y árbol de té y se comparó con un biocida convencional a base de sales de amonio cuaternario. Las pruebas revelaron resultados positivos en cuanto a la sinergia de los aceites esenciales, mostrando una mayor eficacia biocida (41).



En las últimas décadas, la resistencia bacteriana ha sido una de las principales amenazas para la salud mundial (42). Los metabolitos secundarios de las plantas, como los AE, los compuestos fenólicos, los alcaloides, las lectinas/polipéptidos y los poliacetilenos, representan una alternativa para reducir este problema (43). Los principales patógenos implicados en el deterioro de los productos alimenticios y en la causa de enfermedades transmitidas por los alimentos son *E.*

coli, *Clostridium* spp., *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila*, *S. cerevisiae*, *Penicillium expansum* y *Listeria monocytogenes* (44). Fernández-López y Viuda-Martos completaron una revisión en 2018 y demostraron la amplia aplicación de los AE al tener en cuenta la cantidad de publicaciones científicas encontradas cuando las palabras “antioxidante” (1920 resultados), “antimicrobiano” (2473 resultados), o ambos (973 resultados) se utilizaron como palabras clave junto con EO (45). Los AE se utilizan como bioconservantes en todo tipo de alimentos con diversas aplicaciones en el segmento de alimentos para carne, pescado, mariscos, pan, cereales, leche, productos lácteos, frutas y verduras (especialmente productos cortados) para mejorar la calidad y seguridad de los productos.

Frutas y vegetales

Las frutas y verduras son cada vez más reconocidas por sus beneficios para la salud, principalmente por su contenido de nutrientes y fibra, aunque se caracterizan por una vida útil corta debido a la pérdida de peso y al deterioro, causado principalmente por la actividad fúngica. *Botrytis cinerea* aparece con mucha frecuencia en frutos durante el periodo de poscosecha (46). Para beneficiarse de frutas y verduras frescas en el menor tiempo posible, la industria alimentaria ha lanzado el concepto de “alimentos recién cortados”, lo que implica que las frutas o verduras fueron alteradas físicamente, pero se mantuvieron frescas. Además de los beneficios para la salud, los alimentos recién cortados son atractivos (apariciencia, gusto y sabor frescos) y están listos para comer (47). Entre las ventajas de este segmento de productos está el hecho de que requieren menos tiempo para ser preparados y consumidos. Estos productos son muy convenientes para los clientes porque ya están limpios y recortados, lo que reduce el tiempo de preparación. Si bien las frutas y verduras frescas cortadas (FCFV) tienen algunos beneficios (cómodas, portátiles y fáciles de comer) sobre el



producto completo, la industria y los procesos seguidos para preservar su frescura y calidad (libre de microorganismos patógenos) enfrentan desafíos considerables (48). Si bien los beneficios para la salud de los productos recién cortados han persuadido a los consumidores a aumentar su consumo, los estudios han revelado que el número de enfermedades causadas por *Salmonella enterica*, *Escherichia coli*, *Shigella* spp., *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia* spp. y *Bacillus cereus* también han aumentado (49).

Productos a base de cereales

En la agricultura los productos del campo suelen presentar problemas fúngicos y los efectos antifúngicos de algunos AE ya se valoran en entornos industriales: romero, clavo, tomillo, sésamo y ajo son sólo algunas de especies vegetativas con AE que suelen ser productos comerciales para mitigar problemas de cultivos. (50) Lee et al., 2017, utilizaron AE de ajo, cebolla, jengibre, hinojo y pimienta negra en películas de arroz multicapa hechas de harina de arroz y LDPE (polietileno de baja densidad) como posible insecticida contra la infestación de larvas de *Plodia interpunctella* en cereales *almacenados*. El AE de ajo y cebolla tuvo el mejor efecto antiinsectos, y el disulfuro de alilo, extraído del ajo, se utilizó además para envasar arroz integral con una buena evaluación sensorial (51). Los AE cargados en nanoportadores de lípidos (nanoemulsiones, nanopartículas de lípidos sólidos y liposomas) inhiben los patógenos alimentarios mediante cambios en la morfología y funcionalidad celular (ribosomas y citoplasma), la interrupción de la cadena de transporte de electrones y la inhibición de la liberación de toxinas bacterianas, y pueden utilizarse para conservar cereales y harinas (51). El AE de orégano *majorana* encapsulado en una nanoemulsión a base de quitosano inhibió la peroxidación lipídica y la producción de AFB1 (aflatoxina B1) en maíz sin afectar las propiedades sensoriales, siendo un agente antifúngico prometedor para los cultivos (52). Se agregaron aceites de canela y clavo a una película a base de pectina y se aplicaron al pan para reducir el deterioro y aumentar la vida útil. El cinamaldehído del AE de canela y el eugenol del AE de clavo ofrecieron una buena protección antifúngica contra *Penicillium* y *Aspergillus*, aumentando la vida útil del pan en 4 días (53). Das et al., 2019, concluyeron que el aceite esencial de *Coriandrum sativum* (CSEO) y la nanoemulsión



de CSEO encapsulada tienen una mayor potencia en la supresión de la producción in situ de aflatoxina B1 en semillas de arroz almacenadas que una infestación por hongos (54).

Productos lácteos

En el queso, la principal preocupación es el deterioro microbiano debido a hongos y bacterias. La incorporación de AE en los envases activos de queso tiene beneficios como aumentar la vida útil de los productos de queso, pero presenta una serie de limitaciones: las proteínas del queso interactúan con los compuestos fenólicos del AE; las grasas rodean los componentes hidrófobos del AE, que pueden interferir con su actividad antimicrobiana; la estructura física del queso puede limitar la disponibilidad de OE para las células microbianas; el intenso aroma del AE puede interactuar con el sabor del queso (55). Se añadió AE de orégano o ajo a una película comestible de proteína de suero (WPI) y se aplicó al queso Kasar en lonchas para proporcionar una reducción microbiana durante el almacenamiento del queso. El ajo EO-WPI fue menos eficaz que el orégano EO-WPI en la protección microbiana, asegurando 15 días de vida útil y contribuyendo a reducir el desperdicio de alimentos (56, 57).

3.5. Carne y productos cárnicos

Se incorporó AE de romero en un bionanocompuesto a base de quitosano y montmorillonita (MMT) para desarrollar un envase activo para carne fresca de ave. Aumentó el tiempo de almacenamiento hasta 15 días al inhibir la peroxidación lipídica y la decoloración y garantizar la seguridad microbiológica, pero el MMT interactuó con la envoltura plástica utilizada para el empaque primario. En un entorno industrial, o el productor de carne fresca de ave elige otra forma de envasado primario, o el envasado activo debe consistir en películas de quitosano enriquecidas con AE de romero, sin MMT (58). Vital et al., 2018, cubrieron carne de res con una capa de alginato enriquecida con 0,1% de AE de romero u orégano y llevaron a cabo un análisis sensorial de filetes para determinar la aceptabilidad del recubrimiento de AE por parte de los consumidores. Aunque ambos AE tienen un sabor fuerte, los panelistas prefirieron el filete recubierto con AE de orégano, lo que demuestra la importancia de elegir el sabor apropiado al diseñar un empaque activo para carne (59). El EO



de la piel, las branquias y los intestinos de la carpa se reduce con citral y linalol a 20 °C durante 48 h (66).

CONCLUSIONES

Los resultados reportados en esta En el presente estudio, se evaluaron las propiedades antibacterianas y antioxidantes de los extractos fenólicos obtenidos de SR retenidos después de la destilación de EO de cinco especies, a saber, orégano griego, romero, menta verde, bálsamo de limón y salvia griega. Según los resultados, los extractos fenólicos fueron bastante eficaces contra las especies Gram positivas. Los extractos de romero y salvia griega exhibieron las actividades antibacterianas más fuertes contra todas las cepas de bacterias Gram positivas analizadas (*L. monocytogenes*, *S. aureus*, *B. subtilis*, *B. licheniformis* y *B. cereus*), incluso en una concentración de 750 mg. /L, mientras que los extractos de menta verde y orégano griego fueron menos efectivos para las bacterias Gram positivas y solo tuvieron efecto en la mayor concentración utilizada. El extracto de melisa no mostró ningún efecto inhibitorio; sin embargo, tuvo la concentración fenólica más alta y mostró una actividad antioxidante moderada, junto con la menta verde. Aunque los extractos griegos de orégano y bálsamo de limón exhibieron la actividad antibacteriana más baja, pueden usarse como componentes antioxidantes en productos alimenticios. Los principales componentes fenólicos se identificaron mediante LC/MS en todos los extractos SR. En los extractos de romero y salvia griega, los principales compuestos reconocidos fueron el ácido rosmarínico, carnosol y ácido carnósico, mientras que, en los extractos griegos de orégano, menta verde y bálsamo de limón, hubo isómeros del ácido salvianólico y ácido rosmarínico. La utilización de aceites esenciales en envases de alimentos activos parece ser una solución realista para prolongar la vida útil de los productos alimenticios y mantener su seguridad, calidad e integridad. Aunque se han logrado varias patentes debido al resultado positivo de la incorporación de AE en envases de alimentos, no hay información disponible en la literatura sobre su uso comercial.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Angane, M.; Rápido, S.; Huang, K.; Colillas, California; Quek, SY Aceites esenciales y sus componentes principales: una revisión actualizada sobre las actividades antimicrobianas, el mecanismo de acción y su posible aplicación en la industria alimentaria. *Alimentos* **2022** , *11* , 464.

Farcas, AC, Galanakis, CM, Socaciu, C., Pop, OL, Tibulca, D., Paucean, A., ... & Socaci, SA (2020). Seguridad alimentaria durante la pandemia y la importancia de la bioeconomía en la nueva era. *Sostenibilidad* , *13* (1), 150.

Basavegowda, N.; Baek, KH Ventajas sinérgicas antioxidantes y antibacterianas de los aceites esenciales para aplicaciones de envasado de alimentos. *Biomoléculas* **2021** , *11* , 1267

Lourenço, SC, Moldão-Martins, M. y Alves, VD (2019). Antioxidantes de origen vegetal natural: desde las fuentes hasta las aplicaciones en la industria alimentaria. *Moléculas* , *24* (22), 4132.

Perricone, M.; Arace, E.; Corbo, señor; Sinigaglia, M.; Bevilacqua, A. Bioactividad de los aceites esenciales: una revisión de su interacción con los componentes de los alimentos. *Frente. Microbiol.* **2015** , *6* , 76.

Bhavaniramy, S.; Vishnupriya, S.; Al-Abodyy, MS; Vijayakumar, R.; Baskaran, D. Papel de los aceites esenciales en la seguridad alimentaria: aplicaciones antimicrobianas y antioxidantes. *Ciencia del aceite de cereales. Tecnología.* **2019** , *2* , 49–55.

Shaaban, AH Aceite esencial como agentes antimicrobianos: cuestiones de eficacia, estabilidad y seguridad para aplicaciones alimentarias. En *Aceites esenciales: compuestos bioactivos, nuevas perspectivas y aplicaciones* ; IntechOpen: Rijeka, Croacia, 2020.



Semeniuc, CA; Pop, CR; Rotar, AM Actividad antibacteriana e interacciones de combinaciones de aceites esenciales de plantas contra bacterias Gram positivas y Gram negativas. *J. Anal de drogas alimentarias*. **2017** , 25 , 403–408.

Marín, I.; Sayas-Barberá, E.; Viuda-Martos, M.; Navarro, C.; Sendra, E. Composición química, actividad antioxidante y antimicrobiana de aceites esenciales de hinojo, perejil y lavanda orgánicos de España. *Alimentos* **2016** , 5 , 18.

Predoi, D.; Iconoru, SL; Butón, N.; Badea, ML; Marutescu, L. Actividad antimicrobiana de nuevos materiales a base de aceites esenciales de lavanda y albahaca e hidroxiapatita. *Nanomateriales* **2018** , 8 , 291.

Pop, A.; Musta, S.; Păucean, A.; Chis, S.; Hombre, S.; Salanță, L.; Marc, R.; Mureșan, A.; Marțiș, G. Hierbas y especias en términos de conservación y vida útil de los alimentos. *Hop Med. Plantas* **2019** , 27 , 57–65.

Chouhan, S.; Sharma, K.; Guleria, S. Actividad antimicrobiana de algunos aceites esenciales: estado actual y perspectivas futuras. *Medicamentos* **2017** , 4 , 58. [

Masyita, A.; Sarí, RM; Astuti, AD; Yasir, B.; Rumata, NR; Emran, tuberculosis; Nainu, F.; Simal-Gandara, J. Terpenos y terpenoides como principales compuestos bioactivos de los aceites esenciales, sus funciones en la salud humana y su posible aplicación como conservantes naturales de alimentos. *Química de los alimentos. X* **2022** , 13 , 100217.

Martín, N.; Barros, L.; Ferreira, ICFR Actividad antioxidante *in vivo* de compuestos fenólicos: hechos y lagunas. *Tendencias Ciencia de los alimentos. Tecnología*. **2016** , 48 , 1–12.

Takó, M.; Kerekes, EB; Zambrano, C.; Kotogán, A.; Papp, T.; Krisch, J.; Vágvölgyi, C. Fenólicos vegetales y extractos enriquecidos en fenólicos como agentes antimicrobianos contra microorganismos contaminantes de alimentos. *Antioxidantes* **2020** , 9 , 165.



MA; Atanasov, AG; Brnčić, M.; Brnčić, SR El efecto de los antioxidantes naturales sobre la calidad y la vida útil de la carne vacuna y sus productos. *Tecnología alimentaria. Biotecnología*. **2019** , 57 , 439.

Rocío Teruel, M.; Garrido, MD; Espinosa, MC; Linares, MB Efecto de extractos de romero (*Rosmarinus officinalis*) en diferentes formatos solventes sobre la calidad de los nuggets de pollo congelados. *Química de los alimentos*. **2015** , 172 , 40–46.

Reglamento, Comisión Europea. N° 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre Aditivos Alimentarios. *Apagado. J. Eur. Unión* **2008** , 354 , 16–33.

Nissen, LR; Byrne, DV; Bertelsen, G.; Skibsted, LH La actividad antioxidante de extractos de plantas en hamburguesas de cerdo cocidas evaluadas mediante perfiles sensoriales descriptivos y análisis químicos. *Ciencia de la carne*. **2004** , 68 , 485–495.

Sebranek, JG; Sewalt, VJH; Robbins, KL; Houser, TA Comparación de un extracto natural de romero y BHA/BHT para determinar la eficacia antioxidante relativa en salchichas de cerdo. *Ciencia de la carne*. **2005** , 69 , 289–296.

Jayathilakan, K.; Sharma, GK; Radhakrishna, K.; Bawa, AS Potencial antioxidante de los antioxidantes sintéticos y naturales y su efecto sobre el sabor recalentado en diferentes especies de carne. *Química de los alimentos*. **2007** , 105 , 908–916.

Karré, L.; López, K.; Getty, KJK Antioxidantes naturales en productos cárnicos y avícolas. *Ciencia de la carne*. **2013** , 94 , 220–227.

Shan, B.; Cai, YZ; Sol, M.; Corke, H. Capacidad antioxidante de 26 extractos de especias y caracterización de sus constituyentes fenólicos. *J. Agrícola. Química de los alimentos*. **2005** , 53 , 7749–7759.



Vallverdú-Queralt, A.; Regueiro, J.; Martínez-Huélamo, M.; Rinaldi Alvarenga, JF; Leal, LN; Lamuela-Raventos, RM Un estudio exhaustivo sobre el perfil fenólico de hierbas y especias culinarias de uso generalizado: romero, tomillo, orégano, canela, comino y laurel. *Química de los alimentos*. **2014** , *154* , 299–307.

Mirón, TL; Plaza, M.; Bahrim, G.; Ibáñez, E.; Herrero, M. Composición química de extractos presurizados bioactivos de plantas aromáticas rumanas. *J. Cromatogr. A* **2011** , *1218* , 4918–4927.

Mascoloti Spréa, R.; Caleja, C.; Pinela, J.; Finimundy, TC; Calhelha, RC; Kostic, M.; Sokovic, M.; Prieto, MA; Pereira, E.; Amaral, JS; et al. Estudio comparativo sobre la composición fenólica y bioactividad *in vitro* de plantas medicinales y aromáticas de la familia Lamiaceae. *Res. alimentaria. En t.* **2022** , *161* , 111875.

Kim, ES; Yang, señor; Lee, Ohio; Kang, SN Actividades antioxidantes de extractos de agua caliente de diversas especias. *En t. J. Mol. Ciencia*. **2011** , *12* , 4120–4131.

Jayathilakan, K.; Sharma, GK; Radhakrishna, K.; Bawa, AS Potencial antioxidante de los antioxidantes sintéticos y naturales y su efecto sobre el sabor recalentado en diferentes especies de carne. *Química de los alimentos*. **2007** , *105* , 908–916.

Josipović, R.; Knežević, ZM; Frece, J.; Markov, K.; Kazazić, S.; Mrvčić, J. Propiedades mejoradas y seguridad microbiológica del nuevo requesón que contiene especias. *Tecnología alimentaria. Biotecnología*. **2015** , *53* , 454–462.

Pinto, T.; Aires, A.; Cosme, F.; Bacelar, E.; Morais, MC; Oliveira, I.; Ferreira-Cardoso, J.; Anjos, R.; Vilela, A.; Gonçalves, B. (Poli)fenoles bioactivos, compuestos volátiles de vegetales, plantas medicinales y aromáticas. *Alimentos* **2021** , *10* , 106.

Sharma, S.; Barkauskaite, S.; Jaiswal, Alaska; Jaiswal, S. Aceites esenciales como aditivos en envases de alimentos activos. *Química de los alimentos*. **2021** , *343* , 128403.



Masyita, A.; Sarí, RM; Astuti, AD; Yasir, B.; Rumata, NR; Emran, tuberculosis; Nainu, F.; Simal-Gandara, J. Terpenos y terpenoides como principales compuestos bioactivos de los aceites esenciales, sus funciones en la salud humana y su posible aplicación como conservantes naturales de alimentos. *Química de los alimentos. X* **2022** , 13 , 100217.

Macchia, A.; Aureli, H.; Prestileo, F.; Ortenzi, F.; Sellathurai, S.; Docci, A.; Cerafogli, E.; Colasanti, IA; Ricca, M.; La Russa, MF Estudio comparativo in situ de la eficacia biocida de los aceites esenciales de eucalipto, albahaca, clavo, tomillo, pino y árbol de té. *Protocolo de métodos.* **2022** , 5 , 37.

Aljeldah, MM Potencias antioxidantes y antimicrobianas del aceite esencial de *Asteriscus graveolens* perfilado químicamente contra cepas microbianas patógenas clínicamente importantes. *Moléculas* **2022** , 27 , 3539.

López-Romero, JC; González-Ríos, H.; Borges, A.; Simões, M. Efectos antibacterianos y modo de acción de componentes seleccionados de aceites esenciales contra *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* . *Complemento basado en Evid. Alternativo. Medicina.* **2015** , 2015 , 795435.

Quinto, EJ; Caro, I.; Villalobos-Delgado, LH; Mateo, J.; De-Mateo-silleras, B.; Redondo-Del-río, MP Seguridad alimentaria mediante antimicrobianos naturales. *Antibióticos* **2019** , 8 , 208.

Fernández-López, J.; Viuda-Martos, M. Introducción al número especial: Aplicación de aceites esenciales en sistemas alimentarios. *Alimentos* **2018** , 7 , 56.

Mastromatteo, M.; Conte, A.; Del Nobile, MA Uso combinado de envases en atmósfera modificada y compuestos naturales para la conservación de alimentos. *Ing. de Alimentos. Rev.* **2010** , 2 , 28–38.



Hamdan, N.; Lee, CH; Wong, SL; Fauzi, CENCA; Zamri, NMA; Lee, TH Prevención del pardeamiento enzimático mediante extractos naturales y edición del genoma: una revisión de los avances recientes. *Moléculas* **2022**, *27*, 1101.

Giannakourou, MC; Tsironi, TN Aplicación de obstáculos en el procesamiento y envasado para la conservación de frutas y verduras recién cortadas. *Alimentos* **2021**, *10*, 830.

Iwu, CD; Okoh, AI Rutas de transmisión previa a la cosecha de patógenos bacterianos asociados a productos frescos con potencial de brote: una revisión. *En t. J. Medio Ambiente. Res. Salud Pública* **2019**, *16*, 4407.

Bhavaniramy, S.; Vishnupriya, S.; Al-Abodyy, MS; Vijayakumar, R.; Baskaran, D. Papel de los aceites esenciales en la seguridad alimentaria: aplicaciones antimicrobianas y antioxidantes. *Ciencia del aceite de cereales. Tecnología.* **2019**, *2*, 49–55.

Lee, SH; Chang, Y.; Na, JH; Han, J. Desarrollo de películas multicapa antiinsectos para envases de arroz integral que previenen la infestación por *Plodia interpunctella* . *J. Productos almacenados. Res.* **2017**, *72*, 153–160.

Chaudhari, Alaska; Singh, VK; Das, S.; Deepika; Prasad, J.; Dwivedy, Alaska; Dubey, NK Mejora de la actividad antifúngica, inhibidora de AFB1 y antioxidante in vitro e in situ del aceite esencial de *Origanum majorana L.* mediante nanoemulsión y recomendándolo como nuevo conservante de alimentos. *Química de los alimentos. Toxicol.* **2020**, *143*, 111536.

Sachdeva, A.; Chopra, R.; Vashist, S.; Puri, D. Actividad antimicrobiana de la película de embalaje activa para prevenir el deterioro del pan. *En t. J. Ciencia de los alimentos. Nutrición.* **2017**, *2*, 29–37.

Das, S.; Singh, VK; Dwivedy, Alaska; Chaudhari, Alaska; Upadhyay, N.; Singh, P.; Sharma, S.; Dubey, NK Encapsulación en nanomatriz a base de quitosano como



tecnología verde eficiente para aumentar la eficacia antimicrobiana, antioxidante e in situ del aceite esencial de *Coriandrum sativum*. *En t. J. Biol. Macromol.* **2019**, *133*, 294–305.

Khorshidian, N.; Yousefi, M.; Khanniri, E.; Mortazavian, AM Posible aplicación de aceites esenciales como conservantes antimicrobianos en el queso. *Innovación. Ciencia de los alimentos. Emergente. Tecnología.* **2018**, *45*, 62–72.

Seydim, AC; Sarikus-Tutal, G.; Sogut, E. Efecto de las películas comestibles de proteína de suero que contienen aceites esenciales de plantas sobre la inactivación microbiana del queso *Kasar en rodajas*. *Paquete de alimentos. Vida útil* **2020**, *26*, 100567.

Mahcene, Z.; Khelil, A.; Hasni, S.; Bozkurt, F.; Goudjil, MB; Tornuk, F. Conservación casera de queso utilizando alginato de sodio a base de película comestible que incorpora aceites esenciales. *J. Ciencia de los alimentos. Tecnología.* **2021**, *58*, 2406–2419.

Souza, VGL; Pires, JRA; Vieira, ÉT; Coelho, IM; Duarte, diputado; Fernando, AL Actividad de bionanocompuestos de quitosano-montmorillonita incorporados con aceite esencial de romero: desde ensayos in vitro hasta su aplicación en carne fresca de ave. *Hidrocoll alimentario.* **2019**, *89*, 241–252.

Vital, ACP; Guerrero, A.; Kempinski, EMBC; Monteschio, JdO; Sary, C.; Ramos, TR; Campo, MdM; Prado, IND Perfil del consumidor y aceptabilidad de filetes de res cocidos con recubrimiento comestible y activo que contienen aceites esenciales de orégano y romero. *Ciencia de la carne.* **2018**, *143*, 153-158. Lin, L.; Zhu, Y.; Cui, H. Nanofibras de gelatina/aceite esencial de tomillo electrohiladas para envasado activo contra *Campylobacter jejuni* en pollo. *LWT* **2018**, *97*, 711–718.

Naseri, recursos humanos; Beigmohammadi, F.; Mohammadi, R.; Sadeghi, E. Producción y caracterización de películas comestibles a base de gelatina-quitosano que contienen aceite esencial de *Ferulago angulato* y su aplicación en la prolongación de la vida útil de la carne de pavo. *J. Proceso de los alimentos. Preservar.* **2020**, *44*, e14558.



Radünz, M.; dos Santos Hackbart, HC; Camargo, TM; Nunes, CFP; de Barros, FAP; Dal Magro, J.; Filho, PJS; Gandra, EA; Radünz, AL; da Rosa Zavareze, E. *Potencial antimicrobiano del aceite esencial de tomillo encapsulado (Thymus vulgaris)* secado por aspersión en la conservación de productos cárnicos similares a hamburguesas. *En t. J. Microbiol alimentario*. **2020** , 330 , 108696

Mozuraityte, R.; Standal, IB; Cropotova, J.; Budźko, E.; Rustad, T. Almacenamiento superfrío, refrigerado y congelado de caballa del Atlántico (*Scombrus scombrus*): efecto sobre los lípidos y los metabolitos de bajo peso molecular. *En t. J. Ciencia de los alimentos. Tecnología*. **2021**, 56 , 1918–1928.

Cropotova, J.; Mozuraityte, R.; Standal, IB; Grøvlen, MS; Rustad, T. Almacenamiento superfrío, refrigerado y congelado de filetes de caballa del Atlántico (*Scomber scombrus*): cambios en la textura, pérdida por goteo, solubilidad de proteínas y oxidación. *En t. J. Ciencia de los alimentos. Tecnología*. **2019**, 54 , 2228–2235.

Zhao, YM; Oliveira, M.; Burgess, CM; Cropotova, J.; Rustad, T.; Sol, DW; Tiwari, BK Efectos combinados del ultrasonido, el agua activada por plasma y el ácido peracético en la descontaminación de filetes de caballa. *LWT* **2021**, 150 , 111957.

Pescador, K.; Phillips, C. Posibles usos antimicrobianos de los aceites esenciales en los alimentos: ¿Son los cítricos la respuesta? *Tendencias Ciencia de los alimentos. Tecnología*. **2008**, 19 , 156-164.

