

Aceites esenciales en la conservación de alimentos: Una revisión

Essentials oils in food preservation: A review

Carlos Julio Tubay-Bermúdez¹, Luisa Ana Zambrano-Mendoza², Marcela María Loo Vera³, Karol Brigitte Moreira- Jimènez⁴, Karol Yannela Revilla-Escobar⁵

tubaycarlos21@outlook.es, luisa.zambranom@espam.edu.ec, marcelaloor131998@gmail.com, brigitte_2010@hotmail.com, revillak12@gmail.com

¹ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, <http://orcid.org/0000-0003-4129-5493>, Ecuador

² Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. <http://orcid.org/0000-0003-3498-9219>, Ecuador.

³ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. <https://orcid.org/0009-0001-9268-4301>, Ecuador

⁴ Universidade Da Beira Interior, <https://orcid.org/0000-0001-7873-8126>, Portugal

⁵ Universidad Nacional del Cuyo, <https://orcid.org/0000-0002-8734-1216>, Argentina

Recibido 27/12/2023; Aceptado: 05/02/2024

Resumen: Los aceites esenciales son una importante fuente de compuestos bioactivos (agentes antimicrobianos y antioxidantes), estos extractos han llamado el interés de la industria de los alimentos siendo considerados como productos nutraceuticos, por lo que pueden ser empleados como conservantes de origen natural, sustituyendo a los sintéticos cuyo uso se está limitando debido a los riesgos que podrían causar a la salud de los consumidores. Si bien la actividad bioactiva de los aceites esenciales ha sido demostrada a nivel in vitro, en diversas investigaciones, su efecto en los alimentos puede variar. En el presente trabajo, se hace una revisión bibliográfica en donde se recopilamos estudios en los que se aplicaron aceites esenciales en diferentes alimentos, lo cual permitió observar que su efecto podría verse influenciado por las características y método de extracción del aceite esencial, técnica de aplicación y naturaleza del alimento.

Palabras-clave: Actividad bioactiva; aplicación; extracto; método; volatilidad.

Abstract: Essential oils are an important source of bioactive compounds (antimicrobial and antioxidant agents), these extracts have attracted the interest of the food industry and are considered nutraceutical products, they can therefore be used as preservatives of natural origin, replacing synthetic preservatives whose use is being limited due to the risks they could cause to the health of consumers. Although the bioactive activity of essential oils has been demonstrated in vitro in several investigations, their effect on food may vary. In the present work, a bibliographic review is made in which studies in which essential oils were applied in different foods were compiled. This allowed us to observe that its effect could be influenced by the characteristics and method of extraction of the essential oil, application technique and nature of the food.

Keywords: Bioactive activity; application; extract; method; volatile.

1. Introducción

La conservación de alimentos surge a partir de la necesidad de extender su vida útil a través aditivos alimentarios (naturales, semisintéticos o sintéticos) cuya función es preservar y conservar sus cualidades (Wu et al., 2022) empleándose de forma directa o indirectamente durante el procesamiento, envasado, transporte o almacenamiento del alimento para producir efectos deseables específicos (Zhang et al., 2022).

Los aditivos químicos son los más utilizados en la industria alimentaria para evitar la descomposición e inhibir el crecimiento de microorganismos que hacen inseguro su consumo, Sin embargo, el número de investigaciones en las cuales se advierte sobre los efectos nocivos en la salud por el uso de aditivos sintéticos en alimentos ha aumentado en los últimos años. Así en diferentes investigaciones se han analizado los efectos nocivos para la salud que tendría el uso inadecuado de este tipo de conservantes (Sambu et al., 2022; Sulieman et al., 2023). Razón por la cual en los últimos años la creciente tendencia de los consumidores hacia productos seguros, que mantengan las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de los alimentos frescos ha incrementado (Adam Mariod, 2016).

Los extractos de origen natural, como los aceites esenciales (AE´s), han recibido una gran atención como aditivos naturales y posibles sustitutos de los derivados de origen sintético (El Khetabi et al., 2022), por su alto potencial antimicrobiano, antioxidante, antifúngico, antiviral e insecticida, que actúan contra microorganismos patógenos permitiendo obtener alimentos seguros, sanos y nutritivos (El-Kased & El-Kersh, 2022).

Sin embargo, según lo reportado por (Ameur et al., 2021; Cvetkovic et al., 2023; Hu et al., 2022), la composición química de los AE´s y su efecto en matrices alimentarias podría verse afectada por factores como: condiciones agroecológicas, climáticas, método y condiciones de extracción, concentración del AE e interacción del extracto con el alimento, razón por la cual, si bien estas sustancias son consideradas como seguras, es necesario considerar los aspectos antes enunciados.

2. Metodología

Para el presente trabajo de revisión bibliográfica, se consideraron investigaciones presentes en artículos científicos presentes en revistas las cuales se encuentran en bases de datos como Sciedirec, Scielo, Dialnet, Latindex, Wiley, Pubmed, Redalyc, Scopus. Para la búsqueda de información se utilizaron los siguientes términos: Conservación de alimentos, aditivos, aceites esenciales, métodos de aplicación de aceites esenciales y aplicación de AE's en alimentos. Se usaron tablas, en las cuales se esquematizaron ejemplos de estudios de aplicación de AE's en diferentes matrices alimentarias (lácteos, mariscos y pescados, cárnicos, frutas y hortalizas, aceites vegetales y cereales) en investigaciones realizadas en los últimos diez años.

3. Desarrollo

La aplicación de AE en los sistemas alimentarios como bioconservadores ha incrementado considerablemente, debido a la preocupación de los consumidores por los conservantes sintéticos (Barradas & De Holanda, 2021). Cabe indicar que, aunque los conservantes sintéticos reducen el deterioro de los alimentos estos pueden tener efectos adversos en la salud debido a que el consumo de estos, está relacionado con enfermedades respiratorias, cardiovasculares e incluso con cáncer (Sambu *et al.*, 2022).

Si bien los AE's son una fuente importante de moléculas antimicrobianas como el timol, eugenol y carvacrol (Boy *et al.*, 2023), son las bacterias Gram negativas las que muestran menor susceptibilidad debido a que estos extractos presentan en su membrana externa lipopolisacáridos hidrofóbicos los cuales actúan como barrera de protección frente a macromoléculas y compuestos hidrofóbicos (Wahab *et al.*, 2022).

Los compuestos antioxidantes y fenólicos son moléculas que en los últimos años han llamado mucho el interés debido a que tiene la capacidad de donar átomos de hidrógenos neutralizando la oxidación causada por la presencia de radicales libres, cuya acumulación conduce al estrés oxidativo afectando las células y a macromoléculas, lo cual podría dar lugar a enfermedades crónicas como el cáncer (Girish *et al.*, 2023).

Los AE están constituidos principalmente por moléculas como los compuestos fenólicos, terpenos y terpenoides, a su vez estos elementos son reconocidos por su alta actividad antioxidante, razón por la cual el uso de estos extractos como agentes mitigadores de la oxidación lipídica en la industria alimentaria es muy prometedora (Gutiérrez *et al.*, 2021). La mayoría de los compuestos antioxidantes y antimicrobianos trabajan sinérgicamente, con la finalidad de producir un amplio espectro de propiedades antioxidantes, que permiten mejorar el sistema de defensa contra los radicales libres (Carrillo *et al.*, 2015).

En la investigación realizada por Chivandi *et al.*, (2017) se indica que se deben tomar en cuenta las propiedades intrínsecas de los alimentos (pH, grasa y proteína), así como también las condiciones de almacenamiento y empaque, ya que estos pueden influir en el efecto bioactivo de los AE's. Además, Tongnuanchan & Benjakul, (2014) reportaron que la temperatura de

almacenamiento, la disminución de las concentraciones de O₂, el alto contenido de sal y el pH aumentan el efecto antimicrobiano de los AE.

AE's son considerados como sustancias seguras, sin embargo, es importante tener en cuenta que estos pueden alterar la calidad nutricional y sensorial de los alimentos, por lo que su aplicación se debe realizar en función de su naturaleza y en cantidades seguras (Pateiro *et al.*, 2018).

Aplicación de Aceites esenciales en matrices alimentarias.

Los AE's son sustancias volátiles, sensibles a la luz, el oxígeno y la temperatura, por tal razón, es necesario buscar estrategias como la microencapsulación, nano encapsulación, los revestimiento y películas comestibles, así como la aplicación directa de estos extractos los cuales puedan proteger a sus compuestos bioactivos (Jugreet *et al.*, 2020).

Aplicación directa de aceites esenciales.

Por su alta volatilidad, baja estabilidad, biodisponibilidad, solubilidad y aromas muy pronunciados, en algunos casos, la aplicación de AE's directamente en los alimentos es limitada (Fernandez & Viuda, 2018). Se enfatiza que, el procesamiento de alimento incluye exposición al aire, luz y tratamientos térmicos lo cual puede provocar la degradación y transformación de las moléculas orgánicas presentes en este tipo de extractos, así como también, la interacción entre los compuestos bioactivos de los AE's y las biomoléculas presentes en el alimento provocan cambios en la composición de los extractos influyendo en sus actividades biológicas (Falleh *et al.*, 2020).

Microencapsulación.

La microencapsulación es un método que tiene como objetivo proteger a los compuestos bioactivos de condiciones ambientales en cápsulas porosas con tamaños entre 50nm a 2mm (Ferreira *et al.*, 2021). Las características de la micro cápsula depende del tipo de material activo que se desea almacenar y pueden ser elaboradas con carbohidratos (almidón, malto dextrina, jarabe de maíz, ciclo dextrina, quitosano), gomas (goma arábiga, agar, alginato de sodio) lípidos (parafinas, ceras, grasas y aceites), esterios y éteres (metilcelulosa, carboximetilcelulosa, etilcelulosa) (El-Kader & Hachis, 2020).

Hassan *et al.*, (2016) y Sousa *et al.*, (2018) coincidieron en que los métodos de microencapsulación pueden clasificarse en: físicos (lío-filización, secado por atomización, secado por aspersión, pulverización electro hilado y extracción centrífuga); fisicoquímicos (evaporización de solventes coacervación, separación de fases, gelificación ionotrópica y coacervación) y químicos (secado por atomización, congelado, polimerización interfacial, inclusión molecular y gelificación iónica). Cabe señalar que factores como la concentración y solubilidad de biopolímero en el disolvente, solubilidad del disolvente orgánico en agua y velocidad de liberación del disolvente orgánico inciden en la eficiencia de los AE's en las microcápsulas (Singh *et al.*, 2016), así como la composición y la interacción con la matriz polimérica.

Nano emulsiones.

Son sistemas biofásicos en las que dos líquidos inmiscibles se dispersan y se estabilizan por medio de un tensioactivo, se caracterizan por ser termodinámicamente inestables y cinéticamente estables (Barradas & De Holanda, 2021). La composición de las nano emulsiones varía por su aplicación y al tipo compuesto bioactivo que se adiciona, generalmente están compuestas por tres fases (acuosa, tensioactiva y lipídica), a diferencia de las microcápsulas, el diámetro de las nano emulsiones oscila entre los 20 - 200 nm, lo cual evita la coalescencia y floculación de sus compuestos (Jin *et al.*, 2016).

Recubrimientos comestibles.

Autores como Solano-Doblado *et al.*, (2018) y Paidari *et al.*, (2021) mencionan que los recubrimientos o películas comestibles son capas elaboradas a partir de lípidos, proteínas y polisacáridos o sustancias hidrocoloides a las cuales se les adiciona extractos con sustancias bioactivas, cuyo espesor es menor a 0,025 mm y 0,050 mm para los recubrimientos y capas respectivamente. De acuerdo con Fernandez & Viuda (2018) hacen referencia que es necesario combinar diferentes materiales al elaborar los recubrimientos biodegradables, de esta manera se podrá obtener recubrimientos de excelente calidad.

Las investigaciones relacionadas al uso de recubrimientos comestibles en la industria alimentaria se han incrementado en los últimos años, por lo que es necesario conocer las ventajas y desventajas que podrían presentar considerando su naturaleza como podrían influir estas en las características fisicoquímicas tabla 1.

Tabla 1.

Ventajas y desventajas de los recubrimientos comestibles obtenidos de diferentes materiales.

Material de elaboración de biopelículas.	Ventajas	Desventajas	Referencia.
Polisacáridos (Pectina, quitosano, celulosa, agar, almidón y alginato)	Excelente barrera de CO ₂ , O ₂ . Buenas propiedades mecánicas.	Reducida eficacia para contener la transmisión de vapor de agua.	(Cazón <i>et al.</i> , 2017)
Proteínas (Suero, gelatina, caseína y celulosa)	Excelentes propiedades mecánicas	Limitada eficacia para contener la transmisión de vapor de agua.	(Wang <i>et al.</i> , 2020)

Lípidos. (Parafinas, glicerol y ceras)	Eficacia para contener la transmisión de vapor de agua.	Malas propiedades mecánicas.	(Zambrano <i>et al.</i> , 2020)
-------------------------------------------	---------------------------------------------------------	------------------------------	---------------------------------

Aunque el concepto de revestimientos comestibles y películas comestibles es similar, existen diferencias entre ellos, donde mencionan que los recubrimientos comestibles se aplican de forma directa en el alimento ya sea por métodos como inmersión y pulverización, mientras que las películas comestibles son capas pre formadas con la que posteriormente se cubre el alimento (Solano *et al.*, 2018). La interacción entre los compuestos de la biopelícula o revestimiento comestible, podría aumentar o reducir el efecto bioactivo de los extractos por lo que es necesario considerar el tipo de material que se va a utilizar para elaborar el recubrimiento o película (Ebrahimzadeh *et al.*, 2023).

Uso de aceites esenciales en alimentos lácteos.

Los alimentos lácteos, son una importante fuente de nutrientes esenciales como vitaminas A, D, B12, K, zinc, calcio, proteínas, minerales, ácidos grasos, entre otras, por lo que son productos muy consumidos (Timon *et al.*, 2020). No obstante, Khorshidian *et al.*, (2017) indicaron que éstos están propensos al deterioro, ya sea por la oxidación lipídica o acción de microorganismos patógenos, por lo que es necesario buscar alternativas que permitan extender su vida útil.

El uso de AE's han logrado inhibir el desarrollo de microorganismos patógenos, la presencia de sustancias reactivas con el oxígeno en los productos lácteos, lo cual ha permitido aumentar la vida de los alimentos, estos extractos también contribuyen en mejorar las cualidades organolépticas de los mismos, también es importante indicar que la incorporación de los extractos no redujo la presencia de microorganismos beneficiosos como las bacterias ácido lácticas durante la elaboración de productos como el queso (tabla 2).

Tabla 2.

Investigaciones realizadas en las que se puede evidenciar el efecto de diferentes aceites esenciales en productos lácteos.

Alimento	Aceites esenciales	Método	Resultado	Referencia
Queso fresco	<i>Rosmarinus officinalis</i> (Romero) (0,5%)	Microencapsulación de proteína de suero	Se redujo la carga microbiana (<i>S. typhimurium</i> y <i>B.ceurus</i>),	(Fernandes <i>et al.</i> , 2017)
Yogurt bebible	<i>Zingiber officinale</i> (Jenjibre) <i>Chamaemelum nobile</i> (Manzanilla) 0,2 y 0,4%	Aplicación directa.	Los AE's redujeron el tiempo de fermentación del yogurt, pero se observaron variaciones en las características físico químicas.	(Yangilar & Yildiz, 2018)
Queso fresco	<i>Pimpinella saxifraga</i> (Calafraga de hinojo) 1,2 y 3%	Revestimiento con alginato de sodio	Se evidencio actividad antimicrobiana y actividad antioxidante, la misma que aumento en relación a la concentración de AE, sin embargo, se observaron que a 750ml/Kg efectos fitotóxicos del AE	(Ksouda <i>et al.</i> , 2018)
Queso de leche ovina	<i>Citrus x limón</i> (limon), <i>Citrus x sinencis</i> (Naranja), <i>Citrus reticulata</i> (mandarina) 100 y 200 µl/l	Adición directa	Los AE redujeron la oxidación lipídica en quesos, en especial a concentraciones se 200 µl, sin embargo, los tratamientos con concentraciones de 100 µl/l fueron los más apreciados por los panelistas	(Busetta <i>et al.</i> , 2022)

Aplicación de aceites esenciales en alimentos pesqueros.

Los alimentos pesqueros representan una considerable fuente de macronutrientes y micronutrientes esenciales. Sin embargo, una vez que son capturados, su vida útil tiende a limitarse debido a la acción por microorganismos patógenos y a la reacción de ácidos grasos presentes en el producto con moléculas oxidativas (Rakibul-Islam *et al.*, 2023).

La aplicación de AE's en pescados y mariscos (tabla 3), pretende reducir el deterioro de estos productos generados principalmente por su pH neutro, alta actividad de agua (aW) y presencia de enzimas autolíticas, mediante el uso de métodos como emulsiones, atmosferas al vacío, recubrimientos entre otras para su incorporación (Gil & Rudy, 2022).

Tabla 3.

Efecto de AE's incorporados por diferentes medios en pescados y mariscos

Alimento	Aceites esenciales	Método de aplicación	Resultados	Referencia
Filetes de trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	<i>Tymus vulgaris</i> (Tomilo) <i>Syzygium aromaticum</i> (Clavo dulce) Concentraciones (1 y 2%)	Emulsión de Goma Farsi	El tratamiento con AE <i>T. vulgaris</i> + <i>S. aromaticum</i> al 2% presento mejores resultados, evidenciándose un efecto sinérgico de los extractos, como agentes antimicrobianos y antioxidantes	(Dehghani <i>et al.</i> , 2018)
Filetes de trucha <i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Mentha piperita</i> (Menta) <i>Artemisia dracunculus</i> (Estragón) <i>Zataria multiflora</i> (Calendula) 0,2%	Recubrimientos de alginato de sodio y quitosano	Se redujo la presencia de ácido tiobarbiturico (TBA) y nitrógeno. básico volátil total (TVB N) y el desarrollo de bacterias lácticas y psicrófilas	(Mojtaba <i>et al.</i> , 2020)
Camarón rosado <i>Parapeneaeus longirostris</i>	<i>Citrus sinensis</i> (Naranja) 2%	Recubrimientos de quitosano	Los AE conservaron las cualidades físico químicas de la pulpa del crustáceo por 15 días	(Alparslán & Baygar, 2017)
Trucha arco iris	<i>Citrus lemon</i> (limón), <i>Cinnamomum camphora</i> (alcanforero) 0,5 y 1%	Incorporación al directa	El AE <i>C. lemon</i> (1%) incorporado al vacío tuvo mayor actividad inhibitoria frente a bacterias coliformes, mientras que <i>C. camphora</i> frente a bacterias ácido lácticas.	(Kunová <i>et al.</i> , 2021)

Aplicación de aceites esenciales en alimentos cárnicos.

Los alimentos de origen animal tienen alta demanda por parte de los consumidores, la FAO proyecta que para el año 2030, el consumo de carne alcanzará los 374 millones de toneladas a nivel mundial (Food and Agriculture Organisation [FAO], 2021). Por lo que es necesario, aplicar tratamientos que garanticen su inocuidad, lo que se debe a que estos son altamente propensos al ataque de microorganismos patógenos y al estrés oxidativo se genera en la etapa de producción (Macho *et al.*, 2020). En la

tabla 4, se muestra la aplicación de aceites esenciales en productos cárnicos.

Tabla 4.
Aplicación de Aceites esenciales y su efecto bioactivo en productos cárnicos

Alimento	Aceites esenciales	Método	Resultado	Referencia
Filetes de pollo.	<i>Zataria multiflora Boiss.(Tomillo shirazi)</i> <i>Satureja hortensis (Ajedrea)</i> 1 y 2%	Recubrimientos de goma obtenida de <i>Ocimum bacilicum</i>	El AE de <i>Z. multiflora Boiss</i> fue más eficaz en la inhibición de microorganismos patógenos y Especies Reactivas con el oxígeno (ROS).	(Majdinasa <i>et al.</i> , 2020)
Lonchas de Carne de res.	<i>Artimisia dracunculus (Estragón)</i>	Recubrimientos con nano capsulas (quitosano y gelatina) conservados por 16 días a 4°C	Se redujo la carga microbiana a 7 log ufc/g y de ROS a 1,5 mg/MDA	(Zhang <i>et al.</i> , 2020)
Lonchas de carne vacuna	<i>Zingiber officinale (Jenjibre)</i> 1,2,3,4% v/v	Película comestible	La inhibición de microorganismos patógenos, así como el retardo de la oxidación lipídico aumentaron en función del incremento del AE	(Bin <i>et al.</i> , 2023)
Carne picada res	<i>Curcuma longa (Curcuma)</i> <i>Cinnamomum verum (Canela)</i>	Aplicación directa (75 µl) y nano emulsiones (937,5µl)	El AE de <i>C. verum</i> presento mayor actividad antimicrobiana en nano emulsión y aplicación directa	(Dghais <i>et al.</i> , 2023)
Carne conejo	<i>Salvia rosmarinus (Romero)</i>	Recubrimientos comestibles (0,2%AE, 1% quitosano, 0,2AE+1%Quitosano)	La actividad antimicrobiana y actividad antioxidante fue mayor en la combinación de AE y quitosano, esta se redujo con el pasar de los días.	(El Bayomi <i>et al.</i> , 2023)

Uso de aceites esenciales en frutas y hortalizas

Las frutas y hortalizas constituyen una importante fuente de nutrientes, por lo que se recomienda su ingesta para la prevención de enfermedades crónicas (Yousuf *et al.*, 2020). Sin embargo, las malas prácticas de manipulación y almacenamiento aceleran su deterioro, en especial durante la postcosecha (Workineh, 2021). La aplicación de AE's en estos productos puede afectar las cualidades organolépticas, por lo que para la aplicación se debe considerar un método adecuado y la combinación de diferentes AE's para limitar el deterioro a concentraciones más bajas de estos extractos.

Por otro lado, es necesario mencionar que las investigaciones relacionadas a la incorporación de AE's en este tipo de alimentos (tabla 5), han incrementado considerablemente, debido a que se pretende reducir el uso de plásticos en el envasado.

Tabla 5.

Investigaciones relacionadas al efecto de aceites esenciales incorporados en hortalizas y vegetales mediante diferentes métodos.

Alimento	Aceites esenciales	Metodología	Resultado	Referencia.
Azufaifo	<i>Zingiber officinale</i> (Jenjibre) Liofilizado Concentración: 3.45g/L	Microcapsulas quitosano y carboximetilcelulosa, durante por 15 días a temperatura ambiente.	El tratamiento con quitosano-carboximetilcelulosos a 1:1, se evidencio un retraso controlado en la liberación del AE.	(Ban et al., 2020)
Rúcula	<i>Citrus limón</i> (limón) <i>Citrus reticulata</i> (Mandarina) <i>Oreganum vulgare</i> (Oregano) <i>Syzygium aromaticum</i> Clavo de olor (0,1%)	Nanocapsulas de monooleato de glicerol contween aplicadas a emulsiones de quitosano modificado conservadas a 8°C	La emulsión con AE de <i>C. limón</i> (0,1%) + quitosano modificado (0,05%) mostro efecto sinérgico, logrando conservar las hortalizas hasta por 21 días, sin afectar sus características fisicoquímicas y organolépticas	(Sessa et al., 2015)
Lechuga	<i>Origanum vulgare</i> (Orégano) (Orégano) 0,05 a 0,1%	Nanoemulsiones Twen 80 por 72 horas.	Se logró reducir a 3,57 de <i>L. monocytogenes</i> , 3,26 en <i>S. typhimurium</i> y 3,35 log UFC/g <i>E. coli</i> . con 0,1% del extracto a una concentración de 1%	(Bhargava et al., 2015)
Papaya	<i>Morinda citrifolia</i> (Noni) <i>Lippia</i>	Recubrimientos de parafina y AE	El AE de <i>L. sidoides</i> (2%) con parafina redujo en menor proporción el peso del fruto, mientras que el	(Argüelles et al., 2021)

	<i>sidoides</i> (Yerba dulce)		tratamiento con AE de <i>M. citrifolia</i> (2%) con aceite de girasol conservo el color y la firmeza del fruto.	
	2%			
<i>Ananas comosus</i>	<i>Aloysia citrodora</i> (Hierba luisa)	Recubrimientos de alginato de sodio, glicerol por 16 días a 10°C	Los recubrimientos con AE lograron prolongar la vida útil del fruto, pero a concentración de 0,5%, modifico las cualidades organolépticas.	(Azarakhsh <i>et al.</i> , 2014)
	0,1, 0,3 y 0,5%			

Uso de aceites esenciales en cereales.

Los cereales son productos que están expuestos a diversos cambios que afectan el deterioro, impulsados por el desarrollo de rancidez oxidativa y proliferación de microorganismos (Goswam *et al.*, 2020). La actividad de los AE como agentes antimicrobianos, no solo se limita a la etapa postcosecha, sino estos también han demostrado ser efectivos para la conservación de harinas y en productos de panificación tabla 6, reduciendo el desarrollo de microorganismos como *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Serratia marcescens* (Keawpeng *et al.*, 2022).

Tabla 6.

Efecto de la aplicación de aceites esenciales en cereales incorporados por diferentes métodos.

Alimento	Aceites esenciales	Método	Resultado	Referencia
Pan	<i>Malaleuca alternifolia</i> (Árbol de te)		Los AE's presentaron alta actividad antioxidante, pero ninguno logro inhibir el desarrollo de <i>P. Citrinum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P crustosum</i>	(Šimora <i>et al.</i> , 2021)
	<i>Hipericum perforatum</i> (Hierba de San Juan)	Aplicación a vapor		
	125,250 y 500µL/L ⁻¹			
Pan de molde	<i>Syzygium aromaticum</i> (Clavo de olor)	Emulsiones	La actividad antimicrobiana fue mayor cuando el tamaño de la emulsión fue menor.	(Otoni <i>et al.</i> , 2014)
	<i>Orégano vulgare</i> (Orégano)	Nano emulsiones	Los AE presentaron mejor actividad microbiana que el conservante	
	(3%)			

comercial				
Pan	<i>Lippia berlandieri</i> <i>Shauer</i> (Orégano mexicano)	Nanoemulsiones	Se evidenció un retardo en el crecimiento de <i>Penicillium expansum</i> . La aplicación de AE's no influyeron en las características fisicoquímicas de los panes.	(Salgado <i>et al.</i> , 2020)
	0, 5, 7,5 y 15% P/P			
Masa de harina fresca	<i>Salvia Rosmarinus</i>	Aceite esencial puro y micro encapsulado	El efecto inhibidor de los AE's micro encapsulados fue mayor, logrando reducir el crecimiento de <i>Aspergillus niger</i> en 1,5 ciclos logarítmicos en una masa fresca conservada a 25°C por 8 días, en comparación a la aplicación de aceite esencial puro cuya reducción fue de 0,7.	(Ribeiro <i>et al.</i> , 2014)
	(1,0, 5,0, 10,0, 15,0, 20,0 y 50,0µl/ml)			
Harina de arroz	<i>Citrus x paradice</i>	Películas comestibles con	La incorporación de película con AE's al 3% mejoraron propiedades como barrera contra vapor de agua y elasticidad. Así también se evidenció efecto inhibidor frente a microorganismos patógenos como <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>listeria monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> y <i>Salmonella tiphymorium</i> .	(Venkatachalam & Charoenphun, 2023)
	(1 y 3%)			

Aplicación de aceites esenciales en aceites vegetales

La producción de aceite vegetal superó 228 millones de toneladas métricas en el año 2022, siendo el obtenido de palma el de mayor importancia, con un volumen promedio de 74mt (Shahbandeh, 2023). Sin embargo, durante su procesamiento se pueden originar cambios como la oxidación lipídica, en donde se generan productos como: compuestos reactivos de carbonilo, sustancias tóxicas, que no

solo pueden disminuir el valor nutricional y sensorial, sino que también reducen la vida útil de los aceites y afecta a la salud de los consumidores (Fada *et al.*, 2022).

Por lo tanto, con el objetivo de prolongar la vida útil de los aceites vegetales, la búsqueda por nuevas alternativas que puedan sustituir a los conservantes de origen sintético ha aumentado (tabla 7), considerando a los AE´s debido a que son una fuente importante de agentes antioxidantes y antimicrobianos.

Tabla 7.

Efecto de las actividades bioactivas de aceites esenciales en aceites vegetales.

<i>Alimento</i>	<i>Aceites esenciales</i>	<i>Método</i>	<i>Resultado</i>	<i>Referencia</i>
Aceite de coco	<i>Piper nigrum</i> (Pimienta negra) <i>Zingiber officinale</i> (Jengibre) 0,1 y 1%	Dilución	Existió sinergia en la combinación de los AE evidenciándose retardo en la oxidación lipídica del aceite vegetal, así también la incorporación de los AE, favoreció a las cualidades sensoriales del producto.	(Chandran <i>et al.</i> , 2017)
Aceite vegetal de Sésamo y Linaza	<i>Satureja khuzistamica</i> (Ajedrea) 0,25,0,50,075 y 1% v/v	Difusión	El AE de 0,75v/v, v/v) inhibió completamente el desarrollo de hongos, bacterias y ROS, en ambos aceites vegetales, en especial en el de sésamo.	(Bahrami <i>et al.</i> , 2016)
Aceite de coco	<i>Thymus vulgaris</i> (Romero), <i>Savia rosmarinus</i> (Tomillo) <i>Pelargonium hortorum</i> (Geranio)	Microcapsulas con alginato secadas al aire caliente (45°C)	Las microcápsulas con AE <i>T. vulgaris</i> , lograron reducir hasta un 85,39% de DPPH, mientras que los AE de <i>S. rosmarinus</i> y <i>P. hortorum</i> presentaron valores de 78,26 y 78,12% respectivamente, lo cual indica una capacidad antioxidante por parte de los extractos.	(Thanaruenin <i>et al.</i> , 2022)

4. Conclusiones

El presente trabajo de revisión bibliográfica, permitió identificar los diferentes usos y métodos de aplicación de AE´s en matrices alimentarias, mismos que prolongan la vida útil y mejoran la calidad organoléptica, así como también su uso como agente antioxidante y antimicrobianos en productos tales como: lácteos, pescados y mariscos, frutas y hortalizas, cereales.

Los AE's se presentan como una importante alternativa como sustituyentes de conservantes sintéticos cuyo uso en la industria alimentaria se ha limitado en los últimos años debido al riesgo que podrían representar en la salud de los consumidores. Existen varias investigaciones, en las que se ha determinado la presencia de compuestos bioactivos in vitro, su eficiencia podría verse afectada por la interacción de los componentes del alimento con las moléculas orgánicas constituyentes del aceite esencial. Debido a que estos extractos son de naturaleza hidrofóbica e inestables, su aplicación en matrices alimentarias se la debe de realizar por medios como diluciones, microencapsulación, nano encapsulación o revestimientos comestibles, que garanticen la liberación controlada de compuesto bioactivo; pero además de ser utilizados como aditivos, su uso también podría combatir la contaminación generada por la acumulación de plástico que es usado como embalaje.

Los AE podrían significar un importante aporte para la seguridad alimentaria, por lo que es necesario garantizar la calidad del extracto desde la producción del material vegetal hasta la obtención y aplicación del extracto, con el objetivo de preservar los compuestos bioactivos de la planta.

5. Referencias bibliográficas

- Abdul, R. W., Kachan, Y., Aadil, K., & Manzoor, A. R. (2021). An updated and comprehensive review of the antiviral potential of essential oils and their chemical constituents with special focus on their mechanism of action against various influenza and coronaviruses. *Microbial Pathogenesis*, 152. doi:<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104620>
- Adam, A. (2016). Effect of Essential Oils on Organoleptic (Smell, Taste, and Texture) Properties of Food. *Elsevier Inc. All rights reserved.*, 131-137. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00013-4>
- Alparslán, Y., & Baygar, T. (2017). Effect of Chitosan Film Coating Combined with Orange Peel Essential Oil. *Food and Bioprocess Technology*, 10(5), 842–853. doi:10.1007/s11947-017-1862-y
- Argüelles- Osorio, P. R., Fonseca-Costa, P., Sunti-Dalcin, M., & Dalmarcia- De Souza, C. (2021). Medicinal plant essential oils associated with biofilm to protect papaya fruits. *Food Science and Technology*. doi:<https://doi.org/10.1590/fst.16620>
- Assia, K., Rachid, L., & Ezrari, S. (2022). Role of plant extracts and essential oils in fighting against postharvest fruit pathogens and extending fruit shelf life: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 402-417. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.009>
- Azarakshsh, N., Osman, A., & Mohd, H. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 1-7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.09.004>
- Bahrami, B., Mahboubi, M., Yari, R., & Mehran, M. (2016). The antimicrobial and antioxidant potencies of satreja khuzistanica essential oil for preserving of vegetable oils. *J Microbiol Biotech Food Sci*, 6(3), 979-982. doi:10.15414/jmbfs.2016/17.6.3.979-982

- Ban, Z., Zhang, J., Li, L., & Luo, Z. (2020). Ginger essential oil-based microencapsulation as an efficient delivery system for the. *Food Chemistry*, 306, 22–34. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125628.
- Barra, A. (2009). Factors Affecting Chemical Variability of Essential Oils: A Review of Recent Developments. *Sage Journals Home*. doi:https://doi.org/10.1177/1934578X0900400827
- Barradas, T., & De Holanda, K. (2021). Nanoemulsions of essential oils to improve solubility, stability and permeability: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 1153–1171. doi:https://doi.org/10.1007/s10311-020-01142-2
- Bhargava, K., Conti, D. S., Da Rocha, S., & Zhang, Y. (2015). Application of an oregano oil nanoemulsion to the control of foodborne bacteria on fresh lettuce. *Food Microbiology*, 47, 69-73. doi:https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.11.007
- Bin, Z., Yang, L., Huihui, P., Yukai, L., & Kun, C. (2023). Effects of ginger essential oil on physicochemical and structural properties of agar-sodium alginate bilayer film and its application to beef refrigeration. *Meat Science*. doi:https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109051
- Boy, F. R., Benito, M. J., Córdoba, M. d., Rodríguez, A., & Casquete, R. (2023). Antimicrobial Properties of Essential Oils Obtained from Autochthonous Aromatic Plants. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20(3), 1657. doi:https://doi.org/10.3390/ijerph20031657
- Busetta, G., Ponte, M., Barbera, M., Alfonzo, A., Loppolo, A., Maniaci, ,, . . . Gaglio, R. (2022). Influence of Citrus Essential Oils on the Microbiological, Physicochemical and Antioxidant Properties of Primosale Cheese. *Antioxidants*, 11(10), 2004. doi:https://doi.org/10.3390/antiox11102004
- Carrillo, L., Mora, C., Alvarez, R., Alzate, F., & Osorio, E. (2015). Chemical composition and antibacterial activity against *Enterobacter cloacae* of essential oils from Asteraceae species growing in the Páramos of Colombia. *Industrial Crops and Products*, 77, 108-115. doi:https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.08.047
- 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*. doi:10.1007/s13197-016-2446-y
- Dehghani, P., Hashem, S., Taghi, M., Majdinasab, M., & Esteghlal, S. (2018). Shelf-life extension of refrigerated rainbow trout fillets using total Farsi gum-based. *Food Hydrocolloids*, 77, 677–688. doi:10.1016/j.foodhyd.2017.11.009
- Dghais, S., Ben - Jemaa, M., Chouchen, M., Jallouli, S., Ksouri, R., & Falleh, H. (2023). Nano-Emulsification of Cinnamon and Curcuma Essential Oils for the Quality Improvement of Minced Meat Beef. *Foods*, 12(2). doi:https://doi.org/10.3390/foods12020235
- Ebrahimzadeh, S., Biswas, D., Roy, S., & McClements, D. J. (2023). Incorporation of essential oils in edible seaweed-based films: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 135, 43-56. doi:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.015
- El Bayomi, R. M., Shata, R., & Mahmoud, A. F. (2023). Effects of edible chitosan coating containing *Salvia rosmarinus* essential oil on quality characteristics and shelf life

- extension of rabbit meat during chilled storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*. doi:<https://doi.org/10.1007/s11694-023-01804-z>
- El-Kader, A., & Hachis, H. (2020). Encapsulation techniques of food bioproduct. *Revista egipcia de química*. doi:<http://dx.doi.org/10.21608/ejchem.2019.16269.1993>
- Fada, Á., Sanna, D., Sakar, E. H., Gharby, D., Mulas, M., Meda, S., . . . Lucarini, M. (2022). Tecnologías innovadoras y sostenibles para mejorar la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales. *Sustainability*, 14(2). doi: <https://doi.org/10.3390/su14020849>
- Falleh, H., Ben, M., & Ksouri, R. (2020). Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. *Food Chemistry*, 330. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127268>
- FAO. (2021). Market developments and the medium-term projections for world meat markets for the period 2021-30. Obtenido de <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/6c9145fces/index.html?itemId=/content/component/6c9145fces#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20mundial%20de%20carne%20permaneci%C3%B3n%20estable%20en%202020%2C%20con,de%20cerdo%20y%20de%20bovino.>
- Fernandes, R., Guimarães, I., & Lara, C. (2017). Microencapsulated Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) Essential Oil as. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1(41). doi:10.1111/jfpp.12759
- Fernandez, J., & Viuda, M. (2018). Introducción al número especial: Aplicación de aceites esenciales en los sistemas alimentarios. *Alimentos*, 7(4), 56. doi:10.3390/foods7040056
- Ferreira, S., Nicoletti, & Vania. (2021). Microencapsulation of ginger oil by complex coacervation using atomization: Effects of polymer ratio and wall material concentration. *Journal of Food Engineering*, 291. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110214>
- Gil, M., & Rudy, M. (2022). Innovations in the Packaging of Meat and Meat Products—A Review. *Coatings*, 13(2). doi:<https://doi.org/10.3390/coatings13020333>
- Girish, Y. R., Sharathkumar, K. S., Prashantha, K., Rangappa, S., & Sudhanva, M. S. (2023). Significance of Antioxidants and Methods to Evaluate their Potency. *Materials Chemistry Horizons*. doi:10.22128/MCH.2023.647.1037
- Goswami, S., Asrani, P., & Praveen, S. (2020). Rancidity Matrix: Development of Biochemical Indicators for Analysing the Keeping Quality of Pearl Millet Flour. *Food Analytical Methods*, 13(11), 2147–2164. doi:10.1007/s12161-020-01831-2
- Gutiérrez-Del Río, I., López-Ibáñez, S., Magadán-Corpas, P., Fernández-Calleja, L., Pérez-Valero, Á., Tuñón-Granda, M., . . . Lombó, F. (2021). Terpenoids and Polyphenols as Natural Antioxidant Agents in Food Preservation. *Antioxidants*, 10(8), 1264. doi:<https://doi.org/10.3390/antiox10081264>
- Jin, W., Xu, W., Liang, Hongshan, & Li, Y. (2016). Nanoemulsions for food: properties, production, characterization, and applications. *Nanotechnology in the Agri-Food Industry*, 1-36. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804306-6.00001-5>
- Jugreet, S., Suroowan, S., Kannan- Rengasamy, R., & Mahomoodally, M. F. (2020). Chemistry, bioactivities, mode of action and industrial applications of essential oils. *Trends in Food Science & Technology*, 101, 89-105. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.025>

- Keawpeng, I., Lekjing, S., Paulraj, B., & Venkatachalam, K. (2022). Application of Clove Oil and Sonication Process on the Influence of the Functional Properties of Mung Bean Flour-Based Edible Film. *Membranes*, 12(5). doi: <https://doi.org/10.3390/membranes12050535>
- Khorshidian, N., Yousefi, M., & Mortazavian, A. (2017). 'Potential application of essential oils as antimicrobial preservatives in cheese',. *Food Science and Emerging Technologies*, 45, 62-72. doi:10.1016/j.ifset.2017.09.020
- Ksouda, G., Sellimi, S., & Merlier, F. (2018). Composition, antibacterial and antioxidant activities of Pimpinella saxifraga essential. *Food Chemistry*, 47–56. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.02.103
- Kunová, S., Sendra, E., Haščík, P., Vukovic, N. L., Vukic, M., & Kačániová, M. (2021). Influence of Essential Oils on the Microbiological Quality of Fish Meat during Storage. *Animals (Basel)*, 11(11). doi: 10.3390/ani11113145
- Long, W., Chenghui, Z., Yingxi, L., Qi, C., Weimin, Z., & Guozhen, L. (2022). Food additives: From functions to analytical methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(30), 8497-8517. doi:<https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1929823>
- Macho, A., Garcimartín, A., López, M., Bastida, S., Benedí, J., & Ros, G. (2020). Can meat and meat-products induce oxidative stress. *Antioxidantes (Basilea)*, 9(7), 638. doi:<https://doi.org/10.3390/antiox9070638>
- Majdinasa, M., Niakousari, M., Shaghaghian, S., & Dehghani, H. (2020). Antimicrobial and antioxidant coating based on basil seed gum incorporated with Shirazi thyme and summer savory essential oils emulsions for shelf-life extension of refrigerated chicken fillets. *Food Hydrocolloids*, 108. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106011>
- Mojtaba, R., Hashemi, M., Majid, A., Fatemeh – Ghorbani, B., Maryam, E., Behrooz, J., . . . Seyyed-Mohammad, A. N. (2020). Effects of Sodium Alginate and Chitosan Coating Combined with Three Different Essential Oils on Microbial and Chemical Attributes of Rainbow Trout Fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 253-263. doi:<https://doi.org/10.1080/10498850.2020.1722777>
- Otoni, C., Pontes, S., & Modeiros, E. (2014). Películas comestibles de metilcelulosa y nanoemulsiones de aceites esenciales de yema de clavo (*Syzygium aromaticum*) y orégano (*Origanum vulgare*) como extensores de vida útil para pan de molde. *Química alimentaria agrícola*, 62(22), 5214-9. doi:10.1021/jf501055f
- Paidari, S., Zamindar, N., Tahergerabi, R., Kargar, M., Ezzati, S., Shirani, N., & Hossein - Musavi, S. (2021). Edible coating and films as promising packaging: a mini review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 4205–4214. doi:10.1007/s11694-021-00979-7
- Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Santana, A. S., Mousavi- Khaneghah, A., Gavahian, ,. . . Lorenzo, J. M. (2018). Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 156-166. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.014>
- Rakibul-Islam, M., Yeasmin, M., Sadia, S., Sadek- Ali, M., Redwan- Haque, A., & Chandra-Roy, V. (2023). Small Indigenous Fish: A Potential Source of Valuable Nutrients in the Context of Bangladesh. *Hydrobiology*, 2(1), 212-234. doi:<https://doi.org/10.3390/hydrobiology2010014>

- Reham, F., & El-Kersh, D. (2022). GC–MS Profiling of Naturally Extracted Essential Oils: Antimicrobial and Beverage Preservative Actions. *Life*, 10(12). doi:<https://doi.org/10.3390/life12101587>
- Ribeiro-Teodoro, R. A., De Barros-Fernandes, R. V., Alvarenga-Botrel, D., Vilela-Borges, S., & Umbelina-De Souza, A. (2014). Characterization of Microencapsulated Rosemary Essential Oil and Its Antimicrobial Effect on Fresh Dough. *Food and Bioprocess Technology*. doi:10.1007/s11947-014-1302-1
- Salgado-Nava, A. A., Hernández-Nava, R., López-Maloy, A., & Jiménez-Munguía, M. T. (2020). Antimicrobial Activity of Encapsulated Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) Essential Oil Applied on Bagels. *Procesamiento sostenible de alimentos*, 4. doi:<https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.537091>
- Sambu, S., Hemaram, U., & Murugan, R. (2022). Toxicological and Teratogenic Effect of Various Food Additives: An Updated Review. *BioMed Research International*. doi:<https://doi.org/10.1155/2022/6829409>
- Sessa, M., Ferrara, G., & Donsib, F. (2015). 'Novel edible coating containing essential oil nanoemulsions to prolong the shelf life of vegetable products. *Chemical Engineering Transactions*, 43, 55-60. doi:10.3303/CET1543010
- Shahbandeh, M. (2023). Aceites vegetales: producción mundial. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/564745/produccion-mundial-de-los-principales-aceites-vegetales/#statisticContainer>
- Šimora, V., Ďúranová, H., Galovičová, L., & Ivanišová, E. (2021). Evaluation of vapor-phase antifungal activities of selected plant essential oils against fungal strains growing on bread food model. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 15, 210-217. doi:<https://doi.org/10.5219/1483>
- Singh, M., Muse, J., & Soni, M. (2016). Microencapsulation and its various aspects: a review. *Revista Internacional de Investigación Avanzada (IJAR)*, 4(6), 2094-2108. doi:10.21474/IJAR01/726
- Solano, L., Beltran, L., & jiménez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 21. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Revista Especializada en Ciencias Químicas y Biológicas*, 21. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Sousa, A., Hidalgo, Davy, Pontes, S., & Gómez, F. (2018). Microencapsulation by spray drying of a lycopene-rich tomato concentrate: Characterization and stability. *Food Science and Technology*, 91, 286-292. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.053>
- Timon, C., Connor, A., Bhargava, & Nupur. (2020). Dairy consumption and metabolic health', *Nutrients*. *Nutrients*, 12(10), 1-31. doi:10.3390/nu12103040
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014). Aceites esenciales: extracción, bioactividades y sus usos para la conservación de alimentos. *J ciencia de los alimentos*, 79(7). doi:10.1111/1750-3841.12492.
- Venkatachalam, K., & Charoenphun, N. (2023). Influence of Pomelo (*Citrus maxima*) Pericarp Essential Oil on the Physicochemical Properties of HomChaiya Rice (*Oryza sativa* L. cv. HomChaiya) Flour-Derived Edible Films. *Membranes*, 13(4). doi:<https://doi.org/10.3390/membranes13040435>

- Wang , Q., Liu, W., Tian , B., Li, D., & Liu, C. (2020). Preparation and characterization of coating based on protein nanofibers and polyphenol and application for salted duck egg yolks. *Food*, 9(4), 449. doi:<https://doi.org/10.3390/foods9040449>
- Workineh, M. (2021). Review the Extent and Cause of Post Harvest Loss of Fruits and Vegetables in Ethiopia. *Biology Agriculture and Healthcare*, 11(13). doi:10.7176/JBAH/11-13-01
- Yangilar, F., & Yildiz, P. (2018). Effects of using combined essential oils on quality parameters of bio-yogurt. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), 1-9. doi:<https://doi.org/10.1111/jfpp.13332>
- Yousuf, B., Deshi, V., Ozturk, B., & Wasim, M. (2020). Fresh-cut fruits and vegetables: Quality issues and safety concerns, Fresh-Cut Fruits. *Technologies and Mechanisms for Safety Control.*, 1-15. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816184-5.00001-X>
- Zambrano, M., Guerrero, D., Gonzales, R., Cornejo, M., & Gutierrez, E. (2020). Effect of nano-edible coating based on beeswax solid lipid nanoparticles on strawberry's preservation. *Coatings*, 10(3), 253. doi:<https://doi.org/10.3390/coatings10030253>
- Zhang, H., Liang, Y., Li, X., & Kang, H. (2020). Effect of chitosan-gelatin coating containing nano-encapsulated tarragon essential oil. *Meat Science*, 166, 108137. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108137>
- Zhang, W., iang, H., Rhim, J.-W., Cao, J., & Jiang, W. (2022). Effective strategies of sustained release and retention enhancement of essential oils in active food packaging films/coatings. *Food Chemistry*, 367. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130671>