



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**MAESTRÍA EN ALIMENTOS**

**Revisión sistemática de la aplicación de aceite esencial de  
clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) en carne y productos  
cárnicos**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: Magister en Alimentos

**MAGÍSTER EN ALIMENTOS**

**Autor:** Ledesma Monteros, María Guicela

**Director:** Valarezo Valdez, Benito Eduardo

LOJA

2023



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2023

## Aprobación del director de tesis

Loja, 03 de septiembre de 2023

Magister

Maritza Janneth Castillo Carrión

**Director de la maestría de Alimentos**

Ciudad. -

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director de la presente tesis denominada: Revisión sistemática de la aplicación de aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) en carne y productos cárnicos realizado por María Guicela Ledesma Monteros ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Director: Dr. Benito Eduardo Valarezo Valdez

C.I.:

Correo electrónico: bevalarezo@utpl.edu.ec

### **Declaración de autoría y cesión de derechos**

Yo, María Guicela Ledesma Monteros, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autora de la tesis denominada Revisión sistemática de la aplicación de aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) en carne y productos cárnicos, de la Maestría de Alimentos, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Marco teórico, Capítulo 2. Metodología PRISMA, Capítulo 3. Resultados, Capítulo 4. Conclusiones y Recomendaciones, siendo Benito Eduardo Valarezo Valdez, director del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación con la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad", en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....

Autor: María Guicela Ledesma Monteros

C.I.: 1106034075

Correo electrónico: [mgledesma1@utpl.edu.ec](mailto:mgledesma1@utpl.edu.ec)

### **Dedicatoria**

A Dios, por ser uno de los pilares fundamentales en mi vida.

A mi madre, eres lo más grande que tengo en mi vida. Cada paso que he dado has estado junto a mí, dándome tu amor incondicional, apoyándome en todas mis batallas y alegrándote por mis logros. Todos buscan ganar la lotería, pero yo ya la gané desde que nací. Sin ti este sueño no sería posible. ¡Lo hicimos!

A mi hermano Blondel, por ser siempre incondicional y apoyarme en cada momento.

A mi papi Nietzsche, siempre fuiste mi ejemplo a seguir. Gracias por enseñarme que solo a través de la educación el ser humano puede ser libre. Se que desde el cielo me das tu bendición.

A Blue, Esperanza, Fifi, Garras, Limonada y Shibber, mis niños, son mi motivación y mi alegría más grande. Son la razón de mi felicidad y mi alegría más grande.

A Fernando Javier, el amor de mi vida y mi futuro esposo, te amo demasiado y espero que estes orgulloso de mí.

## **Agradecimiento**

A Dios, por escuchar mis plegarias y ayudarme a cumplir esta gran meta en mi vida.

Agradezco infinitamente todas las bendiciones que me das y por guiar mi caminar.

A mi madre, por todo el amor incondicional y la fuerza de voluntad que siempre me das. Tu eres mi más grande ejemplo de superación y perseverancia. Gracias por todo lo que haces por mí y por siempre querer lo mejor para mí.

A mi hermano Blondel, nada de esto sería posible sin ti. Gracias por siempre querer lo mejor para mí y cuidarme siempre.

A mis gordos, por acompañarme noche tras noche al filo de silla, esperándome hasta el final, siempre demostrarme su amor y lealtad.

A mi tutor Eduardo Valarezo, por ser un faro de luz impulsarme a mejorar siempre. Gracias por su paciencia y motivación, por ayudarme a mejorar siempre y dar lo mejor de mí.

## Índice de contenido

Carátula.....	I
Aprobación del director de tesis .....	II
Declaración de autoría y cesión de derechos .....	III
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Índice de contenido .....	VII
Resumen .....	1
Abstract.....	2
Introducción .....	3
Capítulo uno .....	5
Marco teórico .....	5
1.1. Aceites esenciales.....	5
1.1.1. <i>Historia</i> .....	6
1.1.2. <i>Composición</i> .....	8
1.1.2.1. Fracción volátil. ....	8
1.1.2.2. Fracción no volátil. ....	9
1.1.3. <i>Clasificación</i> .....	9
1.1.3.1. Consistencia. ....	9
1.1.3.1.1. <i>Esencias fluidas</i> .. ..	9
1.1.3.1.3. <i>Oleorresinas</i> . ....	9
1.1.3.2. Origen. Se clasifican en naturales, sintéticos y artificiales.....	9

1.1.3.2.1. Naturales.....	9
1.1.3.2.2. Sintéticos.....	10
1.1.3.2.3. Artificiales.....	10
1.1.3.2.4. Naturaleza Química.....	10
1.1.3.2.5. Monoterpenoides .....	10
1.1.3.2.6. Sesquiterpenoides.....	10
1.1.3.2.7. Compuestos oxigenados.....	10
1.1.4. Propiedades.....	10
1.1.5. Actividad biológica .....	11
1.1.5.1. Actividad antimicrobiana.....	11
1.1.5.2. Actividad antioxidante.....	12
1.1.5.3. Actividad antifúngica.....	12
1.1.6. Usos .....	13
1.2. Clavo de olor.....	14
1.2.1. Clasificación taxonómica .....	15
1.2.2. Descripción botánica .....	15
1.2.3. Composición química .....	16
1.2.3.1. Aceite esencial.....	17
1.2.3.2. Ácidos fenólicos.....	17
1.2.3.3. Fitoesteroles .....	17
1.2.3.4. Taninos.....	17
1.2.3.5. Flavonoides.....	17
1.2.4. Actividad biológica .....	18

1.2.5. Usos .....	19
1.3. Aceite esencial de clavo de olor .....	20
1.4. Carne .....	21
1.4.1. Composición.....	21
1.4.2. Valor nutritivo .....	21
1.4.3. Rancidez de la grasa.....	22
1.4.3.1. Índice de peróxidos.. .....	22
1.4.3.2. Índice TBAR .....	23
1.4.3.3. Contenido de ácidos grasos libres (AGL).....	23
1.4.4. Oxidación proteica .....	24
1.4.4.1. MetMb. ....	24
1.4.4.2. Carbonilos totales.....	25
1.4.4.3. Grupo tiol.....	24
1.5. Productos cárnicos .....	25
1.5.1. Productos cárnicos frescos .....	25
1.5.2. Productos cárnicos adobados .....	26
1.5.3. Embutidos crudos curados .....	26
1.5.4. Salazones cárnicas .....	26
1.6. Pescado.....	26
1.6.1. Composición.....	27
1.6.2. Alteraciones.....	27
1.6.2.1. Análisis microbiológicos. ....	27
1.6.2.2. Análisis Químicos.....	28

1.6.2.2.1. Índice TVN-B.....	28
1.6.2.2.2. Índice de TMA.....	28
<b>1.7. Películas y recubrimientos comestibles.....</b>	<b>28</b>
<b>1.7.1. Composición.....</b>	<b>29</b>
1.7.1.1. Polisacáridos. ....	29
1.7.1.2. Proteínas. ....	30
1.7.1.3. Lípidos.....	30
1.7.1.4. Plastificaciones.....	30
1.7.1.5. Ingredientes funcionales.....	30
<b>1.7.2. Técnicas de obtención de las películas comestibles .....</b>	<b>30</b>
1.7.2.1. Por eliminación del disolvente. ....	31
1.7.2.2. Por Gelación térmica. ....	31
1.7.2.3. Por solidificación.....	31
1.7.2.4. Por el método de “Casting”. ....	31
1.7.2.5. Por pulverización electrohidrodinámica. ....	32
1.7.2.6. Por microfluidización. ....	32
<b>1.7.3. Formas de aplicación.....</b>	<b>32</b>
1.7.3.1. Inmersión.....	32
1.7.3.2. Aspersión (Spray).....	33
1.7.3.3. Casting (films independientes).....	33
<b>1.7.4. Ventajas que presentan las películas y recubrimientos comestibles .....</b>	<b>33</b>
<b>1.7.5. Películas bioactivas .....</b>	<b>33</b>
1.7.5.1. Envases activos.....	34

1.7.5.2. Envases inteligentes. ....	34
Capítulo dos .....	35
Metodología PRISMA.....	35
2.1. Diseño de investigación .....	35
2.2. Identificación .....	36
2.2.1. <i>Herramientas académicas</i> .....	36
2.2.2. <i>Estrategias de búsqueda</i> .....	37
2.2.3. <i>Selección</i> .....	37
2.2.3.1. Criterios de inclusión. ....	38
2.2.3.2. Criterios de exclusión. ....	38
2.2.4. <i>Elegibilidad</i> .....	39
2.2.5. <i>Sistematización</i> .....	39
Capítulo tres.....	40
Resultados .....	40
3.1. Diseño de investigación .....	40
3.1.1. <i>Identificación</i> .....	41
3.1.2. <i>Selección</i> .....	41
3.1.3. <i>Elegibilidad</i> .....	42
3.1.4. <i>Sistematización</i> .....	42
3.2. Adición directa .....	43
3.2.1. <i>Adición directa: actividad antioxidante</i> .....	44
3.2.1.1. Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBAR). ....	51
3.2.1.2. Índice de peróxidos (VP). ....	51

3.2.1.3. Ácidos grasos libres (AGL).....	52
3.2.1.4. Metamioglobina (MetMb).....	53
3.2.1.5. Adición directa: evaluación sensorial.....	53
3.2.2. <i>Adición directa: actividad antimicrobiana</i> .....	54
3.2.3. <i>Adición directa: actividad antifúngica</i> .....	62
3.3. Películas y recubrimientos comestibles.....	65
3.3.1. Películas y recubrimientos comestibles: <i>actividad antioxidante</i> .....	66
3.3.1.1. Películas y recubrimientos comestibles: actividad in vitro del aceite esencial.....	77
3.3.1.2. Películas y recubrimientos comestibles: oxidación lipídica.....	79
3.3.1.2.1. Índice de peróxidos.....	79
3.3.1.2.2. Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBAR).....	80
3.3.1.2.3. Ácidos grasos libres (AGL).....	82
3.3.1.3. Películas y recubrimientos comestibles: oxidación proteica.....	83
3.3.1.3.1. Carbonilos totales (DNPH).....	83
3.3.1.3.2. Metamioglobina (MetMb).....	83
3.3.1.4. Compuestos volátiles nitrogenados (TVB-N).....	78
3.3.1.5. Películas y recubrimientos comestibles: evaluación sensorial.....	85
3.3.2. <i>Películas y recubrimientos comestibles: actividad antimicrobiana</i> .....	86
3.3.3. <i>Películas y recubrimientos comestibles: actividad antifúngica</i> .....	103
3.4. Encapsulación del aceite esencial .....	104
3.4.1. <i>Encapsulación: actividad antioxidante</i> .....	104
3.4.1.1. Encapsulación: evaluación de la carne .....	108

3.4.1.1.1. <i>Sustancias que reaccionan al ácido tiobarbitúrico (TBAR)</i> .....	108
3.4.1.1.2. <i>Valor de peróxidos.</i> .....	108
3.4.2. <i>Encapsulación: actividad antimicrobiana</i> .....	109
3.4.2.1. <i>Análisis in vitro del aceite esencial.</i> .....	110
3.4.2.1.1. <i>Difusión en disco.</i> .....	110
3.4.2.1.2. <i>Concentración mínima inhibitoria y concentración mínima bactericida.</i> .....	110
3.4.2.2. <i>Análisis en carne.</i> .....	111
3.4.3. <i>Encapsulación: actividad antifúngica</i> .....	112
Conclusiones .....	114
Recomendaciones .....	115
Bibliografía.....	116

#### Índice de tablas

Tabla 1 Identificación de artículos correspondientes a la búsqueda de datos.....	41
Tabla 2 Artículos obtenidos referente a la adición directa del aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos que estudian la actividad antioxidante. ....	44
Tabla 3 Artículos obtenidos referente a la adición directa del aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos que estudian la actividad antimicrobiana.....	54
Tabla 4 Artículos obtenidos referente a la adición directa del aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos que estudian la actividad antifúngica.....	62
Tabla 5 Artículos obtenidos referente a películas y recubrimientos comestibles con aceite esencial de clavo de olor que estudian la actividad antimicrobiana.....	66
Tabla 6 Artículos obtenidos referente a películas y recubrimientos comestibles con aceite esencial de clavo de olor que estudian la actividad antimicrobiana.....	86

<b>Tabla 7 Artículos obtenidos referente a películas y recubrimientos comestibles con aceite esencial de clavo que estudian la actividad antifúngica .....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 8 Artículos obtenidos referente a la encapsulación del aceite esencial de clavo que estudian la actividad antioxidante. ....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 9 Artículos obtenidos referente a la encapsulación del aceite esencial de clavo que estudian la actividad antimicrobiana.....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 10 Artículos obtenidos referente a la encapsulación del aceite esencial de clavo que estudian la actividad antifúngica .....</b>	<b>112</b>

### Índice de figuras

<b>Figura 1 Localización de los aceites esenciales .....</b>	<b>5</b>
<b>Figura 2 Planta en hábitat: Clavo de olor .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 3 Actividades biológicas de <i>Syzygium aromaticum</i> y sus compuestos relacionados .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 4 Estructura química de los principales compuestos del aceite esencial de clavo de olor (<i>Syzygium aromaticum</i>) .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5 Proceso de oxidación lipídica.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 6 Efectos de la alteración microbiológica en pescado .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 7 Diagrama PRISMA con la información de las diferentes fases de la revisión sistemática .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 8 Diagrama PRISMA de los registros obtenidos para la presente revisión sistemática mediante las diferentes bases de datos .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 9 Matrices aplicadas para el estudio de aceite esencial de clavo de olor.....</b>	<b>43</b>

## Resumen

En este estudio se presenta una revisión sistemática sobre la aplicación del aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) en carnes y productos cárnicos. Para ello, se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Pubmed, SCOPUS, ScienceDirect y Web of Science. Se utilizó las palabras clave “*Syzygium aromaticum*”, “essential oil”, “meat”, “meat product”, “chicken”, y “fish”. Posteriormente, se seleccionó los artículos científicos que se encuentren publicados dentro de los últimos 20 años y se excluyeron los documentos que estén enfocados al mejoramiento de la alimentación en animales de consumo humano. Finalmente, se determinó que existen 56 artículos científicos que estudian la aplicación del aceite esencial de clavo de olor en carnes y productos cárnicos. La aplicación del aceite esencial a las matrices alimentarias fue mediante adición directa, películas o recubrimientos comestibles y encapsulación, asimismo, las actividades estudiadas fueron antifúngica, antimicrobiana y antioxidante. Los estudios evidenciaron que la principal molécula del aceite es el eugenol, el cual es un agente inhibidor de bacterias Gram positivas al igual que un potencial antioxidante para retrasar la oxidación lipídica y proteica.

*Palabras clave:* aceite esencial, carne, clavo de olor (*Syzygium aromaticum*).

### **Abstract**

In this study presents a systematic review on the application of clove essential oil (*Syzygium aromaticum*) in meats and meat products. To this end, a literature search was conducted in the databases Pubmed, SCOPUS, ScienceDirect and Web of Science. The keywords " *Syzygium aromaticum*", "essential oil", "meat", "meat product", "chicken", and "fish" were used. Subsequently, scientific articles that are published within the last 20 years were selected and documents that are focused on improving feeding in animals for human consumption were excluded. Finally, it was determined that there are 56 scientific articles that study the application of clove essential oil in meats and meat products. The application of the essential oil to the food matrices were by direct addition, edible films or coatings and by encapsulation, also, the activities studied were antifungal, antimicrobial and antioxidant. Studies showed that the main molecule of the oil is eugenol, which is an inhibitory agent of Gram-positive bacteria as well as an antioxidant potential to delay lipid and protein oxidation.

*Keywords:* essential oil, meat, clove (*Syzygium aromaticum*).

## Introducción

La creciente demanda por alimentos más sanos o con menos aditivos sintéticos ha generado una constante investigación sobre la aplicación de aditivos naturales, los cuales no sean nocivos, tóxicos, ni generen efectos adversos en la salud a largo plazo. Dentro de estas alternativas se encuentra la implementación de compuestos activos, como es el caso de los aceites esenciales, debido a su fuerte actividad biológica, efectividad y seguridad.

El aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) es utilizado como saborizante, aromatizante. Sin embargo, esta especie ha causado un gran interés debido a su fuerte actividad antioxidante, antimicrobiana y antifúngica. La aplicación como bioconservante o aditivo natural se basa en la disminución del crecimiento microbiano, la dificultad de la formación de hidroperóxidos por su efecto antioxidante y el descenso en la capacidad de desaminación de compuestos nitrogenados. De tal forma que existen diversas publicaciones con información dispersa en lo referente a la aplicación del aceite esencial de clavo de olor en carnes y productos cárnicos, por lo cual ha sido necesario realizar una síntesis de la información recabada para con ello determinar y analizar la viabilidad y eficiencia de este aceite esencial aplicado en sus diferentes formas de adición.

En este sentido, la presente revisión permite proporcionar información concreta sobre la aplicación del aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos al igual que evidenciar los avances científicos que se han realizado como alternativa a los métodos tradicionales de conservación actualmente conocidos, así como, la capacidad antioxidante, de tal forma que contribuya con una síntesis de información sobre la efectividad de su aplicación para la comprensión y conocimiento del lector.

El objetivo del presente trabajo de titulación fue realizar una revisión sistemática de los estudios sobre la aplicación del aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos, la cual contribuya información sintetizada sobre los efectos de su aplicación en las matrices alimentarias para la comprensión del lector de manera que, el proyecto se estructuró conforme a los siguientes objetivos: identificar artículos que estudien la aplicación del aceite esencial de clavo de olor en carnes y productos cárnicos, seleccionar las investigaciones que

traten sobre el aceite esencial de clavo de olor en carnes y productos cárnicos, elegir los artículos en base a los criterios de inclusión establecidos, y por último sistematizar los resultados de los documentos elegidos.

Para un mejor entendimiento del presente trabajo, este se organizó en tres capítulos. El primer capítulo corresponde al marco teórico, en donde se encuentran conceptos básicos sobre el tema de investigación, así como, información general. En cuanto al segundo capítulo, en este se enfoca la metodología planteada, refiriéndose a la metodología PRISMA, de tal modo que permita cumplir con los objetivos previamente planteados. Por último, el tercer capítulo registra la cantidad de artículos que se incluyeron en la presente revisión al igual que la sistematización de resultados. Por tanto, para la estructura del trabajo de titulación se acordó una serie de pasos, los cuales permitieron cumplir con los objetivos establecidos. Como primera instancia se realizó la identificación y recopilación de artículos referentes al aceite esencial de clavo de olor. Para ello, se establecieron las bases de datos y las palabras claves para la búsqueda. La segunda etapa consistió en seleccionar los artículos conforme a los criterios de inclusión o en su defecto excluir los documentos que no cumplieran con las características requeridas; además se eliminaron los documentos duplicados. Seguidamente, se examinó completamente los artículos y se escogieron las publicaciones que se incluyeron en la revisión, asimismo, se extrajo la información pertinente en una base de datos. La última etapa consistió en la sistematización de los resultados, por lo que se procedió a realizar la síntesis de información en tablas que permitan obtener resultados sobre la influencia del aceite esencial de clavo de olor en carnes y productos cárnicos.

## Capítulo uno

### Marco teórico

#### 1.1. Aceites esenciales

Según la Farmacopea Europea, se puede definir a un aceite esencial como “un producto oloroso, generalmente de composición compleja, obtenido a partir de una materia prima vegetal definido botánicamente, por destilación con vapor, por destilación seca o por un proceso mecánico apropiado sin calentamiento. Los aceites esenciales normalmente se separan de la fase acuosa mediante un proceso físico que no afecta significativamente a su composición.” (European Pharmacopoeia Commission, 2010).

Los aceites esenciales son compuestos aromáticos volátiles conformados por mezclas de metabolitos secundarios. Estos líquidos aceitosos se pueden obtener mediante un proceso de extracción a partir de cualquier órgano vegetal de una planta un proceso de extracción dependiendo de la materia vegetal (Haro-González et al., 2021). Por ejemplo, si se desea obtener aceite esencial de cierta materia prima como flores se podría utilizar plantas como manzanilla, lavanda, rosas entre otras. En cambio, si se requiere extraer de hojas se trabaja con eucalipto, orégano, romero y demás. Asimismo, de frutos como anís estrellado o nuez moscada, semillas como la mostaza o papaya, corteza como canela, sasafrás o sándalo y raíces como jengibre o cúrcuma (Ceballos Toro & Londoño Giraldo, 2017).

**Figura 1**

*Localización de los aceites esenciales*



*Nota.* Adaptado de *Aceites esenciales: Una alternativa de diversificación para el eje cafetero* por Montoya Cadavid, 2010.

De acuerdo con la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS), la materia prima vegetal se puede utilizar entera, fresca, seca o entera, a excepción del género Citrus, la cual es preferible que su estado sea fresco, ya que se pueden aprovechar mejor sus compuestos.

Los aceites esenciales son productos naturales estructurados por mezclas complejas constituidas por compuestos volátiles como hidrocarburos de la serie polimetilénica, del grupo mono y sesquiterpenos, junto a otros compuestos oxigenados (Pino & Aragüez, 2021). Este tipo de sustancias presentan un olor agradable y en ocasiones un sabor distintivo siendo útiles en cantidades significativas en industrias de aromas y perfumes, los aceites esenciales se obtienen generalmente mediante técnicas de extracción de fragancia como la destilación, el prensado en frío o la maceración (Calo et al., 2015).

### **1.1.1. Historia**

Los aceites esenciales se han utilizado a lo largo de la historia gracias a sus diversas propiedades antifúngicas, antimicrobianas y antioxidantes, principalmente como plaguicidas o para productos referentes al cuidado personal. Los comienzos de la extracción de aceites esenciales tienen origen en los 40 siglos A. C, en donde los egipcios destilaban Coníferas para obtener dichas sustancias para ser utilizadas en el cuidado de la imagen, así como en los embalsamientos de sus faraones (Moscoso Mora, 2014). El proceso de embalsamar se basa en retirar completamente las vísceras del cuerpo para ser reemplazadas con mirra pura y diferentes aceites o extractos vegetales durante 70 días. Una vez culminado el tiempo de maceración se procedía a lavar los cuerpos para ser envueltos en telas o vendajes especiales impregnados de pegamento con la finalidad de preservar sus cuerpos alrededor de 3000 años (Nadal Moncadas, 2015). Por tanto, los egipcios son considerados como los primeros precursores de la extracción de aceites esenciales.

Esta civilización es conocida por ser los primeros alquimistas en descubrir la destilación de forma primitiva. El procedimiento para la obtención de aceites esenciales consistía en calentar hierbas o especias en una olla de arcilla, formando una especie de infusión. En la parte superior se colocaban bolsas o filtros de lino para cubrir el recipiente,

esto permitía que el filtro se impregne de las sustancias volátiles conforme el vapor generado ascendía. Finalmente, se aplastaban dichas bolsas para extraer el aceite obtenido (Moscoso Mora, 2014). Sin embargo, las primeras reseñas escritas que se tiene conocimiento sobre los aceites esenciales fueron mencionadas en escritos de historiadores griegos y romanos como Heródoto, Plinio y Dioscórides, en donde nombran por primera vez el aceite esencial de trementina (Hernández Sánchez, 2011). No obstante, fue Arnau de Villanova quien describió la obtención de aceite esencial de trementina a partir de la resina de pino mediante el proceso de destilación (Bandoni, 2003).

A partir de la edad media, en la antigua Grecia se llevó a cabo una forma diferente de obtener aceites esenciales. Este método consistía en embotellar aceites con partes botánicas de plantas durante cierto tiempo de maceración hasta alcanzar aceites olorosos (Hernández Sánchez, 2011). Pese a que los griegos y los romanos utilizaban los aromas para perfumar sus baños, después de la caída del imperio romano se olvidaron de usar dichas sustancias. Fueron los árabes quienes volvieron a incursionar en la extracción de aceites esenciales mediante la invención de un sistema de refrigeración tipo serpentín, el cual lo incorporaron a un alambique, mejorando la pureza del aceite, al igual que el aislamiento de los principios activos, reduciendo así los desperdicios durante la extracción (Bandoni, 2003).

Durante el siglo XIII, existió un progreso farmacéutico, lo cual favoreció al desarrollo de la obtención de los aceites esenciales, ya que las farmacias comercializaban de 15 a 20 tipos diferentes de dichas sustancias (Hernández Sánchez, 2011). De igual manera, bajo el reinado de Luis XIV debido a la falta de higiene, existió una alta demanda por estas sustancias, las cuales se utilizaban para enmascarar el mal olor que tenían, a tal punto que el rey se vio forzado a prohibir la aplicación estos perfumes (Moscoso Mora, 2014).

Siguiendo con la línea del tiempo, fue en el siglo XVI en donde los aceites esenciales empezaron a extenderse por el continente europeo. Siendo Paracelso quien utilizó por primera vez diversas plantas para extraer sus aceites esenciales e incorporarlos a medicamentos (Bandoni, 2003). En esta época también se tuvo cierto apogeo en cuanto a la

utilización de dichos líquidos aceitosos en baños aromáticos, por lo que tomaron el nombre de la quinta esencia (Hernández Sánchez, 2011).

En el siglo XVII, Demanchy propuso el primer equipo de destilación que utilizaba arrastre de vapor. Cabe mencionar que hasta esta época casi todas las plantas aromáticas que se encontraban en Europa y Medio Oriente ya eran destiladas, es decir, que existían alrededor de 4000 aceites esenciales (Bandoni, 2003). En 1887, Hourton comenzó con el planteamiento de la hipótesis sobre la relación que existe entre carbono e hidrogeno con respecto a la naturaleza de los aceites. Sin embargo, no fue hasta 1910 cuando Wallach estableció la composición y clasificación de los terpenos (Moscoso Mora, 2014). Posteriormente, en 1952 fue desarrollada la técnica de cromatografía de gases por los científicos Archer Martin y Richard Synge (Bandoni, 2003).

Finalmente, gracias a todos los avances en la caracterización y propiedades de los aceites esenciales fue posible ampliar el conocimiento sobre los mismos, lo cual ha permitido tener un renovado impulso sobre la extracción de dichos compuestos con mayor rendimiento y mejor calidad, así como, nuevos estudios e investigaciones sobre especies no exploradas. Siendo factible la implementación de los aceites esenciales debido a sus actividades antitumorales, antifúngicas, antiinflamatoria, antioxidantes y demás, en diferentes industrias como aromaterapia, alimenticia, perfumería, entre otros

### **1.1.2. Composición**

Varios autores han informado que la composición de un aceite esencial es compleja. Esto se debe a que su estructura puede contener alrededor de 300 componentes volátiles y semivolátiles diferentes entre sí. Sin embargo, autores como Acevedo et al., (2013), Jordá Marín (2018) y Cofre Santo (2022) establecen que la estructura de un aceite esencial se puede clasificar en:

**1.1.2.1. Fracción volátil.** Es la parte donde se encuentran los componentes mayoritarios, los cuales conforman entre el 85 al 99% del peso total del aceite. Son compuestos de bajo peso molecular, conformados principalmente por terpenos,

monoterpenos y sesquiterpenos, junto a otros grupos químicos como alcoholes, aldehídos, cetonas y fenoles (Cofre Santo, 2022).

**1.1.2.2. Fracción no volátil.** También conocido como residuo. Constituyen entre el 1 – 15% del peso total del aceite. Por lo general, son compuestos que se encuentran solo en trazas, los cuales son componentes de alto peso moléculas tales como ácidos grasos, esteroides ceras, carotenoides, esteroides y flavonoides (Díaz, 2017).

### **1.1.3. Clasificación**

Montoya Cadavid (2010), Astudillo (2014), argumentan que los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con su consistencia, origen y naturaleza química de sus compuestos mayoritarios.

**1.1.3.1. Consistencia.** A su vez se clasifican en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas.

**1.1.3.1.1. Esencias fluidas.** Se refiere a aceites que se encuentran como líquidos volátiles a temperatura ambiente esencia de salvia, albahaca, limón.

**1.1.3.1.2. Bálsamos.** Presentan una consistencia espesa, su volatilidad es más baja comparada con las anteriores y son propensas a presentar reacciones de polimerización (Montoya Cadavid, 2010). Su estructura cuenta con una gran cantidad de sesquiterpenos en su estructura, así como un alto contenido de ácido benzoico y de ácido cinámico como por ejemplo el bálsamo de Estoraque (Moscoso Mora, 2014). Por ejemplo, el bálsamo de copaiba o el bálsamo del Benjuí.

**1.1.3.1.3. Oleorresinas.** Son mezclas homogéneas entre resinas y aceites esenciales, presentan el aroma de las plantas en forma concentrada. Por lo general, son líquidos viscosos o semisólidos como la trementina o la oleorresina de paprika (Astudillo Segovia, 2014)

**1.1.3.2. Origen.** Se clasifican en naturales, sintéticos y artificiales.

**1.1.3.2.1. Naturales.** Su composición es variada. Estos se obtienen directamente de la planta y no son sometidos a ninguna transformación física o química, por lo que se

obtienen rendimientos muy bajos, por lo que sus costos de producción son muy elevados en el mercado (Rodríguez Álvarez et al., 2012).

**1.1.3.2.2. Sintéticos.** Como su nombre lo indica, están formados por una mezcla de compuestos obtenidos a través de procesos de síntesis química. Debido a que su forma de producción presenta menor costo, se pueden utilizar como aromatizantes y saborizantes en la actualidad (Rosales Acevedo, 2014).

**1.1.3.2.3. Artificiales.** Son procesados por el hombre, para lo cual es necesario enriquecer las esencias naturales con algunos componentes como el linalool o anetol. Del mismo modo, se consideran las mezclas de varias esencias extraídas de distintas plantas que conformen una sola (Moscoso Mora, 2014).

**1.1.3.2.4. Naturaleza Química.** Si bien es cierto, la composición de un aceite esencial es compleja. Sin embargo, desde el punto de vista químico es posible clasificar estas sustancias de acuerdo con la estructura química de sus compuestos mayoritarios. Siendo catalogados en tres grupos principales monoterpenoides, sesquiterpenoides y compuestos oxigenados.

**1.1.3.2.5. Monoterpenoides.** Se refiere a aceites esenciales que como su nombre lo dice, son ricos en monoterpenos, los cuales son conformados por dos unidades de isopreno (Llorens Molina, 2016).

**1.1.3.2.6. Sesquiterpenoides.** Estos componentes pueden ser alifáticos o cíclicos. Sus principales componentes son los sesquiterpenos, constituidos tres unidades de isopreno, es decir que contienen 15 moléculas de carbono (Moscoso Mora, 2014).

**1.1.3.2.7. Compuestos oxigenados.** Son ricos en compuestos fenilpropanoides, junto a otros compuestos oxigenados tales como alcoholes, aldehídos, cetonas y ésteres.

#### **1.1.4. Propiedades**

Con respecto a las propiedades físicas, un aceite esencial se caracteriza por tener una apariencia viscosa. A temperatura ambiente presentan una coloración ligeramente amarilla que puede ser casi transparente, clara o intensa (algunos con trazas azules) dependiendo de la materia prima de donde es extraído (Cofre Santo, 2022). De igual manera,

el olor y sabor que desprenden es característico de la planta u órgano vegetal. Son insolubles en disolventes polares como agua o amoniaco, pero si en disolventes orgánicos o mezclas con alcoholes (Rosales Acevedo, 2014). La densidad relativa que poseen es menor a 1 g/mL, es decir, que es menor a la del agua. Sin embargo, existen ciertas excepciones que presentan una densidad mayor a este valor como es el caso del aceite esencial de canela o de ajo (Haro-González et al., 2021b). También presentan un índice de refracción característico, esto se debe a que tienen la capacidad de desviar la luz polarizada, siendo posible medir la pureza de estos (Bandoni, 2003).

En cuanto a las propiedades químicas se considera principalmente las reacciones de alteración con el medio. Principalmente un aceite esencial es inestable ante factores como luz solar, oxígeno, presencia de ácidos o bases fuertes. En caso de ser expuesto a alguno de estos parámetros, se genera una degradación química de sus componentes. Se oxidan fácilmente, esto se puede observar mediante cambios de color en su apariencia. No presenta toxicidad, sin embargo, algunos pueden provocar efectos adversos en personas sensibles. Es por lo que se recomienda una dilución previa o colocar una cantidad pequeña en el producto debido a su concentración (Rosales Acevedo, 2014).

#### **1.1.5. Actividad biológica**

Cada aceite esencial contiene en su estructura una variedad de compuestos ajenos a la matriz vegetal de extracción, los cuales otorgan ciertas propiedades o características a estos fluidos. Varios autores como Burt (2004), Astudillo Segovia (2014) & González Falconi (2020) concuerdan que dependiendo de las moléculas bioactivas mayoritarias que se encuentran presentes en los aceites esenciales es posible atribuir diversas actividades biológicas. Algunas de estas son antimicrobianas, analgésicas, anticancerígenas, antifúngicas, entre otras. Sin embargo, las más estudiadas en el ámbito alimentario son las siguientes:

**1.1.5.1. Actividad antimicrobiana.** Autores como Burt (2004) y Requena et al., (2019) expresan que los aceites esenciales de plantas como orégano, mostaza, tomillo y

clavo de olor presentan un mayor efecto de inhibición del crecimiento microbiano debido a los componentes mayoritarios que se encuentran en su composición.

En base a investigaciones realizadas por Xu et al. (2016) y Nisar et al. (2019), se puede atribuir que el mecanismo de acción contra las bacterias patógenas se debe a la influencia de los aceites esenciales en la pared celular, debido a que se provoca una fuga de ciertos compuestos al momento de ingresar a la membrana celular y mitocondrial, lo cual desencadena en una muerte celular para los microorganismos (Moscoso Mora, 2014). Asimismo, los monoterpenos interactúan con los fosfolípidos de las membranas celular, lo cual afecta la estructura ordenada de la misma, provocando un deterioro celular (González Falconi, 2020).

Cabe mencionar que existe un mayor efecto inhibitorio en bacterias Gram positivas frente a las Gram negativas. Esto se debe a la presencia e interacción directa con la capa de peptidoglicano presente en las bacterias Gram positivas. Mientras que las bacterias Gram negativas su membrana contiene lipopolisacáridos, los cuales impiden el paso de las moléculas hidrofóbicas generando una barrera entre estos microorganismos y el aceite esencial (Cofre Santo, 2022).

**1.1.5.2. Actividad antioxidante.** Se puede definir a un antioxidante como una molécula que como su nombre lo dice, retrasa significativamente la oxidación de las células. La actividad antioxidante de un aceite esencial está relacionada con la presencia de metabolitos secundarios, así como, con el porcentaje de las moléculas bioactivas presentes en el mismo. Según las investigaciones de Arango et al., (2012), Boom et al. (2018) y Huaraca Aparco et al. (2021) algunos de los compuestos relacionados con esta actividad son el timol, el eucaliptol, el rosmanol y el carvacrol.

**1.1.5.3. Actividad antifúngica.** Los hongos son patógenos que están relacionados con la pudrición de una matriz vegetal, debido a que afectan negativamente la estructura de ésta, provocando efectos adversos en los seres vivos (Guédez et al., 2014). A su vez estos organismos son capaces de generar micotoxinas, principalmente las aflatoxinas. La actividad antifúngica está asociada con los compuestos monoterpenos, en especial el

timol, carvacrol y eugenol (Barrera Necha & García Barrera, 2008). Con base en los estudios realizados por Shelz et al., (2006) y Park et al., (2009) establecen que el mecanismo de acción de los aceites esenciales se debe a los cambios que ocurren en la morfología de los hongos en cuestión, debido a los constituyentes lipofílicos que generan la destrucción de la membrana microbiana, así como, daños en la capacidad reproductiva y la disminución de la producción de toxinas.

#### **1.1.6. Usos**

Existen diversas aplicaciones de los aceites esenciales a nivel industrial, esto se debe a la actividad biológica que presentan sus compuestos mayoritarios. Es por lo que es necesario analizar su composición química, pureza y propiedades organolépticas del mismo (Hernández Sánchez, 2011). Estas sustancias se pueden utilizar en la industria farmacéutica, tanto en la elaboración de medicamentos, la fabricación de jarabes o en la obtención de suspensiones (Moscoso Mora, 2014). Así también se emplean en la producción de fármacos tópicos o sistémicos para infecciones producidas por hongos o bacterias, debido a que sus principios activos ejercen un efecto sinérgico ante estos microorganismos (Ghavam et al., 2020). Del mismo modo, se utilizan como insecticidas naturales o plaguicidas ecológicos para controlar la presencia de plagas en cultivos gracias a sus propiedades insecticidas y acaricidas (Astudillo Segovia, 2014).

En lo que respecta a la implementación de estos compuestos aceitosos en la industria cosmética, se observan en la adición de productos tales como fragancias, colonias, perfumes, lociones, jabones e incluso maquillaje. Esto se debe a que los fenoles y terpenos actúan como mensajeros químicos. Los aceites esenciales se mezclan con los que se encuentran en nuestra piel reforzando la nota de fondo, esta es la razón por la cual a cada piel le confiere un mismo perfume, un aroma peculiar y diferente. Igualmente, en el uso de aromaterapia, como por ejemplo el aceite de jazmín como relajante o en la aplicación de aceite de lavanda para heridas y quemaduras entre otros (Astudillo Segovia, 2014).

Gracias a la concentración de aroma que puede llegar a contener un aceite esencial se pueden utilizar como desodorantes industriales en productos como pintura o plásticos con

la finalidad de enmascarar olores desagradables (Moscoso Mora, 2014). Asimismo, la industria papelería ha optado por implementar fragancias a cuadernos, tarjetas, papel higiénico entre otros productos. De igual manera, este tipo de sustancias aromáticas son utilizadas en la industria tabacalera como esencias y saborizantes tanto en cigarrillos mentolados como en cigarrillos electrónicos, conocidos como vapor. (Hernández Sánchez, 2011).

Algunas plantas han desempeñado un papel importante en la industria alimentaria como especias o hierbas aromáticas. Dentro de las aplicaciones alimenticias estos compuestos pueden ser utilizados en la elaboración de licores o productos dietéticos con la finalidad de enmascarar sabores amargos (Astudillo Segovia, 2014).

Igualmente, se emplean como aromatizantes y saborizantes ya sea para modificar o realzar el aroma en productos de confitería (caramelos, chicles y chocolates), productos lácteos y productos cárnicos (Cofre Santo, 2022).

Finalmente, son utilizado como aditivos alimentarios debido a presencia de compuestos fenólicos a las que se les atribuye su actividad antimicrobiana, antifúngica y antioxidante dependiendo de los mismos (Correa Padrón, 2010).

En los últimos años, los aceites esenciales han sido estudiados como posibles conservantes alimenticios debido a la actividad antimicrobiana que poseen (Uguña Minchala, 2019). Principalmente, se han aplicado en la tecnología de los recubrimientos comestibles con el objetivo de enriquecer estas películas con dichas sustancias con la finalidad de estudiar su eficacia contra microorganismos patógenos responsables de las alteraciones del producto (Correa Padrón, 2010). De igual manera, se han utilizado para reducir el deterioro del alimento causado por la oxidación de las moléculas, ya que la actividad antioxidante de los mismos permite retrasar este proceso mediante la eliminación de radicales libres (Cofre Santo, 2022).

## **1.2. Clavo de olor**

Su nombre científico es *Syzygium aromaticum*, también se conoce como *Eugenia caryophyllus*, (sinónimo). Es una planta originaria del sudeste asiático, específicamente de las islas Molucas – Indonesia; sin embargo, en la actualidad se cultiva en diferentes países

con clima tropical. Es un árbol perteneciente a la familia Myrtaceae (Mirtáceas), su tamaño aproximado es de 8 a 12 metros (Batiha et al., 2020). Principalmente, se cultiva en zonas costeras, las cuales tengan una altitud máxima de 200 metros sobre el nivel del mar.

### **1.2.1. Clasificación taxonómica**

Cuando una planta es descubierta, es necesario estudiar el parentesco que tiene con otras especies con la finalidad de clasificar de una forma ordenada y secuencial cada relación (descendencia, similitud, geográfica y tróficas) que existe con la misma, eso se conoce como una descripción taxonómica (Gutiérrez & Villamil, 2020). En este caso, la especie *Syzygium aromaticum* fue descrita por Elmer D. Merrill & Lily M. Perry en 1929, su investigación fue publicada en *Memoirs of the American Academy of Arts and Science*. De acuerdo con la base de datos Trópicos, en conjunto con el Herbarium Huamangensis de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, la clasificación taxonómica del clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) se muestra a continuación:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Subclase: Rosidae.

Orden: Myrtales.

Familia: Myrtaceae.

Subfamilia: Myrtoideae (Hassine et al., 2021)

Género: *Syzygium*

Especie: *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. G.L.M. Perry.

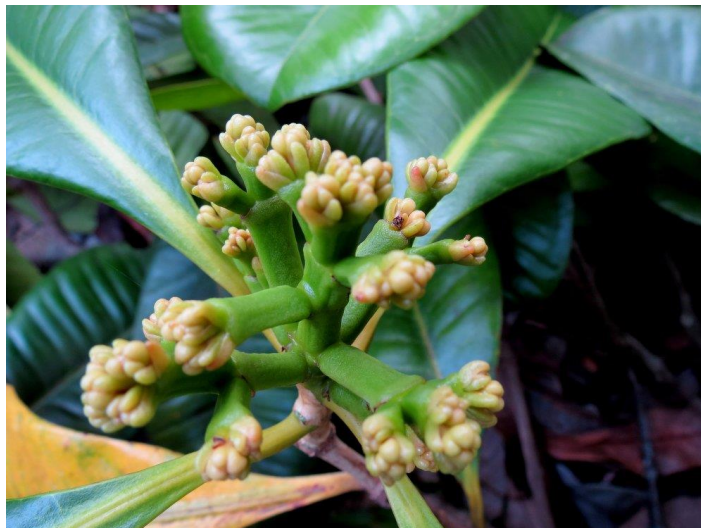
### **1.2.2. Descripción botánica**

El árbol del clavo (clavero) se compone de un tallo de 40 centímetros de diámetro; hojas grandes que tienen una forma ovada – oblongas de color verde similares al laurel, las mismas cuentan con un largo de hasta 12 centímetros; posee flores actinomorfas y hermafroditas, las cuales están formadas por cuatro sépalos las cuales forman las yemas de

la planta; la corola está formada por numerosos estambres libres de color rosado pálido (Escalante Valverde, 2020; Palomino, 2013).

### Figura 2

*Planta en hábitat: Clavo de olor*



Nota. Adaptado de *Jardín Botánico de Misuri*, por Abdul Haris, I. 2013, Trópicos CC BY-NC-ND 3.0

El clavo, es el brote o botón maduro proveniente de la flor del *Syzygium aromaticum*, este es recolectado de los capullos cuando se encuentra de color verde hasta que alcanza un color rojizo o marrón oscuro (Torres-Aguirre et al., 2018). La floración comienza luego de cuatro años de plantación, este proceso se realiza de forma manual o química mediante una fitohormona (natural) en la etapa de prefloración, la cual libera etileno en el tejido vegetal, generando así una maduración rápida. Una vez que los brotes alcanzan el color deseado son comercializados (Cortés-Rojas et al., 2014). Los botones tienen una forma similar a la de un clavo, constan de un tubo con un cáliz en la parte superior en donde encierra la flor inmadura, miden aproximadamente de 1 a 1.5 centímetros de longitud (Uguña Minchala, 2019).

#### **1.2.3. Composición química**

Autores como Cortés-Rojas et al., (2014), Torres-Aguirre et al., (2018) y (Batiha et al., 2020) han documentado que el clavo de olor presenta una gran cantidad de compuestos fenólicos. En base a sus investigaciones se puede definir que estos brotes contienen en su

estructura moléculas bioactivas, las cuales son responsables de la actividad biológica de la materia vegetal. Sus principales compuestos se muestran a continuación:

**1.2.3.1. Aceite esencial.** Representa alrededor del 18% de contenido en la planta. Generalmente, los compuestos mayoritarios que se encuentran presentes en el aceite son eugenol, acetato de eugenol y  $\beta$ -cariofileno (Haro-González et al., 2021). De igual manera Cortés – Rojas et al., (2014) expresa que en la composición del aceite también se encuentra presente el compuesto  $\alpha$ -humuleno.

Cabe mencionar que la composición química de los aceites esenciales varía de acuerdo con diversos factores; sin embargo, en la mayoría de los casos los componentes mayoritarios son los mismos, simplemente se diferencian en su concentración, pero existen excepciones (Escalante Valverde, 2020).

**1.2.3.2. Ácidos fenólicos.** En este caso, el clavo de olor contiene ácidos hidroxibenzoicos, hidroxicinámicos e hidroxifenilpropenos (Batiha et al., 2020). Siendo el ácido gálico el compuesto principal, debido a que se encuentra en mayor cantidad. Seguido de los ácidos: ferúlico, cafeico, elágico y salicílico (Cortés-Rojas et al., 2014). Según Urías – Orona, et al., (2016), los ácidos fenólicos son compuestos que están relacionados con el estrés oxidativo, por lo que influye en la actividad antioxidante de los mismos.

**1.2.3.3. Fitoesteroles.** Son esteroides vegetales que forman parte de la membrana celular, ayudan a la reparación de células, así como, en la formación de nuevas. Siendo el Campesterol el principal fitoesterol presente en el clavo de olor (Díaz Ortiz, 2016).

**1.2.3.4. Taninos.** Son compuestos fenólicos que poseen un efecto astringente, son quienes proporcionan una barrera protectora contra microorganismos patógenos (Escalante Valverde, 2020). Haro González et al. (2022) menciona que estos compuestos provienen del ácido gálico, por lo que son taninos hidrolizables.

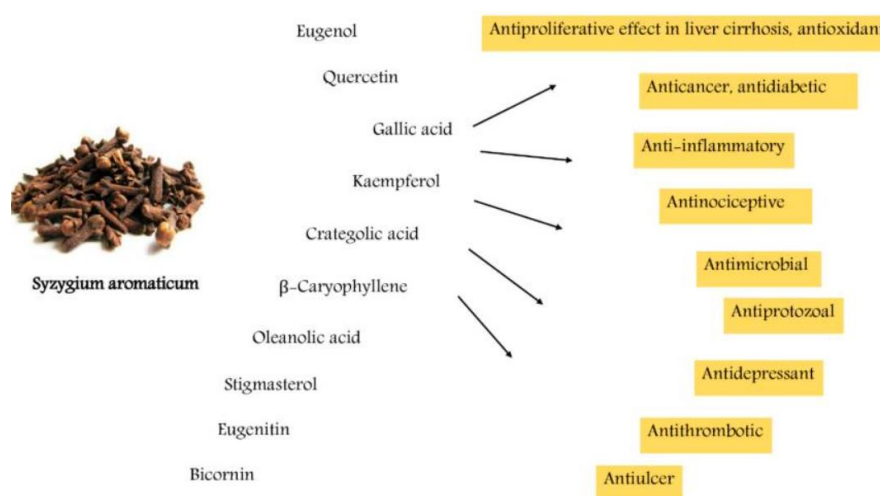
**1.2.3.5. Flavonoides.** Son pigmentos vegetales, los cuales influyen en la coloración de los órganos botánicos como hojas, flores y frutos (Palomino, 2013). Principalmente se encuentran quercentina y kaempferol, al igual que ciertas moléculas derivadas, glucosilados, en menor concentración (Batiha et al., 2020).

### 1.2.4. Actividad biológica

El clavo de olor es una de las especias mayormente utilizadas a mundial, esto se debe a los compuestos activos que presenta en su composición química. Cada una de estas moléculas posee cierta actividad biológica dependiendo de su estructura, la cual le otorga ciertas propiedades, por lo que se ha estudiado durante años.

**Figura 3**

Actividades biológicas de *Syzygium aromaticum* y sus compuestos relacionados



*Nota.* Adaptado de *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae): *Traditional Uses, Bioactive Chemical Constituents, Pharmacological and Toxicological Activities* por Batiha et al., 2020, *Biomolecules*

Las investigaciones de Shan et al (2005) y Pérez – Jiménez et al., (2010) informaron que, entre las especias, el clavo de olor presentó una mayor actividad antioxidante, debido a su alto contenido en compuestos polifenoles, lo cual destaca su potencial como eliminador de radicales libres. Siendo el ácido gálico, glucósidos de flavonol, compuestos volátiles fenólicos y taninos los principales compuestos encontrados (Batiha et al., 2020).

Por otro lado, Salgado et al. (2013) argumentan que sus compuestos mayoritarios, principalmente eugenol, el aceite esencial de clavo de olor presenta un poderoso efecto antimicrobiano frente a patógenos como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* e incluso *Salmonella* Typhimurium. De igual manera, Acedo & Bardales (2020) expresan que el aceite esencial posee una fuerte actividad antifúngica capaz de inhibir hongos como *Fusarium oxysporum*, *Penicillium* spp. e incluso del género *Aspergillus*.

Sin embargo, numerosos estudios como los de Nisar et al. (2019) y Radünz et al. (2019) argumentan que existen ciertas limitaciones sobre su uso, debido a su olor, volatilidad e inestabilidad en condiciones normales.

### **1.2.5. Usos**

Los botones maduros del clavo de olor han sido utilizados a lo largo de la historia, tanto desde el punto de vista empírico sus principales aplicaciones se han dado en la medicina ancestral, así como, en el ámbito gastronómico (Escalante Valverde, 2020). Sin embargo, debido a los estudios realizados sobre la composición química de esta planta se han incrementado los usos de esta especie.

El clavo de olor ha sido utilizado como remedio natural para contra una variedad de enfermedades o para aliviar malestares como son vómitos, trastornos hepáticos, dolor de cabeza, afecciones respiratorias, problemas con la mucosa intestinal, tuberculosis, malaria, tumores, ciertos tipos de cáncer, entre otras. Debido a las propiedades expectorantes, estimulantes, digestivas, antisépticas y demás (Batiha et al., 2020).

Esta especie es conocida por tener un aroma intenso, así como, un sabor fuerte; estos atributos provocan que sea una de las especies mayormente utilizadas en diversos platillos culinarios tanto salados como dulces (Torres-Aguirre et al., 2018). No obstante, estos brotes también presentan un efecto inhibitorio frente al desarrollo de microorganismos patógenos que pueden alterar al producto, por lo que se utilizan como conservantes naturales (Escalante Valverde, 2020).

Asimismo, Haro – González et al., (2021) establece que esta especie es una opción como bioconservante en el procesamiento de carnes, debido a las propiedades antioxidantes y antimicrobianas que esta planta tiene.

Igualmente, se encuentra como analgésico y antiséptico en la industria dental; para ello, los botones florales son aplastados para ser utilizados en enjuagues bucales y en tabletas para infecciones dentales o dolor de muelas (Palomino, 2013).

De igual manera, se considera un remedio casero para contrarrestar el mal aliento, este consiste en masticar uno de estos brotes, ya que su potente aroma ayuda a mejorar el

aliento. Asimismo, Gracias a su fuerte aroma es utilizado como insecticida natural, especialmente en suspensiones o cremas repelentes para mosquitos (Mamani & Huallpa, 2014).

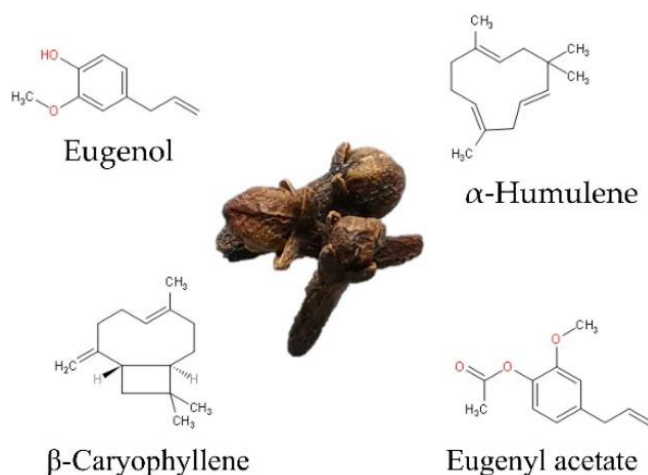
### 1.3. Aceite esencial de clavo de olor

El aceite esencial de clavo se refiere a un líquido aceitoso, incoloro o de color amarillo pálido, el cual presenta un sabor picoso y fresco, al igual que un olor intenso distintivo de la planta. Una vez extraído es necesario colocar en frascos ámbar debido a que es una sustancia fotosensible y termolábil en condiciones normales. No obstante, gracias a sus diversas propiedades este aceite ha sido investigado.

De acuerdo con la investigación de Uguña Monchala (2019), los principales compuestos mayoritarios son eugenol (70-90%), acetato de eugenol (15%),  $\beta$ -cariofileno (5-12%) y  $\alpha$ -humuleno (2.1%), generalmente. Sin embargo, la composición del aceite esencial depende de otros factores intrínsecos y extrínsecos. En la figura 4 se puede observar la estructura de cada una de estas moléculas.

**Figura 4**

*Estructura química de los principales compuestos del aceite esencial de clavo de olor (Syzygium aromaticum)*



*Nota.* Adaptado de *Clove Essential Oil (Syzygium aromaticum L. Myrtaceae): Extraction, Chemical Composition, Food Applications, and Essential Bioactivity for Human Health* por Haro – González et al., 2022, Molecules.

## **1.4. Carne**

Según el Codex Alimentarius, se puede definir a la carne como “todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin”. Partiendo de este concepto, se puede referir a la carne como aquellos tejidos animales que sirven como alimento o que dan lugar a la elaboración de productos procesados en donde se emplean tales tejidos.

En si la carne engloba a casi todas las especies animales. Sin embargo, Forrest et al. (1979) indican que las principales categorías, en términos de consumo, son carnes rojas, las cuales provienen de animales como cerdos, ovejas o de ganado vacuno, aunque en algunas regiones se consumen carne de animales exóticos o de caza; carne de aves (gallinas, pavos, gansos e incluso palomas); y carne de animales marinos, principalmente peces, aunque se incluyen otros animales acuáticos como langosta, cangrejos, ostras y demás. Por otro lado, Warris (2003) y Madrid Vicente (2014) señalan que la carne de aves, reptiles y peces se consideran como carnes blancas.

### **1.4.1. Composición**

De manera general, la carne de animales de abasto está compuesta principalmente por agua (65-80%), proteína (16-22%), grasa (3-13%). Aunque, también contiene otras sustancias en pequeñas cantidades, como hidratos de carbono, minerales, vitaminas y sustancias no proteicas (aminoácidos libres, péptidos, nucleótidos y creatina). Sin embargo, la composición dependerá de la especie, edad, sexo, alimentación, zona anatómica u órgano (Ordóñez Pereda et al., 1999). Asimismo, la carne de pescado es fuente de proteínas, vitaminas y minerales, su contenido de grasa depende de la morfología de la especie.

### **1.4.2. Valor nutritivo**

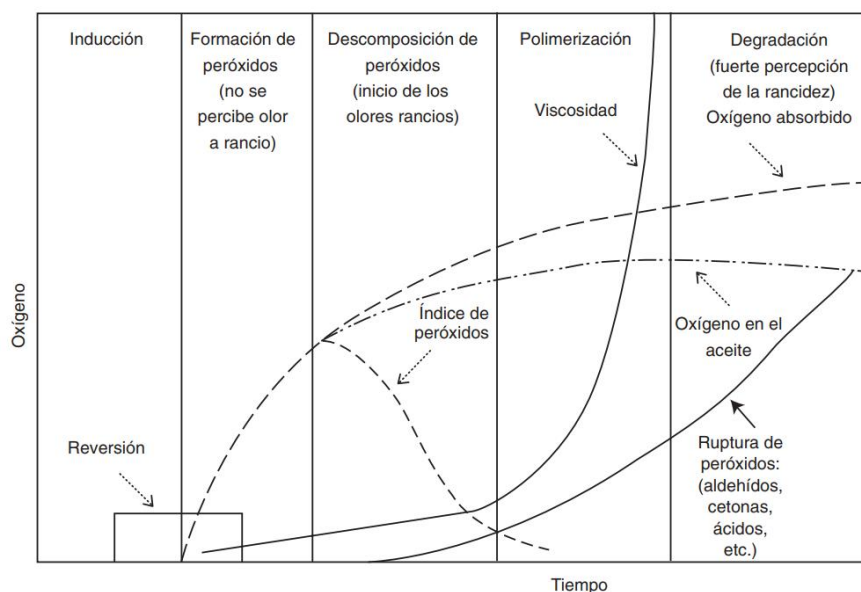
El consumo de la carne y productos cárnicos está enfocado en el valor nutricional que aportan a nuestro organismo. La importancia del valor nutricional radica en la calidad de las proteínas, ya que contiene todos los aminoácidos esenciales de una dieta balanceada. De igual forma, la carne es fuente de vitaminas del grupo B (B1, B<sub>2</sub>, B6 y B12) y vitamina A, además es contiene minerales como hierro y zinc (Hetta et al., 2020).

### 1.4.3. Rancidez de la grasa

Los ácidos grasos insaturados, al tener dobles enlaces en su molécula, son susceptibles a deterioro oxidativo, procesos de peroxidación, los cuales provocan cambios sensoriales, principalmente sabores y aromas desagradables y pérdida de nutrientes, lo cual limita la vida útil del alimento, al igual que genera problemas de comercialización (Ruano, 2010). Existen algunos factores como la presencia de oxígeno, cambios en la temperatura, incidencia de la luz y presencia de agentes prooxidantes, que aceleran la velocidad de enranciamiento oxidativo (Roy et al., 2022). La oxidación lipídica comienza con la formación de peróxidos, luego estas moléculas se autooxidan formando compuestos oxidativos secundarios, aldehídos y cetonas, generando una degradación de los lípidos. Para medir esta degradación es posible analizar mediante los siguientes métodos:

**Figura 5**

*Proceso de oxidación lipídica*



*Nota.* Adaptado de *Química de los alimentos* (p. 287) por Badui Dergal, 2006, Pearson

**1.4.3.1. Índice de peróxidos.** Este método indica el estado de oxidación de la grasa mediante la cantidad de productos primarios presentes en las etapas iniciales de la misma. El índice de peróxido permite medir el número de peróxidos e hidroperóxidos que se formaron al inicio de la oxidación. Los valores de peróxido se expresan en miliequivalentes

de peróxido por kilogramo de grasa (meq O<sub>2</sub> activo/Kg de grasa) (Nisar et al., 2019). Cuando la carne está en contacto con el ambiente, el oxígeno que se encuentra en el entorno ataca a los ácidos grasos insaturados y poliinsaturados presentes en la carne, lo cual genera la formación de hidroperóxidos y peróxidos (Guran et al., 2015). De tal forma que la formación de estas moléculas mide el progreso de la oxidación.

Los hidroperóxidos y peróxidos son moléculas inestables que se autooxidan dando lugar a la formación de productos de oxidación secundarios, como se menciona en el siguiente apartado. Sin embargo, este método se realiza en la grasa extraída del producto en cuestión, por lo que puede resultar en valores bajos pero el alimento puede evidenciar un estado de rancidez avanzado debido a que ya existe la descomposición de estas moléculas en aldehídos y cetonas (Feiner, 2018).

**1.4.3.2. Índice TBAR.** Es un método espectrofotométrico que permite cuantificar las sustancias que reaccionan al ácido tiobarbitúrico. El índice TBAR es un indicador de la etapa secundaria de la oxidación lipídica, autooxidación. Cuando un peróxido se descompone ocurre una oxidación secundaria, en donde se obtienen aldehídos y cetonas. El principal aldehído que se produce de esta reacción es el malondialdehído (Hu et al., 2021). Ansarian et al., (2022) y Venkatachalam & Lekjing (2020) mencionan que estas moléculas son responsables de generar olores y sabores desagradables en la carne. Por lo que el índice TBAR, mide el contenido de malondialdehído que se formó a partir de los hidroperóxidos y peróxidos en el alimento, proporcionando así información sobre el progreso de la oxidación del producto (Guran et al., 2015).

Es la técnica más utilizada para evaluar la oxidación lipídica, ya que a diferencia del contenido de ácidos grasos y el valor de peróxidos, se realiza sobre el alimento, más no sobre la grasa extraída (Feiner, 2018). Por tal motivo, se usa ampliamente en carne y productos cárnicos.

**1.4.3.3. Contenido de ácidos grasos libres (AGL).** El análisis del contenido de ácidos grasos libre determina el grado de rancidez hidrolítica de la grasa. La rancidez hidrolítica ocurre durante el almacenamiento de la carne, ya que la presencia de humedad

provoca una hidrólisis en los triglicéridos de la carne, a su vez las enzimas de la carne, principalmente lipasas, aceleran este proceso (Jalali et al., 2016). Generalmente, se expresa como la relación entre el porcentaje de ácido oleico sobre el contenido de grasa de la carne o de los productos cárnicos. No obstante, esta oxidación no tiene un impacto fuerte en la rancidez de la carne (Feinar, 2018).

#### **1.4.4. Oxidación proteica**

Las proteínas en los productos cárnicos pueden sufrir oxidación, que generalmente involucra la ruptura de enlaces de disulfuro y otros enlaces en la estructura de la proteína. Esto puede provocar cambios en la textura, el color y la firmeza de la carne, así como afectar la retención de agua (Fernández Silvestre, 2016).

La oxidación de proteínas puede resultar en la formación de compuestos reactivos que afectan negativamente el sabor y la calidad sensorial del producto. La oxidación proteica está relacionada con la disminución de grupos sulfhidrilo o grupos tiol, los cuales sufren de reacciones de condensación, obteniendo así compuestos disulfuros (Martín Mateos, 2013).

**1.4.4.1. Metamioglobina (MetMb).** La mioglobina es una proteína sarcoplasmática, la cual se encuentra presente en el músculo. Esta molécula se encuentra conformada por una parte proteica (globina) y por un anillo plano, el cual a su vez está constituido por 4 anillos pirrólicos y un átomo de hierro situado en el centro (Ordóñez Pereda et al., 1999). Cuando el oxígeno entra en contacto con la mioglobina se forma una molécula de oximioglobina.

La principal causa de decoloración en la carne es gracias a la oxidación de la oximioglobina (rojo brillante) a la metamioglobina (color marrón) (Feiner, 2018). Este cambio indica que el ion hierro ha cambiado. Según Montgomery et al. (2003) la principal causa de la degradación es la oxidación lipídica. El contenido de MetMb está relacionada con factores intrínsecos de la carne como sexo, edad, régimen de vida entre otros. Sin embargo, la decoloración es mayor en carnes rojas y menor en la carne blanca debido a que la concentración de mioglobina es menor a 1 mg/g de músculo (Ordóñez et al, 1999).

**1.4.4.2. Carbonilos totales.** Al igual que los lípidos, las proteínas son susceptibles ante la presencia de especies reactivas de oxígeno (radicales superóxido e hidroxilo, peróxidos e hidroperóxidos). Ansarian et al. (2022) explican que se puede generar una oxidación proteica indirecta debido a la formación de aldehídos y cetonas (productos de oxidación de los peróxidos e hidroperóxidos), ya que estas moléculas se pueden unir a cadenas laterales de aminoácidos, como arginina, lisina y treonina) mediante enlaces covalentes o a residuos de aminoácidos como prolina, generando compuestos carbonilos.

El método DNPH permite determinar la cantidad total de carbonilos totales de una muestra. Sin embargo, este ensayo no es factible, ya que carece de especificidad, debido a que no reacciona únicamente con los grupos carbonilos procedentes de las proteínas, sino que también puede reaccionar con carbonilos generados por la oxidación lipídica (Fernández Silvestre, 2016).

**1.4.4.3. Grupo tiol.** El valor del grupo tiol se utiliza para evaluar la oxidación de las proteínas en productos cárnicos. Los tioles pueden ser detectados mediante el método DTNB que utiliza el reactivo de Ellman (reactivo cromogénico), el cual contiene un enlace disulfuro altamente oxidante. No obstante, este ensayo es sensible a altas temperaturas y a pH cercanos a 7 (Winther & Thorpe, 2014).

## **1.5. Productos cárnicos**

Se consideran productos y derivados cárnicos a aquellos productos elaborados a base de carne, despojos y subproductos comestibles provenientes de animales aptos para el consumo humano. Su formulación puede contener estos tejidos en su totalidad o parcialmente. Además, se admiten otros ingredientes como especias frescas o en polvo, condimentos y aditivos autorizados (conservantes, antioxidantes, espesantes entre otros) (Ordoñez et al., 1999). Si bien es cierto existen diversos productos cárnicos en la actualidad, por lo que existen diversas formas de agrupar a este tipo de productos; no obstante, una de las principales formas de clasificar a los productos cárnicos es de acuerdo con el proceso de elaboración, como se muestra a continuación:

### **1.5.1. Productos cárnicos frescos**

Son aquellos productos que están elaborados a base de carne, con o sin grasa, los cuales pueden o no tener en su formulación condimentos y especias. Sin embargo, no son sometidos a ningún tratamiento térmico ni salazón, como por ejemplo las hamburguesas preformadas, la carne molida, carnes rellenas, entre otros (Ordoñez et al., 1999).

#### **1.5.2. *Productos cárnicos adobados***

Son alimentos elaborados a partir de piezas y trozos de carne identificables, los cuales son sometidos a la adición de adobos o condimentos que les confieren un sabor característico. Sin embargo, no tienen tratamiento térmico alguno. No obstante, la conservación de este tipo de productos se debe a la acidificación de sus tejidos por medio de soluciones de adobo, como es el caso de las pechugas marinadas en salmuera o pavos listos para preparar.

#### **1.5.3. *Embutidos crudos curados***

Se refiere a los productos cárnicos elaborados con carne y grasa, ya sea picada o troceada, a los cuales se les adiciona sales de curado como cloruro de sodio, nitritos y/o nitratos, al igual que aditivos y especias; hasta formar una pasta que es introducida mediante presión en tripas sintéticas o naturales. Una vez envueltos, son sometidos a un proceso de secado o de maduración (Sayas Barberá et al., 2007).

Como característica adicional, en la elaboración de estos productos se busca generar una fermentación láctica, la cual es necesaria para aportar un perfil sensorial característico, obteniendo así las propiedades organolépticas deseables en este tipo de productos (Feinar, 2006). En este grupo se encuentran productos como el chorizo, salami, longaniza y productos similares.

#### **1.5.4. *Salazones cárnicas***

Son aquellos productos que provienen de carne en trozos o piezas, las cuales son sometidos a un proceso de salazón, ya sea de forma sólida o en soluciones de salmuera, asimismo pueden tener procesos de secado y/ o ahumado, como el jamón curado (pernil) (Ordoñez et al., 1999).

### **1.6. *Pescado***

El pescado es considerado como una carne blanca. La musculatura de un pescado puede dividirse en cabeza, cuerpo y aletas o cola. Sin embargo, la longitud de sus fibras es cortas en comparación con las fibras de los mamíferos (Ordóñez Pereda et al., 1999).

### **1.6.1. Composición**

De forma general, la composición de la carne de pescado presenta en su estructura un contenido de agua (53-80%), proteínas (15-20%) y grasas (5-20%); aunque la composición depende de la especie, edad, estado fisiológico, época y región de captura (Ordoñez et al., 1999). Asimismo, son fuentes de vitaminas A, B12 y D y de minerales como potasio y fósforo (Cervera, Claplés & Rigolfas, 2004).

### **1.6.2. Alteraciones**

El pescado es uno de los alimentos más perecederos debido a su estructura, de tal forma que el deterioro del pescado se inicia inmediatamente después de la captura debido a la oxidación lipídica, así como, las actividades metabólicas de los microorganismos y la degradación autolítica por la actividad de las enzimas endógenas, por lo que su manipulación y procesamiento debe ser cuidadoso (Nisar et al., 2019).

A su vez, existen especies de pescados que presentan mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados, actividad de agua, incluso variaciones de pH, lo cual aumenta la vulnerabilidad al deterioro (Ordoñez et al., 1999). La alteración del pescado se puede evaluar mediante análisis microbiológicos, químicos y sensoriales.

**1.6.2.1. Análisis microbiológicos.** Los microorganismos son indicadores de la alteración de un alimento, debido a que la presencia de estos indica cambios negativos en la calidad del producto. Por lo que su recuento permite estimar y establecer la vida útil de un alimento. Es necesario comprender que algunos se encuentran de forma natural mientras que otros se reproducen debido a que existió una contaminación en su manipulación.

En el caso del pescado, el crecimiento de microorganismos se puede correlacionar a ciertas alteraciones en su estructura, las cuales se asocian con algunas bacterias patógenas o alterantes como se muestra en la Figura 6.

**Figura 6**

### Efectos de la alteración microbiológica en pescado

Alimento	Signos de alteración	Microorganismo implicado	Recuentos totales
Pescado fresco	Olores extraños, limo superficial, pérdida firmeza	<i>Pseudomonas</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Moraxella</i> , <i>Photobacterium phosphoreum</i> .	$10^8$ ufc/g aerobios totales
Pescado marinado (con sal y azúcar)	Producción tiramina	<i>Camobacterium piscicola</i> , <i>Weissella viridescens</i>	$10^7 - 10^{10}$ ufc/g bacterias lácticas totales
Pescado ahumado envasado al vacío o en AMP	Cambios de coloración	Enterobacterias psicotrofas ( <i>Pantoea agglomerans</i> y <i>Serratia liquefaciens</i> )	$10^3 - 1.2 \times 10^7$ ufc/g enterobacterias totales
Moluscos frescos	Olores extraños, limo superficial, pérdida firmeza	<i>Pseudomonas</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Moraxella</i>	---
Crustáceos frescos	Olor amoniacal	<i>Pseudomonas</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Moraxella</i> y levaduras	---

*Nota.* Adaptado de Guía para determinación de vida útil de los alimentos (p.47) por Alapont Gutiérrez, Soriano & Torrejón, 2020, FEDECOVA

**1.6.2.2. Análisis Químicos.** Si bien la alteración del pescado se debe principalmente a microorganismos alterantes y patógenos, existen cambios químicos que también pueden ser detectados gracias a las características intrínsecas del producto, las cuales están relacionados con la frescura y calidad de la carne de los animales acuáticos.

**1.6.2.2.1. Índice TVN-B.** Es un método que permite cuantificar el contenido de compuestos volátiles (bases) y nitrogenados, principalmente aminas primarias, secundarias y terciarias que son producidas por el deterioro del tejido muscular (Shukla et al., 2020).

**1.6.2.2.2. Índice de TMA.** Es un método que mide el valor de la trimetilamina (TMA), la cual es una amina volátil que indica el olor de deterioro del pescado. Sin embargo, esta técnica no es exacta, ya que pueden influir otros factores endógenos que afectan el resultado (Alapont Gutiérrez et al., 2020).

## 1.7. Películas y recubrimientos comestibles

Una película comestible es una matriz preformada, moldeada por separado, que se coloca sobre una superficie nivelada hasta ser puesta sobre el alimento, puede estar compuesta por una o varias capas de los biopolímeros comestibles, debido a que su espesor

es siempre mayor al de los recubrimientos (Solano-Doblado et al., 2018). Por otro lado, un recubrimiento comestible es una matriz transparente y delgada que se deposita alrededor de un alimento, generalmente se aplica mediante inmersión o por aspersion (Fernández Valdés et al., 2015).

De igual manera, se puede definir a una película o recubrimiento comestible como una tecnología de barrera que existe entre el alimento y el medio ambiente, debido a que es un empaque que envuelve al alimento, evitando el contacto directo del producto con su entorno, pero con la peculiaridad que pueden ser consumidos gracias a sus biopolímeros. Estos revestimientos permiten mantener la calidad de la matriz alimentaria, así como, alargar la vida útil del mismo gracias a que tienen la capacidad de retrasar ciertas reacciones de deterioro causadas por enzimas presentes en la estructura del alimento, al igual que alteraciones por microorganismos patógenos.

### **1.7.1. Composición**

Una película o un recubrimiento comestible deben incluir al menos un componente que sea capaz de formar una matriz cohesiva y continua. Las películas y recubrimientos se clasifican en base al material que conforma su estructura. Principalmente, sus formulaciones se encuentran compuestas por un polisacárido, una sustancia de naturaleza proteica y lípidos. Sin embargo, también pueden tener algunos aditivos como plastificantes, sustancias antimicrobianas entre otros.

**1.7.1.1. Polisacáridos.** Son biopolímeros o sustancias hidrocoloides que forman redes estructurales debido a una fuerte interacción entre sus moléculas, lo cual le confiere una buena propiedad de barrera a gases, es por lo que son los más utilizados en frutas y verduras, ya que reducen la tasa de respiración de estas, por ende, retrasan su maduración (Solano-Doblado et al., 2018). No obstante, la conformación de la estructura puede ser complicada e impredecible ya que gracias al gran número de grupos hidroxilos o de sus restos, los enlaces de hidrógeno son susceptibles a reacciones.

Las películas y recubrimientos formados por estas moléculas son transparentes y homogéneos, aunque presentan propiedades de barrera a la pérdida de húmedas muy baja.

Los principales polisacáridos utilizados son almidones y derivados, extractos de algas, fibras o gomas vegetales (Escobar Guadarrama, 2020).

**1.7.1.2. Proteínas.** Son macromoléculas que presentan la habilidad de formar genes estructuralmente estables y poseen un alto potencial para formar uniones moleculares. Los recubrimientos a base de estos compuestos se utilizan por su calidad nutricional, además de sus propiedades organolépticas y características mecánicas, sin embargo, su permeabilidad al vapor de agua es alta. Generalmente, las proteínas más utilizadas son de leche, maíz trigo y soya (Solano-Doblado et al., 2018).

**1.7.1.3. Lípidos.** Son compuestos hidrofóbicos, los cuales se presentan una alta propiedad de barrera ante la humedad, asimismo, reducen la deshidratación superficial, la tasa de transpiración y aportan brillo a las películas o recubrimientos, pero poseen malas propiedades mecánicas debido a que su falta de cohesividad e integridad molecular provocan que los revestimientos sean quebradizos, por lo que es necesario la adición de algún aditivo. Los lípidos más usados son ceras, resinas o ácidos grasos (Fernández Valdés et al., 2015).

**1.7.1.4. Plastificaciones.** Son moléculas de bajo peso molecular, los cuales se adicionan con la finalidad de aumentar la flexibilidad y la funcionalidad de los recubrimientos, ya que mejoran la movilidad molecular de los polímeros, reduciendo los enlaces de hidrógeno (puentes de hidrógeno) internos de las cadenas de polímeros, lo que origina un descenso de su fragilidad. Estos compuestos aumentan la permeabilidad a los gases. Los principales plastificantes son el glicerol, sorbitol y polietilenglicol (Escobar Guadarrama, 2020).

**1.7.1.5. Ingredientes funcionales.** Con el fin de mejorar la funcionalidad de las películas y recubrimientos comestibles, la industria alimentaria ha optado por el uso de ingredientes funcionales como vitaminas, minerales, conservantes, antioxidantes, colorantes, saborizantes que aporten un valor agregado a esta tecnología de barrera. Si bien estos componentes poseen diferentes propiedades y características entre sí, su incorporación a las diversas matrices ha sido posible gracias a tecnologías como la microencapsulación (Solano-Doblado et al., 2018).

## **1.7.2. Técnicas de obtención de las películas comestibles**

Con el paso de los años, esta tecnología ha ido evolucionando hasta obtener. Hoy en día se encuentran varios métodos o formas de aplicación de estos revestimientos. Algunos de ellos se muestran a continuación:

**1.7.2.1. Por eliminación del disolvente.** Esta técnica consiste en obtener una estructura molecular, la cual se estabiliza mediante interacciones físicas y químicas. El proceso consiste en incorporar una disolución formadora de hidrocólide comestible en un disolvente (agua, etanol, ácido acético) junto con aditivos como plastificantes, agentes de reticulación o solutos (Solano-Doblado et al., 2018). Una vez formada la solución, se elimina el disolvente mediante la aplicación de temperaturas mayores a las del punto de ebullición del solvente, lo que resulta en la formación de una capa delgada, completamente seca, la cual se puede extraer. Cabe recalcar que la temperatura y el tiempo de secado son factores claves que influyen en las propiedades mecánicas y la cristalinidad de la matriz del biopolímero (Calle Cardeña & Hancoo Chire, 2014).

**1.7.2.2. Por Gelación térmica.** Generalmente, este método es utilizado en películas y recubrimientos comestibles elaborados a partir de proteínas. El proceso se fundamenta en la aplicación de altas temperaturas a una solución de naturaleza proteica, lo cual conduce a la desnaturalización de las proteínas, permitiendo así la formación de un gel estable de estructura rígida (Solano-Doblado et al., 2018).

**1.7.2.3. Por solidificación.** Esta técnica consiste en la solidificación de una masa fundida. Para ello, las macromoléculas junto con el plastificante son disueltas entre sí hasta formar una solución homogénea, la cual se vierte sobre moldes y se enfría (Solano-Doblado et al., 2018). La solidificación se efectúa mediante la disminución de temperatura, generando así una recristalización del estado polimórfico de las grasas.

**1.7.2.4. Por el método de "Casting".** Esta técnica se realiza en cajas Petri, en donde se vierte el líquido y se almacena ciertas condiciones (temperatura y humedad controladas) hasta evaporar el disolvente, formando así una película con un espesor uniforme y estabilidad dimensional (Solano-Doblado et al., 2018).

**1.7.2.5. Por pulverización electrohidrodinámica.** También conocido como el método electrospraying. Como su nombre lo dice, consiste en atomizar la solución formadora de la película mediante fuerzas eléctricas, hasta obtener partículas pequeñas solidificadas. Esta técnica permite obtener moléculas con tamaños de partículas reducidas a escala micro y nanométrica con carga eléctrica (Escobar Guadarrama, 2020).

**1.7.2.6. Por microfluidización.** Este método es utilizado para preparar recubrimientos implementando emulsiones. Los microfluidizadores son equipos que pueden generar fuerzas de ruptura muy fuerte, a tal punto que rompen los glóbulos de una dispersión provocando que el tamaño de las moléculas se distribuya de manera uniforme hasta formar una solución homogénea, emulsión. Esta homogeneización se realiza a altas presiones y el tamaño de partícula es más pequeña que los métodos tradicionales. La principal ventaja de esta técnica es que permite agregar ingredientes funcionales sin perder la homogeneidad de la película (Ahumada Pérez, 2016).

### **1.7.3. Formas de aplicación**

Esta tecnología ha ido evolucionando con el paso de los años, de tal forma que actualmente se encuentra una variedad de métodos o procesos para su obtención. No obstante, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones antes de su aplicación como es el secado rápido, evitar la producción de espuma y la facilidad de extracción. De igual manera, se deben evitar considerar después de su incorporación, por ejemplo, el acidificar, agrietar o coagular la matriz del alimento, aportar o desarrollar sabores desagradables que influyan en aceptación sensorial, cambiar la apariencia con el tiempo (decoloración), reaccionar de forma adversa con el producto generando cambios organolépticos desfavorables y controlar la atmosfera del alimento durante su almacenamiento (barrera a gases) (Fernández et al., 2017). Ahora bien, la forma de aplicación está relacionada a la estructura de la matriz alimentaria a la que van a recubrir, así como, la funcionalidad.

**1.7.3.1. Inmersión.** El método consiste en sumergir el alimento, previamente lavado y secado, dentro de la solución hasta garantizar que se encuentre rodeada completamente por dicha suspensión. Luego de la inmersión, es necesario drenar el

excedente y proceder a secar. Generalmente se utiliza en alimentos con superficies irregulares, los cuales requieren de un recubrimiento uniforme como frutas, verduras, carnes, pescados, aves de corral, entre otros (Calle Cardeña & Hancoco Chire, 2014).

**1.7.3.2. Aspersión (Spray).** Esta técnica se basa en la aplicación de una solución presurizada. El proceso se realiza mediante la regulación de presión para conseguir diferentes tamaños de gota, de tal forma que se consiguen recubrimientos más delgados que pueden ser utilizados en superficies lisas y uniformes o a su vez en alimentos que se requiere recubrir solo la parte superior, como es el caso de algunos productos de supermercado, por ejemplo, las pizzas precocidas, filetes de carne, donas y demás (Fernández et al., 2017). Como dato adicional, a esta técnica también corresponden los recubrimientos por medio de rodillos o cepillos.

**1.7.3.3. Casting (films independientes).** Este método se trata de preparar films independientes mediante la aplicación de calor hasta obtener una película preformada, con la cual se recubre completamente la matriz alimentaria.

#### **1.7.4. Ventajas que presentan las películas y recubrimientos comestibles**

Las películas y recubrimientos comestibles se consideran un método eficaz para mejorar la calidad de un alimento al igual que extender la vida útil del mismo. El principal objetivo de esta tecnología es reducir los procesos metabólicos y el crecimiento microbiano, ya que estos materiales son una envoltura que sirve como barrera protectora, la cual inhibe la migración de humedad, oxígeno o dióxido de carbono, de tal forma que mejore la integridad o características del alimento (Fernández et al., 2017).

Entre sus principales ventajas se observan: permeabilidad selectiva a gases, mejoran la apariencia estética y textura del producto, buenas propiedades mecánicas, son empaques biodegradables, seguros y aptos para su consumo (no tóxicos), son amigables con el medio ambiente y a diferencia de otras tecnologías son de bajo costo, su formulación puede implementar ingredientes funcionales que aporten un valor agregado como propiedades antimicrobianas o antioxidantes y viabilidad de fabricación (Fernández Valdés et al., 2015).

#### **1.7.5. Películas bioactivas**

Cuando una película o un recubrimiento comestible puede cambiar las condiciones de almacenamiento o a su vez aumentar su vida útil, debido a una mejora en la seguridad alimentaria, se puede considerar como envases activos o inteligentes.

A su vez autores como Trejo-Márquez et al (2015) mencionan que la aplicación de estos biopolímeros puede aumentar la vida de anaquel de los productos frescos, altamente perecederos, de siete a 10 días gracias a la acción de sustancias antioxidantes, los cuales influyen en la descomposición controlada del alimento.

**1.7.5.1. Envases activos.** Este tipo de empaquetado incluyen sistemas que puedan absorber, eliminar o regular ciertas sustancias como el oxígeno, radicales, etileno, agua y demás que pueden afectar al producto causando sabores desagradables u olores ajenos al producto. Asimismo, los envases activos se pueden enfocar en liberar sustancias que otorgan una mejor calidad como conservantes, antioxidantes, colorantes, entre otros.

**1.7.5.2. Envases inteligentes.** El empaquetado inteligente permite conocer las condiciones en las que se encuentra el alimento envasado. Estos envases cuentan con indicadores (internos o externos) que expresan la calidad actual del producto o la funcionalidad del embalaje, ya que recopila datos sobre los cambios internos o externos del producto con el entorno.

## Capítulo dos

### Metodología PRISMA

Una revisión sistemática se puede definir como una investigación secundaria, en otras palabras, un estudio integrativo y retrospectivo que sigue un proceso sistemático, el cual implica un resumen crítico y reproducible de los resultados de las publicaciones disponibles que examinan y dan respuesta concreta a una pregunta o un tema específico. Para el desarrollo del presente trabajo se siguió una serie de pasos, los cuales se establecieron en base al sistema Cochrane para revisiones sistemáticas con algunas modificaciones.

1. Definir claramente la pregunta que se busca responder
2. Establecer una metodología de búsqueda
3. Determinar los criterios de elegibilidad (inclusión y exclusión)
4. Buscar todos los posibles estudios
5. Analizar el resumen de dichos estudios.
6. Evaluar su contenido mediante los criterios de elegibilidad
7. Extraer la información deseada
8. Presentar e interpretar los resultados

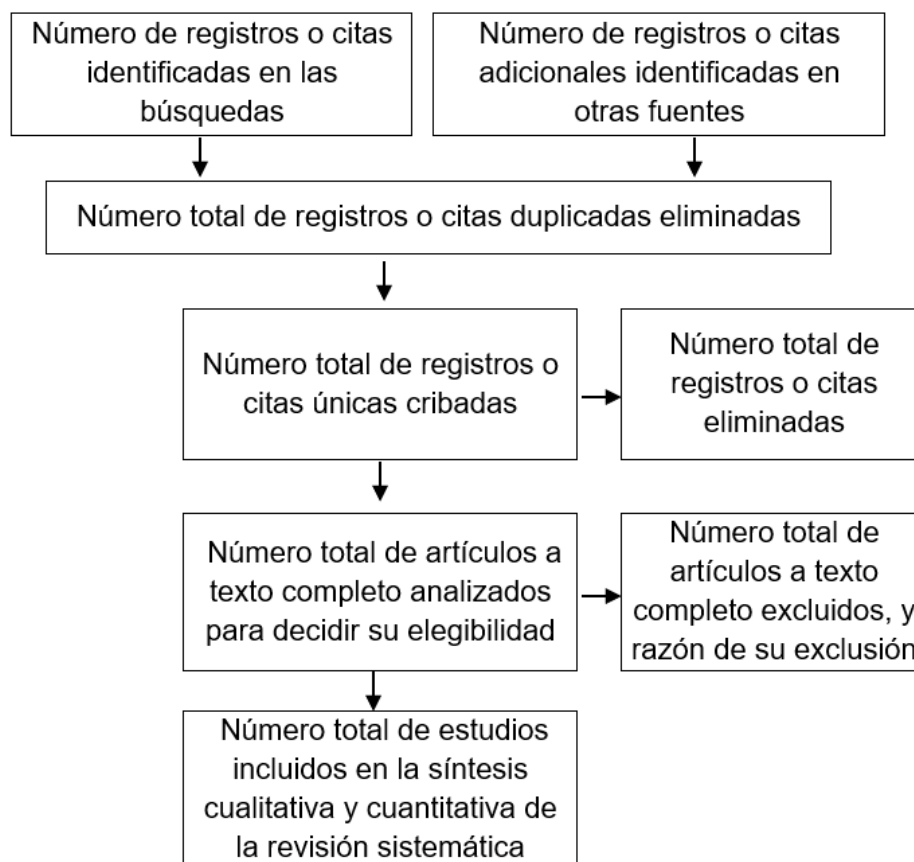
#### 2.1. Diseño de investigación

Inicialmente se determinó cual era la pregunta base, es decir, identificar la incógnita que se busca resolver puntualmente mediante esta investigación. Una vez establecido el enfoque al que va dirigida esta investigación fue posible definir una serie de pasos que permitan dar respuesta a dicha cuestión.

De igual manera, se definieron cuatro puntos claves como metodología, siendo la primera etapa la identificación del número de artículos sobre un tema específico, seguido de la selección de estos. La tercera etapa se refiere a la elegibilidad de dichos documentos y finalmente la sistematización de resultados. Así mismo, como modelo de referencia se utilizó el diagrama de flujo referente a la estructura de una revisión sistemática presente en la declaración PRISMA, el cual permite identificar el número de registros totales que se obtienen en cada fase propuesta en el presente trabajo.

**Figura 7**

*Diagrama PRISMA con la información de las diferentes fases de la revisión sistemática*



*Nota.* Adaptado de *Anotaciones para estructurar una revisión sistemática* por Pardo – Refoyo & Pardo – Peláez, 2020, ORL

## 2.2. Identificación

La primera etapa consistió en una recopilación de información, en donde se incluyeron todas las publicaciones relacionadas con el aceite esencial de clavo y su aplicación en carnes y productos cárnicos. Para ello, fue necesario determinar cómo se obtendrán los artículos científicos (herramientas académicas), para así poder elaborar una estrategia de búsqueda.

### 2.2.1. Herramientas académicas

Son los recursos de búsqueda para obtener las fuentes de información. Con respecto a las herramientas académicas empleadas para la recolección de datos, se recurrió al uso de los recursos proporcionados por la Universidad Técnica Particular de Loja. Dentro del

catálogo digital se escogieron las siguientes bases de datos: ScienceDirect, SCOPUS, Web of Science (WOS).

Adicional a estas plataformas se seleccionó la base de datos PubMed, debido a que es de libre acceso y cuenta con información confiable de más de 30 millones de referencias bibliográficas sobre el área biológica y biomédica.

### **2.2.2. Estrategias de búsqueda**

El objetivo de la estrategia de búsqueda es obtener la mayor cantidad de estudios existentes que abordan o responden a la pregunta establecida. En este caso, encontrar artículos relevantes referentes al estudio del aceite de clavo de olor y su aplicación en carnes y productos cárnicos. Para ello, fue necesario definir los términos de búsqueda (palabras clave), los mismos deben ser en inglés con la finalidad de ampliar los resultados.

Estos términos se enlazaron con operadores booleanos para establecer ecuaciones de búsqueda. Además, para la revisión se especificó que las palabras clave establecidas se localicen tanto en el título de los artículos para afinar aún más la búsqueda de información, como en el resumen con la finalidad de afinar la búsqueda. Con respecto a las combinaciones de búsqueda, se optó por mantener constante las palabras clave "*Syzygium aromaticum*" y "essential oil", debido a que es necesario escribir el nombre científico de la especie al igual que establecer el tipo de sustancia que se busca encontrar. Sin embargo, las variaciones a considerar son únicamente el tipo de matriz alimentaria en la que se encuentra aplicado el aceite esencial de clavo de olor.

### **2.2.3. Selección**

La siguiente fase comprende a la revisión y posible selección de artículos. Previo al análisis de las publicaciones recopiladas mediante las herramientas académicas en conjunto con las estrategias de búsqueda establecidas, se debe definir y delimitar los criterios de selección, tanto de inclusión como de exclusión.

En cuanto a la selección inicial de artículos fue necesario desarrollar un protocolo de búsqueda, el cual consistió en revisar en primer lugar los títulos de las publicaciones, luego en leer el resumen de cada investigación potencialmente elegible, esto con la finalidad de

descartar aquellas que no cumplieran con los criterios de inclusión. En caso de que este extracto de información llegue a cumplir con alguna de las especificaciones, estos documentos se exportaron al gestor de referencias bibliográfico Mendeley para su posterior análisis. De igual manera, se examinó la existencia de documentos duplicados con la finalidad de no generar una repetición de datos.

**2.2.3.1. Criterios de inclusión.** Dado que el objetivo principal del presente trabajo es realizar una revisión sistemática sobre la aplicación del aceite esencial de clavo de olor en carnes y productos cárnicos, principalmente se consideró la inclusión de material informativo (artículos de investigación y revisiones científicas) que tuviera como enfoque el objeto de estudio mencionado. Por tal motivo se escogió a toda investigación experimental in situ, en donde se empleó carne para alimentación humana o a su vez productos cárnicos como matriz alimentaria.

Agregando a lo anterior, se seleccionaron todos los artículos que se encontraban indexados en Latindex, SCOPUS o ISIWEB. Del mismo modo, se incluyó a cualquier artículo en donde se haya trabajado con aceite esencial de clavo de olor, ya sea individualmente o junto a otros aceites formando una mezcla. Asimismo, se priorizó seleccionar a los trabajos de investigación publicadas dentro de los últimos veinte años (2003 - 2023). Sin embargo, se considerarán estudios de años anteriores en caso de no alcanzar a la cantidad de artículos establecida sobre la aplicación del aceite esencial de clavo de olor. En cuanto al idioma de las publicaciones se incluyeron inglés, español y portugués.

**2.2.3.2. Criterios de exclusión.** Como criterio principal de exclusión se descartó cualquier artículo en donde su investigación estuvo dirigida únicamente al trabajo con extractos, debido a que no compete con el enfoque del presente trabajo de revisión. Igualmente, se eliminó cualquier estudio que tuviera relación con suplementos alimentarios para animales de abasto, es decir, que este enfocado al mejoramiento de la alimentación en animales de consumo humano.

De igual manera, no se tomó en consideración las investigaciones que no cumplieran con los criterios de inclusión. Además, se omitieron los trabajos de tesis de cualquier grado

debido que se busca trabajar netamente con artículos científicos que se encuentren indexadas a las bases de datos establecidas, únicamente se consideró esta opción en caso de no contar con los suficientes estudios realizados sobre el tema.

#### **2.2.4. Elegibilidad**

Con respecto a la tercera fase de la metodología, se realizó una revisión exhaustiva a los artículos seleccionados, en la cual se evaluó en su totalidad el contenido de cada estudio extraído sobre la aplicación del aceite esencial de clavo de olor en carnes y productos cárnicos, publicados en el periodo de tiempo establecido. El proceso consistió en descargar todo artículo a analizar y leer detenidamente el texto completo para decidir su elegibilidad. Del mismo modo, se percató que cumplan totalmente con los criterios de selección. Por otro lado, se volvió a revisar si existe algún documento duplicado para ser descartado.

#### **2.2.5. Sistematización**

Una vez que se obtuvo la cantidad de artículos de inclusión para la revisión sistemática, se procedió a la sistematización de la información mediante la elaboración de una base de datos. En primer lugar, se extrajo la información necesaria con la cual se puede responder la interrogante en la que se basó la búsqueda de información, es decir, los aspectos más importantes como la matriz alimentaria que se utilizó al igual que su forma de presentación, la concentración del aceite esencial, la composición química del mismo (compuestos mayoritarios), la actividad biológica que se estudió, el modo de aplicación, las condiciones de almacenamiento, los resultados con mayor relevancia en la investigación y la base de datos de donde se extrajo junto con la bibliografía. Finalmente, se estableció un esquema en donde se realizó la redacción del informe de investigación. Cabe mencionar que debido a que las variables son independientes entre sí, se optó por dividir y clasificar los resultados en base a la forma de incorporación del aceite esencial en la matriz. Del mismo modo en el caso en donde un parámetro no fue encontrado se dejó el espacio en blanco, ya que se busca una transparencia total de los resultados.

## Capítulo tres

### Resultados

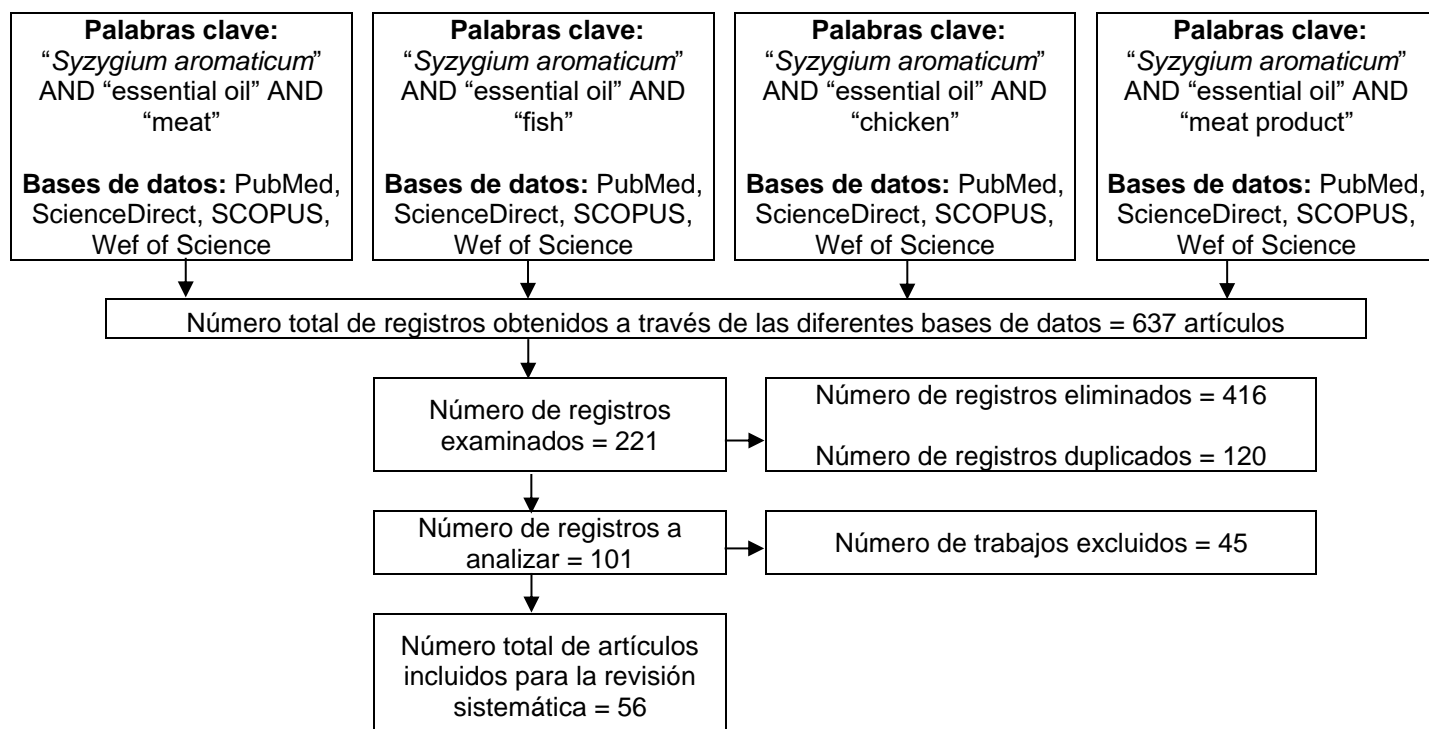
#### 3.1. Diseño de investigación

La revisión sistemática comenzó con el planteamiento de una pregunta concreta, la cual se centró en la necesidad de informar al lector cuanta información existe sobre tema establecido. Por lo que la incógnita definida fue: ¿Cuánta información existe sobre la aplicación del aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos? Partiendo de esta interrogante se abarcó los pasos establecidos en base al capítulo anterior.

En base a la metodología establecida, se recurrió al uso del diagrama PRISMA para poder cuantificar y direccionar la investigación de tal manera que se pueda responder a la interrogante. En el siguiente apartado se detalla a profundidad el número de registros identificados e incluidos en la revisión sistemática, así como, la cantidad de artículos excluidos y duplicados.

**Figura 8**

*Diagrama PRISMA de los registros obtenidos para la presente revisión sistemática mediante las diferentes bases de datos*



### 3.1.1. Identificación

Para el cumplimiento de la primera etapa se realizó una recopilación de información, en donde se incluyeron todos los documentos relacionados con el aceite esencial de clavo y su aplicación en carnes o en productos cárnicos. Con respecto a la búsqueda de información necesaria para la elaboración del trabajo de revisión, se procedió a utilizar las bases de datos planteadas, así como las ecuaciones de búsqueda establecidas en base a las palabras claves definidas. Se pudo recopilar alrededor de 637 investigaciones existentes mediante las diferentes bases de datos. De las cuales, 194 corresponden a la aplicación de aceite esencial de clavo de olor en carnes. Asimismo, 150 documentos responden a productos cárnicos, mientras que 195 artículos se refieren a la adición de este aceite esencial en pescados. Finalmente, los estudios restantes se tratan del uso de estos compuestos y su incorporación en pollos, como se observan a detalle en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Identificación de artículos correspondientes a la búsqueda de datos*

Bases de datos	Artículos encontrados			
	Palabras clave: "Syzygium aromaticum", "essential oil" "meat"	Palabras clave: "Syzygium aromaticum", "essential oil" "fish"	Palabras clave: "Syzygium aromaticum", "essential oil" "chicken"	Palabras clave: "Syzygium aromaticum", "essential oil" "meat products"
Pubmed	25	15	8	10
Science Direct	107	105	67	103
Scopus	38	56	14	21
Web Of Science (WOS)	24	19	9	16
Total	194	195	98	150

*Nota.* En la presente tabla se observan la cantidad de artículos en cada base de datos

### 3.1.2. Selección

La selección de los artículos se realizó después de aplicar las herramientas académicas y las estrategias de búsqueda, para delimitar en base a los criterios de selección. Una vez recopilado la mayor cantidad de documentos posibles, fue necesario excluir aquellos artículos que no tenían relación con la síntesis de información.

De igual manera se eliminó a cada artículo duplicado con el fin de obtener el número concreto de investigaciones en base al tema establecido y no generar una repetición de datos. La sumatoria de esta reducción fue un total de 536 documentos, es decir, que quedaron 101 artículos para su posterior análisis.

### **3.1.3. Elegibilidad**

Siguiendo con la metodología, la tercera fase consistió en escoger cada artículo que cumpliera con todos criterios de inclusión previamente establecidos. Por lo que, se realizó un análisis completo a cada artículo anteriormente seleccionado. Como resultado de esta examinación se excluyeron 44 artículos. Por tanto, se obtuvieron 57 estudios para la inclusión del presente trabajo de revisión.

En vista de que es necesario expresar los datos mediante una tabulación y descripción de estos, para una mejor comprensión se realizó una base de datos, la cual incluye los resultados sobre la influencia o efectividad de la aplicación del aceite esencial de clavo de olor en carnes y productos cárnicos al igual que permitió organizar y clasificar a los documentos obtenidos. Para ello, se establecieron criterios de ordenamiento como son el tipo de matriz utilizada al igual que su presentación, la concentración del aceite y sus compuestos mayoritarios, la forma de aplicación del aceite esencial de clavo de olor, la actividad biológica estudiada, los resultados de la investigación al igual que su periodo de prueba, la base de datos de donde se extrajo, el nombre del artículo y sus autores. De igual manera, el analizar la información de esta manera permitió descartar cualquier artículo duplicado o que a su vez su inclusión fue errónea.

### **3.1.4. Sistematización**

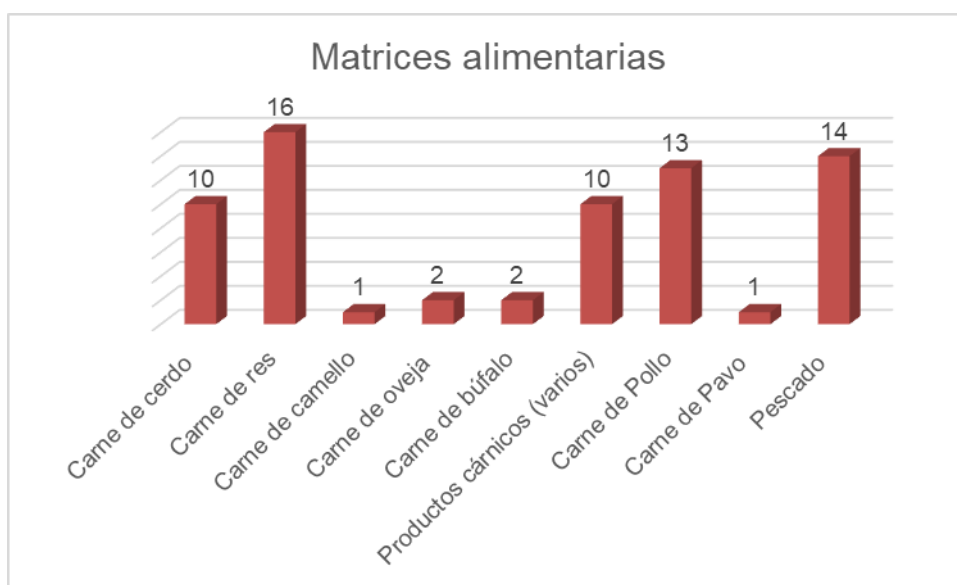
Finalmente, la presente revisión sistemática consta de 57 artículos que cumplen con los criterios de inclusión. Como dato adicional, en la figura 7 se puede observar que existe una variedad entre las matrices alimentarias estudiadas extraídas de los artículos. En la gráfica se muestra la cantidad total de artículos que estudiaron la influencia del aceite esencial sobre la matriz alimentaria específica. Cabe mencionar que en el caso de los productos

cárnicos no se incluyeron dentro del grupo de la carne de donde provienen, sino más bien como un grupo en general, ya que en su composición presentan otros ingredientes.

Sin embargo, el número de muestras no coinciden con la cantidad de artículos, debido a que algunos artículos utilizaron múltiples matrices para su estudio, por lo que se muestra una cantidad mayor a la de los análisis encontrados.

**Figura 9**

*Matrices aplicadas para el estudio de aceite esencial de clavo de olor*



En cuanto a la sistematización de la base de datos, la clasificación de las tablas se realizó de acuerdo con el método de incorporación del aceite esencial de clavo de olor en la matriz alimentaria, es decir, mediante adición directa, películas o recubrimientos comestibles y por encapsulación. La síntesis de los resultados se observa a continuación en donde cada forma de aplicación se analizó por separado como un apartado.

### **3.2. Adición directa**

Al clasificar los artículos de acuerdo con la forma de aplicación, se obtuvo que veintidós publicaciones enfocaron su investigación a la evaluación de la eficiencia del aceite esencial de clavo de olor mediante la incorporación directa del mismo en carnes y productos cárnicos.

Doce de los estudios encontrados analizaron la actividad antioxidante en las muestras, mientras que dieciséis artículos estudiaron la actividad antimicrobiana y cinco artículos

revisaron la actividad antifúngica. Además, algunas publicaciones proporcionaron información sobre la evaluación sensorial que obtuvieron de esta aplicación.

### 3.2.1. Adición directa: actividad antioxidante

La oxidación lipídica es una causa principal de degradación en los alimentos, generando un sabor rancio y disminuyendo su calidad y valor nutricional (Belitz et al., 2009). Para contrarrestar este proceso, se incorporan antioxidantes efectivos en los productos alimenticios, siendo una técnica simple para reducir la oxidación de lípidos. Los antioxidantes, ya sean sintéticos (como BHA, BHT y PG) o naturales, eliminan las formas activas de oxígeno involucradas en la oxidación (Qwele et al., 2013). En este caso, se adicionó como antioxidante natural el aceite esencial de clavo de olor como se observa a continuación.

**Tabla 2**

*Artículos obtenidos referente a la adición directa del aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos que estudian la actividad antioxidante.*

Matriz	Compuestos Mayoritarios	Actividad Antioxidante	Información relevante	Bibliografía
<p><b>Producto:</b> carne molida de cerdo y muslos de pollo sin hueso, pero con piel</p> <p><b>Presentación:</b> molida (1.5 g)</p>	NE	<p><b>Análisis en aceite:</b> DPPH ORAC FAC</p> <p><b>Análisis en carne:</b> TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 0.00715% (p/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las carnes de pollo o cerdo se trituraron y dividieron en porciones. Cada una se mezcló con diferentes soluciones y se transfirieron a tubos para su almacenamiento</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4°C durante 21 días (vida útil normal) y 35 °C por 48 h (vida útil acelerada)</p> <p><b>Resultados:</b> en base a los resultados de la simulación, los valores en DPPH y ORAC fueron insignificantes en comparación con los demás tratamientos (aceites esenciales y extractos). Asimismo, se observó que la combinación entre los aceites esenciales de canela y clavo, provocaron un efecto antagónico (FAC 0.2).</p> <p><b>Resultados carne:</b> la combinación de aceites esenciales (clavo/tomillo) redujo mínimamente la oxidación en ambas muestras, tanto en vida útil acelerada como en vida útil normal.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Exploring the synergistic effects of essential oil and plant extract combinations to extend the shelf life and the sensory acceptance of meat products: multi-antioxidant systems</p> <p>(Khodaei et al., 2023)</p>
<p><b>Producto:</b> pechuga de pollo</p> <p><b>Presentación:</b> nuggets de pollo</p>	Eugenol (55,66%), caryophyllene (25,21%), humulene (5,32%) y $\delta$ -cadinene (5,07%)	<p><b>Análisis en aceite:</b> TPC DPPH</p> <p><b>Análisis en carne:</b> TPC</p>	<p><b>Concentración:</b> 600 ppm</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> Se mezcló el AECO con aceite girasol y se agregó a la formulación, luego se empanizaron y se frieron. Para la preparación del extracto, los nuggets con AECO se liofilizaron y pulverizaron.</p>	<p>The effect of plant essential oils on physicochemical properties of chicken Nuggets</p>

		DPPH VP TBAR	<p><b>Almacenamiento:</b> -18°C durante 3 meses</p> <p><b>Resultados aceite:</b> el contenido de fenoles totales fue 66.01 mg GAE/g. Asimismo, el AECO mostró el efecto inhibitorio más fuerte (95.21%). Siendo el AECO el mejor en comparación con los otros aceites evaluados.</p> <p><b>Resultados carne:</b> el contenido de fenoles totales al finalizar el tratamiento fue 389.02 mg/100 g, mientras que la actividad antioxidante en las muestras al cabo de 90 días fue 45.53%. Con respecto al valor de peróxidos, la adición de AECO permitió disminuir 22.56% el valor con respecto a las muestras de control. Igualmente, el índice TBAR se redujo 18.53% y se obtuvo un valor de 1.06 mg MDA/Kg al finalizar el período de investigación (90 días)</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> se evaluó el color, olor, sabor, jugosidad, textura y la aceptabilidad. Los resultados de las muestras con AECO tuvieron puntuaciones aceptables en todos los parámetros. Con respecto a la aceptabilidad general, las muestras tuvieron una buena puntuación (después de las muestras control), es decir, que no hubo diferencia significativa entre ambas muestras.</p>	(Ghasemi et al., 2022)
<p><b>Producto:</b> carne de pollo con miopatías</p> <p><b>Presentación:</b> Hamburguesas de pollo</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> ABTS TPC</p>	<p><b>Concentración:</b> NE</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de pollo se trituroó con el AECO. Las hamburguesas se prepararon, almacenaron y se expusieron a la luz</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 10 días en refrigeración</p> <p><b>Resultado:</b> el estudio reveló que la adición de AECO promovió un efecto antioxidante en la estructura de la carne. Asimismo, el uso de AECO demostró viabilidad como un sustituto potencial de los compuestos sintéticos utilizados en la industria para conservar el pollo al usar carne con miopatías en hamburguesas de pollo procesadas.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NE</p>	<p>Clove essential oil (<i>Syzygium aromaticum</i> L.) as a natural preservative to improve the shelf-life of chicken patties with different degrees of myopathy</p> <p>(Pinto et al., 2022)</p>
<p><b>Producto:</b> carne de res</p> <p><b>Presentación:</b> mortadela (450 g)</p>	Eugenol 80,67%	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR Color global</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,066 %</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> se elaboró un producto cárnico (mortadela) como base. Este producto se sometió a dos tratamientos. La concentración del AECO fue la misma, solo cambió la combinación de los demás aceites esenciales (orégano, tomillo y canela). La mortadela se trituroó, luego se colocaron 450 g en bolsas de poliamida y se cocinó en baño maría a 72°C</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4,4 °C durante 21 días</p> <p><b>Resultado:</b> los valores del índice TBAR se mantuvieron por debajo del límite en ambas combinaciones. Sin embargo, no se observó diferencia significativa en los tratamientos. Con respecto al color global, se observó una diferencia significativa entre tratamientos, pero los valores</p>	<p>Preservative of Essential Oil Blends: Control of <i>Clostridium perfringens</i> Type a in Mortadella</p> <p>(de Abreu Martins et al., 2021)</p>

			<p>fueron menores a 3.0 en ambos casos (no detectable al ojo humano).</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	
<p><b>Producto:</b> carne de pollo</p> <p><b>Presentación:</b> salchichas</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR TPC DPPH</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,25%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los aceites esenciales se aplicaron en la superficie de los pedazos de carne, luego se cortaron y se adiciono el resto de los ingredientes. Todo se mezcló en una batidora y se embutió de forma manual. Las salchichas se envasaron al vacío y se almacenaron. Para el análisis sensorial, las muestras se cocinaron con vapor durante 45 min y se removió la tripa.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> <math>-18 \pm 2</math> °C durante 45 días</p> <p><b>Resultados:</b> luego de 45 días, las salchichas frescas envasadas al vacío con AECO mostraron un contenido de malondialdehído de 0.34 mg/Kg, por lo que se encontraban dentro del límite permisible, siendo el tratamiento más eficiente en comparación con los demás aceites esenciales. De igual manera, durante todo el período de prueba, las muestras tuvieron un mayor contenido de fenoles totales con respecto a los demás tratamientos, el valor final fue 757.49 mg/g. Asimismo, la actividad antioxidante disminuyo</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> si bien los resultados de las muestras con AECO no se encontraban tan alejados de las muestras control, no fue el mejor tratamiento.</p>	<p>Use of various essential oils as bio preservatives and their effect on the quality of vacuum packaged fresh chicken sausages under frozen conditions</p> <p>(Sharma et al., 2017a)</p>
<p><b>Producto:</b> carne de pollo</p> <p><b>Presentación:</b> salchichas</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR TPC DPPH</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,25%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne se cortó en trozos y se dividieron en lotes. Los aceites esenciales se aplicaron en la superficie de los pedazos de carne, luego se cortaron y se adiciono el resto de los ingredientes. Todo se mezcló en una batidora y se embutió de forma manual. Las salchichas se envasaron y almacenaron. Para su evaluación sensorial, las muestras se cocinaron con vapor durante 45 min.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> <math>4 \pm 1</math> °C durante 20 días</p> <p><b>Resultados:</b> las muestras que contenían AECO, mostraron un menor aumento en el índice TBAR conforme avanzaba el tiempo de almacenamiento. El contenido final fue de 0.9 mg MDA/Kg. Por otro lado, las muestras con este aceite fueron las que tuvieron mayor contenido de fenoles totales durante todo el periodo de almacenamiento con respecto a los demás tratamientos. Asimismo, se evidenció que la actividad de eliminación de radicales disminuyó mínimamente en todas las muestras</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> a partir del día 5, todas las muestras presentaron una apariencia poco atractiva, sabores desagradables, pérdida de textura y reducción de su jugosidad.</p>	<p>Evaluation of anti-oxidant and anti-microbial activity of various essential oils in fresh chicken sausages</p> <p>(Sharma et al., 2017b)</p>

<p><b>Producto:</b> carne de tilapia roja</p> <p><b>Presentación:</b> hamburguesas de pescado (100 g)</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> DPPH FRAP TBAR AGL</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,1% (p/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las tilapias rojas se compraron en el mercado local (Kuala Lumpur, Malasia). Los pescados fueron decapitados y eviscerados. La carne se trituro y se dividió en lotes (fortificado con omega-3 y sin fortificar). Se agregó AECO a cada lote y se prepararon muestras individuales. Las hamburguesas se cocinaron en parrilla, freidora y microondas. La muestra control no se cocinó (cruda). Para el extracto, las muestras se liofilizaron durante 48 h.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> ninguno</p> <p><b>Resultado:</b> la adición de aceite esencial de clavo mejoró significativamente la estabilidad oxidativa. Los valores del índice TBAR fueron menores a 1 mg MDA/Kg, se evidenció que la adición de AECO redujo la peroxidación de lípidos. Los resultados de los métodos de DPPH y FRAP concluyeron que la carne con AECO tuvieron mayor actividad antioxidante. Independientemente del método de cocción, esta actividad fue mayor en las muestras que no estaban fortificadas con omega-3</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>The effect of different cooking methods on fatty acid composition and antioxidant activity of n-3 fatty acids fortified tilapia meat with or without clove essential oil</p> <p>(Ramezani-Fard et al., 2016)</p>
<p><b>Producto:</b> carne de oveja</p> <p><b>Presentación:</b> carne molida (50 g)</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR MetMb</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,25% (v/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne se obtuvo del matadero local (Urmia, Irán), se retiró la grasa y se esterilizó. La carne se trituro y luego se dividió en 3 grupos y se agregó el AECO. Se homogenizó las muestras y se empaquetaron y almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 ± 1 °C durante 9 días</p> <p><b>Resultados:</b> a pesar de que las muestras que contenían AECO tuvieron un retraso significativo en la oxidación de lípidos y en la formación de MetMb, no fue tan eficaz en comparación con el otro tratamiento.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> al finalizar el tiempo de prueba, las muestras tratadas con AECO tuvieron buenas puntuaciones en color y aceptabilidad general, pero bajas en olor.</p>	<p>Effect of Avishane Shirazi (Zataria Multiflora) and Clove (<i>Syzygium aromaticum</i>) Essential Oils on Microbiological, Chemical and Sensory Properties of Ground Sheep Meat During Refrigerated Storage</p> <p>(Aliakbarlu &amp; Khalili Sadaghiani, 2015)</p>
<p><b>Producto:</b> pez Bonito (Sarda sarda Bloch, 1793)</p> <p><b>Presentación:</b> hamburguesas de pescado (25 g)</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR TVB-N VP AGL</p>	<p><b>Concentración:</b> 2,65 ppm</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los Bonitos se limpiaron, decapitaron, removieron sus órganos y filetearon. Los filetes se sumergieron en agua hirviendo durante 2 min. Los pedazos de pescado se molieron y se adicionaron el resto de los ingredientes. La mezcla se dividió en cuatro partes, a un grupo se adiciono el AECO y se dieron forma. Las hamburguesas se colocaron en platos y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4°C durante 16 días</p>	<p>Influence of Different Essential Oils on Refrigerated Fish Patties Produced from Bonito Fish (Sarda sarda Bloch, 1793)</p> <p>(Guran et al., 2015)</p>

			<p><b>Resultado:</b> aunque las hamburguesas que contenían presentaron valores bajos con relación a sus contramuestras. La comparación se realizó solo hasta el día 6, ya que algunos tratamientos presentaron rechazo sensorial. Las muestras con AECO se midieron solo hasta el día 10, mostraron los siguientes resultados para TBAR, TVN-N, VP y AGL: 3.02 mg MDA/Kg, 13.41 mg/100 g, 2.53 meq O<sub>2</sub>/Kg de grasa y 1.57 g ac. Oleico/100 g, respectivamente</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> el análisis reveló que en lo que se refiere a color, apariencia, olor y textura no hubo diferencias significativas entre los grupos. Sin embargo, las muestras con AECO tuvieron puntajes bajos en cuanto a sabor y aceptabilidad general.</p>	
<p><b>Producto:</b> carne de pavo</p> <p><b>Presentación:</b> hamburguesa (125 g)</p>	<p>Eugenol (83.8%), eugenol acetate (5.2%), β-carhyophyllene (1.1%), α-humulene (0.9%)</p>	<p><b>Análisis en carne:</b> DPPH ABTS FRAP β-caroteno α-amilasa</p>	<p><b>Concentración:</b> 1 % (p/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> se mezclaron los ingredientes para formar una masa base, luego se prepararon muestras individuales con los aceites esenciales (2 hamburguesas por aceite). Cada una se cocinó individualmente con 5 g de aceite. Las muestras se enfriaron y congelaron para ser envasadas al vacío. Para el extracto, las muestras se liofilizaron y trituraron hasta obtener un polvo fino.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> en congelación hasta su liofilización.</p> <p><b>Resultado:</b> los resultados de los ensayos in vitro para las muestras de hamburguesas con AECO, revelaron que el IC<sub>50</sub> de los ensayos de ABTS, DPPH, blanqueamiento de β-caroteno (60 min) y α-amilasa fueron 5.20 mg/mL, 2.05 mg/mL, 9.87 mg/mL y 861.18 mg/mL, respectivamente. Para el método FRAP, el valor fue 34.64 μM Fe (II)/g.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Anti-rancidity effect of essential oils, application in the lipid stability of cooked turkey meat patties and potential implications for health</p> <p>(Loizzo et al., 2015)</p>
<p><b>Producto:</b> Carne de res</p> <p><b>Presentación:</b> Hamburguesas (70 g)</p>	<p>Eugenol (82.5%)</p>	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 250 - 500 mg/kg</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne se trituro y se añadieron los ingredientes hasta formar una masa base, luego se dividieron en porciones. El AECO se adicionó a las muestras y se homogenizó la masa. Las hamburguesas se formaron, envasaron y almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> -18 °C durante 3 meses</p> <p><b>Resultados:</b> independientemente de la concentración, el AECO tuvo una fuerte actividad antioxidante. Dado que el contenido de malondialdehído se mantuvo por debajo de 0,5 mg/Kg después de 3 meses de almacenamiento.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> para las muestras con 250 mg/Kg (AECO), los resultados mostraron puntajes mayores a 8 en sabor y olor, no hubo diferencia significativa entre muestras (control y con aceite de mejorana). Mientras que para las muestras con 500 mg/Kg (AECO) presento sabores fuertes a clavo, por lo que su aceptabilidad fue baja.</p>	<p>Keeping Quality of Frozen Beef Patties by Marjoram and Clove Essential Oils</p> <p>(Abdel-Aziz &amp; Morsy, 2014)</p>

<p><b>Producto:</b> carne de búfalo</p> <p><b>Presentación:</b> hamburguesas</p>	<p>Eugenol (59,97%), β-caryophyllene (15.36%), 2-methoxy-4-[2-propenyl] phenyl acetate (13.21%) y α-humulene (3.93%)</p>	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,1%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los músculos de búfalo se compraron en una planta procesadora de carne (Urmia, Irán), la carne se esterilizó con etanol al 95%, luego se trituro y se dividieron en grupos. A las muestras se añadieron las soluciones de los tratamientos de prueba. La carne se inoculo con una solución que contenía <i>L. monocytogenes</i>. y se homogenizó en una batidora y se dieron forma con un molde para hamburguesa. Las muestras se envasaron por separado y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 8°C durante 9 días</p> <p><b>Resultado:</b> el valor de TBAR en las muestras que contenían AECO al finalizar el periodo de prueba fue 0.59 mg MDA/Kg. El nivel de oxidación fue 27%, 37% y 73% menos en comparación con las muestras con extracto de semillas de uva al 0.1% y 0.2% y las muestras control, respectivamente.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Effectiveness of clove essential oil and grape seed Extract combination on microbial and lipid Oxidation characteristics of raw buffalo patty During storage at abuse refrigeration temperatura</p> <p>(Tajik et al., 2014)</p>
--	--	---	--	--

*Nota.* Abreviaciones: Captación de radicales libres DPPH. Capacidad antioxidante catión radical (ABTS+). Prueba de blanqueo de β-caroteno. Capacidad de reducción férrica (FRAP). Ensayo inhibidor de la alfa amilasa, sustancias que reaccionan al ácido tiobarbitúrico TBAR. Contenido de malondialdehído MDA. valor de peróxidos VP. Metamioglobina MetMb. Ácidos grasos libres AGL. Compuestos volátiles nitrogenados TVN-B. Concentración del extracto que reduce el 50% de radical libre IC<sub>50</sub>. No especificado NE. No realizado NR. Aceite esencial de clavo de olor AECO.

Los métodos de determinación de la actividad antioxidantes se basan en comprobar cómo un agente oxidante induce daño oxidativo a un sustrato oxidable, daño que es inhibido o reducido en presencia de un antioxidante. Esta inhibición es proporcional a la actividad antioxidante del compuesto o la muestra. Por otra parte, hay ensayos que se basan en la cuantificación de los productos formados tras el proceso oxidativo. Si bien los métodos de medición de la actividad antioxidante permiten cuantificar el potencial de dichas moléculas, cada uno reacciona de cierta manera. Zengin & Bansal (2015) expresan que la interpretación de la actividad antioxidante requiere de una combinación de diferentes datos.

Autores como Ansarian et al. (2022) y Ghasemi et al. (2022) concuerdan que el contenido fenólico presente en una solución permite indicar su potencial antioxidante, debido a la estrecha relación que existe entre ambas partes. Sharma et al. (2017) establecen que un mayor contenido fenólico total está directamente relacionado con una mayor estabilidad

oxidativa, debido a la presencia de compuestos bioactivos los cuales interfieren con las reacciones de iniciación y secuenciales que pueden desencadenar en una rancidez oxidativa del producto. Mediante las investigaciones de Zengin & Bansal (2015), Sharma et al. (2017) y Ghasemi et al. (2022) revelaron resultados prometedores con respecto al aceite esencial de clavo de olor, ya que en todas ellas se evidencia un mayor contenido fenólico frente a sus contrapartes (tomillo, casia, mejorana, romero y salvia). En lo que respecta a la medición de la actividad antioxidante mediante el método DPPH, las muestras que contenían aceite esencial de clavo de olor mostraron mayor actividad de eliminación de radicales libres frente a sus contramuestras, tanto de control como de otros tratamientos con aceites esenciales. Sin embargo, también se evidenció una disminución mínima durante el periodo de almacenamiento. Sharma et al. (2017) mencionan que durante los primeros cinco días del tratamiento existe un incremento de dicha actividad, debido a una menor formación de radicales libres. No obstante, después de este tiempo existe un cambio de pH aumento de la oxidación lipídica por factores endógenos y externos presentes en las muestras, por lo que su inhibición se reduce. Mientras que, Ghasemi et al. (2022) y Sharma et al. (2017) comprobaron que los valores de DPPH aumentaron hasta el día 15 para luego disminuir, debido a que se ha generado un aumento de la oxidación lipídica de productos primarios y secundarios. Por lo que los autores asumen que los ácidos fenólicos y flavonoides presentes en el aceite esencial se encuentran en menor cantidad que los radicales no estables.

Cuando se busca combinar aceites esenciales y extractos con la finalidad de aumentar la actividad antioxidante es necesario evaluar el comportamiento previo, ya que no siempre se obtiene un efecto sinérgico, sino que puede ser antagónico o aditivo. Por tal motivo, es recomendable evaluar el tipo de interacciones mediante el índice FAC que permite simular la proporción experimental de la eliminación de radicales libres. Por ejemplo, Khodaei et al. (2023) analizó las interacciones entre el aceite esencial de canela y de clavo, en donde se evidenció un valor FAC de 0.2, lo que reveló un efecto antagónico, como consecuencia la oxidación se redujo mínimamente en las muestras tratadas.

**3.2.1.1. Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBAR).** Mediante la información extraída se pudo observar que la adición del aceite esencial de clavo de olor permitió que la producción de malondialdehído sea mínima durante el periodo de investigación o a su vez que se genere una reducción notable de este compuesto. Los estudios han demostrado que la razón de la neutralización de los compuestos oxidativos se debe a que los compuestos fenólicos poseen una capacidad donadora de átomos de hidrogeno, lo que permite estabilizar las reacciones de oxidación.

Por ejemplo, Ghasemi et al., (2022) reportó una disminución del 18.53% en nuggets de pollo en congelación durante un periodo de 90 días. Asimismo, Tajik et al. (2014) obtuvo una reducción de hasta un 73% en relación con las muestras de control, debido a la inhibición de aldehídos y cetonas generados en la autooxidación. Ambos trabajos coinciden que el aceite esencial de clavo de olor fue el mejor tratamiento en comparación con los demás aceites tratados.

Es importante considerar, que cada matriz es diferente por lo tanto su índice TBAR varia de una a otra. Sharma et al. (2017a) informaron que el valor limite umbral para la rancidez es 1 mg MDA/Kg. Por otro lado, de Abreu et al., (2021) atribuyen que la rancidez oxidativa se puede detectar en valores superiores a 0.5 mg MDA/Kg; mientras que Abdel et al., (2015) informaron que cuando el contenido de malondialdehído alcanza los 0.6 mg/Kg se detecta cierto sabor rancio. Sin embargo, el límite máximo permisible para carne de vacuno es de 2 mg MDA/Kg. En cambio, para la carne de pescado, Guran et al., (2015) destacan que el nivel límite máximo es 5 mgMDA/Kg.

**3.2.1.2. Índice de peróxidos (VP).** El índice de peróxidos permite evaluar el grado de rancidez en la grasa del alimento, ya que está relacionado con la medición de los productos (peróxidos e hidroperóxidos) formados al inicio de la oxidación (Feinar, 2018). Esta formación ocurre por la unión de una molécula de oxígeno a los ácidos grasos insaturados. La oxidación depende de la temperatura de almacenamiento, dado que el daño térmico puede liberar y activar iones metálicos, lo cual influye en la estabilidad a la oxidación de los tejidos de la carne.

Los trabajos de Guran et al. (2015) y Ghasemi et al (2022) especifican que la propuesta del uso del aceite esencial de clavo de olor se basa en los componentes mayoritarios, flavonoides y polifenoles, que se encuentran en su estructura, ya que la presencia de antioxidantes influye en la disminución del contenido de peróxidos, debido a que los compuestos fenólicos se adhieren a las cadenas de ácidos grasos completando sus terminaciones, de tal forma que inactivan a los radicales libres, retrasando así el proceso oxidativo.

La producción de peróxidos es lenta durante la etapa inicial de la oxidación (Feinar, 2018). Esta observación se relaciona con los datos proporcionados por Ghasemi et al. (2022), en donde se muestra que el valor más alto el día 60, luego muestra una reducción en su contenido. Los autores argumentan que esta disminución se debe a la autooxidación de los hidroperóxidos; generando productos secundarios como aldehídos y cetonas.

El trabajo de Ghasemi et al. (2022) indica que la adición del aceite esencial disminuyó el contenido de peróxidos un 22.56%, lo cual está relacionado con el contenido de fenoles totales, mientras que el estudio de Guran et al. (2015) expresan valores mayores a 2.53 meq  $O_2$ /Kg de grasa, siendo el segundo aceite en lo que se respecta a eficiencia de la reducción de la oxidación lipídica. No obstante, esperaban que el valor sea menor a 2 meq  $O_2$ /Kg de grasa. Si bien los peróxidos en cantidades pequeñas no muestran características sensoriales, la evaluación de su contenido se debe a que son sustancias intermedias para la producción de compuestos secundarios de oxidación (Feinar, 2018).

**3.2.1.3. Ácidos grasos libres (AGL).** El contenido de ácidos grasos libres se centra en determinar el desarrollo de la oxidación hidrolítica de la grasa del alimento. Con base a los estudios realizados por Guran et al. (2015) y Romezani et al. (2016) el contenido de ácidos grasos libres fue menor en comparación con las muestras de control. Los autores asumen que esta disminución se debe al efecto reducido de la actividad de las lipasas. En el caso de la investigación de Ramezani et al. (2016), las muestras se fortificaron con omega-3, con la finalidad analizar la influencia del aceite esencial de clavo de olor, ya que al aumentar el contenido de ácidos grasos se puede generar un mayor efecto en las reacciones de

oxidación. A su vez los autores analizaron los métodos de cocción para comprobar la eficiencia del aceite. El estudio concluyó que la presencia de ácidos grasos libres fue menor que las muestras sin fortificar, sin embargo, las muestras con el aceite tuvieron un contenido menor que sus contramuestras. Asimismo, independientemente del método de cocción, el calor no tuvo un efecto significativo en la composición de ácidos grasos en las muestras tratadas con el antioxidante. Por tanto, se demostró un efecto positivo frente a la rancidez hidrolítica de las muestras.

**3.2.1.4. Metamioglobina (MetMb).** La impresión de la calidad y frescura de la carne de fibras rojas está relacionada con su color, de tal forma que la decoloración está asociada con la oxidación de la mioglobina a metamioglobina (MetMb) (Ordoñez et al., 1998). A su vez Montgomery et al. (2003) evidenciaron que el aumento de los productos generados por la oxidación lipídica acelera la tasa de oxidación de la mioglobina.

El estudio de Aliakbarlu et al. (2015) evaluó la reducción de la degradación del color al minimizar la velocidad de reacción de la oxidación lipídica. Los resultados comprobaron que la incorporación del aceite esencial de clavo de olor mostro una reducción de la tasa de decoloración de la carne de oveja, evidenciando así la efectividad del aceite frente al cambio de color de las fibras rojas.

**3.2.1.5. Adición directa: evaluación sensorial.** La adición directa del aceite esencial de clavo de olor provocó algunos cambios en los atributos sensoriales de las muestras. No obstante, la aceptabilidad general de los productos fue relativamente buena o pasable, salvo por ciertas excepciones. Como se evidencia en la investigación de Aliakbarlu et al., (2015), el aceite esencial de clavo de olor redujo significativamente la oxidación de la oximioglobina, por lo que no hubo cambios de decoloración drásticos en las muestras, lo que explica las altas puntuaciones en cuanto al color. De igual manera, Sharma et al., (2017) exponen que reducir el contacto del oxígeno mediante un envasado al vacío puede ayudar a disminuir la oxidación de lípidos y pigmentos, ya que es la principal causa de deterioro.

Sin embargo, en lo que respecta al olor y al sabor, la forma de adición del aceite si mostró resultados indeseados, esto se debe a la naturaleza de este. Igualmente, Abdel et al

2015 confirmó en su investigación que la concentración inicial del aceite esencial puede afectar a la aceptación general del producto, debido a que mientras la concentración era mayor, la puntuación de la aceptación, en especial en los atributos de sabor, disminuyó notablemente.

En cambio, Ghasemi et al. (2022) obtuvieron buenos resultados en lo que respecta a la aceptabilidad general, los autores presumen que la incorporación de especias (como ajo, pimienta, comino, pimentón, entre otras) ayudo a enmascarar el sabor y olor característico a clavo de olor. Del mismo modo, Guran et al. (2015) coinciden que tanto el olor del pescado como los demás ingredientes permitieron disimular el aroma a clavo de olor.

### **3.2.2. Adición directa: actividad antimicrobiana**

La carne es un alimento de alto valor nutricional, ya que aportan proteínas esenciales, vitaminas y minerales que son requeridos en una dieta balanceada. Sin embargo, sus métodos de conservación son algo limitados cuando se trata de comercializarla y mantener su calidad nutricional y fresca, debido a que por su estructura es un alimento idóneo para la proliferación de microorganismos patógenos. A su vez los productos cárnicos presentan limitaciones similares, ya que la carne es su principal ingrediente, por lo que su procesamiento, almacenamiento y comercialización se debe realizar de la mejor manera para disminuir los daños. La implementación del aceite esencial de clavo de olor nace de la propuesta de implementar conservantes naturales debido a su fuerte actividad antimicrobiana y antifúngica.

Como se observa en la tabla 3, se muestran los resultados de la actividad antimicrobiana, en donde se encuentra la información de forma resumida y sintetizada. Las principales bacterias estudiadas fueron *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*.

#### **Tabla 3**

*Artículos obtenidos referente a la adición directa del aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos que estudian la actividad antimicrobiana.*

Matriz	Compuestos Mayoritarios	M.O	Información Relevante	Bibliografía
<p><b>Producto:</b> Jamón curado</p> <p><b>Presentación:</b> : liofilizado (30 g)</p>	<p>Eugenol (84.2%), eugenyl acetate (10.2%), <math>\beta</math>-caryophyllene (4.2%)</p>	<p><b>Análisis in vivo</b> <i>Listeria monocytogenes</i></p> <p><b>Ensayo:</b> Difusión en agar CMI</p>	<p><b>Concentración:</b> 10%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> el jamón curado liofilizado fue mezclado con 20 g de Bacto Agar en 1000 mL de agua y se añadió el AECO.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 7 °C durante 7 días</p> <p><b>Resultados:</b> el AECO no mostró inhibición frente a <i>L. monocytogenes</i>. Por lo tanto, se excluyó de ambos análisis.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Antimicrobials The activity of essential oils and natural plant extracts against <i>Listeria monocytogenes</i> in a dry-cured ham-based model</p> <p>(dos Santos et al., 2022)</p>
<p><b>Producto:</b> carne de res</p> <p><b>Presentación:</b> : mortadela (10 g)</p>	<p>Eugenol 80,67%</p>	<p><b>Análisis in vivo</b> <i>Clostridium perfringens</i></p> <p><b>Análisis in vitro:</b> CMB CMS</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,066 %</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> se elaboró un producto cárnico (mortadela) como base. Este producto se sometió a dos tratamientos. La concentración del AECO fue la misma, solo cambió la combinación de los demás aceites esenciales (orégano, tomillo y canela). La mortadela se trituró y se cocinó en baño maría a 72°C. Luego las muestras se inocularon con células de <i>C. perfringens</i> (7 log UFC/g)</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 15°C durante 21 días</p> <p><b>Resultado:</b> la combinación de los aceites esenciales de orégano y clavo de olor tuvieron un mayor efecto bactericida. Mientras que la mezcla que contenían tres aceites (orégano, clavo y canela) presentó la mayor actividad antimicrobiana, con una reducción de 1,41 log UFC/g en relación al control. Aunque no se produjo la eliminación de <i>C. perfringens</i>, los resultados sugieren la posibilidad de utilizar aceites esenciales para el control de este microorganismo.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Preservative of Essential Oil Blends: Control of <i>Clostridium perfringens</i> Type a in Mortadella</p> <p>(de Abreu Martins et al., 2021)</p>
<p><b>Productos:</b> <b>Carne cruda:</b> res, cordero, ternera y pollo. <b>Carne procesada:</b> hamburguesas de res y de pollo, carne y pollo molido, salchicha de res</p> <p><b>Presentación:</b> : cortada y triturada</p>	<p>NR</p>	<p><b>Análisis in vivo</b> <i>Bacillus</i> spp.</p> <p><b>Ensayo:</b> dilución en caldo</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,25 y 0,5% (v/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> cada muestra se mezcló con especias en polvo y AECO en las concentraciones establecidas. Luego fueron envasadas en bolsas de polietileno y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 37 °C durante 24 horas</p> <p><b>Resultados:</b> los resultados de la aplicación de AECO mostraron que la actividad antimicrobiana aumenta conforme la concentración en la que se adiciona el AECO. Igualmente, el aceite esencial tuvo un mayor efecto antibacteriano que las especias en polvo. Asimismo, existió una disminución estadísticamente significativa en los recuentos de <i>Bacillus</i> spp. en comparación con las muestras de control. La mayor prevalencia de <i>Bacillus</i> spp, fue en la hamburguesa de carne.</p>	<p>In-vitro Antimicrobials The Activity of Essential Oils and Spices Powder of some Medicinal Plants Against <i>Bacillus</i> Species Isolated from Raw and Processed Meat</p>

			<b>Evaluación sensorial:</b> NR	(Hetta et al., 2020)
<b>Producto:</b> Carne de pollo <b>Presentación</b> : picada	Eugenol (77,32-82,36%), Eugenyl acetate (8,61 - 10,55%) $\beta$ -caryophyllene (8,64 - 5,34%)	<i>Escherichia coli</i> y <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<b>Concentración:</b> tratamiento 1: 25, 50 y 100 ppm. Tratamiento 2 :200, 300 y 500 ppm. Tratamiento 3: 3 y 5% (v/p) + Rayos gamma <b>Incorporación del AECO:</b> se inocularon muestras de carne picada de pollo y se adicionaron AECO en diferentes concentraciones. Por otro lado, se realizó el mismo proceso luego se aplicó irradiación gamma (1, 2, 3, 4, 5 y 6 kGy) <b>Almacenamiento:</b> 4 $\pm$ 1 °C durante 7 días. <b>Resultados:</b> la adición de aceite esencial de clavo de olor a muestras de carne picada de pollo inoculadas con tres patógenos redujo los recuentos de estos patógenos, proporcionalmente con el aumento de la concentración. El tratamiento con AECO e irradiación consiguió una inactivación completa de los microorganismos durante todo el periodo de almacenamiento. <b>Evaluación sensorial:</b> NE	Antibacterial Activity of Clove ( <i>Syzygium aromaticum</i> L.) Essential Oil and Gamma Irradiation against Some Food-Borne Pathogens in Minced Chicken Meat  (Gibriel et al., 2017)
<b>Producto:</b> salchichas de pollo <b>Presentación</b> : molida (10 g)	NR	<b>Análisis in vivo:</b> Recuento en placa, recuento de bacterias psicrófilas y recuento de coliformes  <b>Ensayo:</b> Dilución en serie	<b>Concentración:</b> 0,25% <b>Incorporación del AECO:</b> la carne se cortó en trozos y se dividieron en lotes. Los aceites esenciales se aplicaron en la superficie de los pedazos de carne, luego se cortaron y se adiciono el resto de los ingredientes. Todo se mezcló en una batidora y se embutió de forma manual. Las salchichas se envasaron y almacenaron. Para su evaluación sensorial, las muestras se cocinaron con vapor durante 45 min. <b>Almacenamiento:</b> 35 $\pm$ 2 °C durante 2 días (TPC y coliformes) y 4-7 °C durante 7 días (PC) <b>Resultados:</b> el recuento microbiano de los productos incorporados con aceites esenciales fue significativamente menor que el control y se mantuvo muy por debajo del límite permisible de los productos cárnicos frescos (7 log UFC/g). Sin embargo, el tratamiento con AECO no fue el más efectivo. Con respecto al conteo psicrófilo, las muestras con AECO mostraron un recuento menor durante todo el periodo de prueba. Finalmente, no se observó un aumento significativo en el recuento de coliformes. <b>Evaluación sensorial:</b> a partir del día 5, todas las muestras presentaron una apariencia poco atractiva, sabores desagradables, pérdida de textura y reducción de su jugosidad.	Evaluation of anti-oxidant and anti-microbial activity of various essential oils in fresh chicken sausages  (Sharma et al., 2017a)
<b>Producto:</b> salchichas de pollo <b>Presentación</b> : molida (10 g)	NR	<b>Análisis in vitro:</b> <i>Escherichia coli</i> , <i>Proteus</i> spp., <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella entérica</i> ,	<b>Concentración:</b> 0,25 y 0.50% (in vitro) y 0.25% (in vivo) <b>Incorporación del AECO:</b> la carne se cortó en trozos y se dividieron en lotes. Los aceites esenciales se aplicaron en la superficie de los pedazos de carne, luego se cortaron y se adiciono el resto de los ingredientes. Todo se mezcló en una batidora y se embutió de forma manual. Las salchichas se envasaron y almacenaron. Para su	Use of various essential oils as bio preservatives and their effect on the quality of vacuum

		<p><i>Listeria monocytogenes</i>, <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Bacillus cereus</i>.</p> <p><b>Análisis in vivo:</b> Recuento en placa, recuento de bacterias psicrófilas y recuento de coliformes</p> <p><b>Método</b> Dilución en serie</p>	<p>evaluación sensorial, las muestras se cocinaron con vapor durante 45 min.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> -18 ± 2 °C durante 45 días</p> <p><b>Resultados:</b> el análisis in vitro del AECO reveló que la concentración mínima inhibitoria fue de 0.25% para <i>E. coli</i>, <i>Salmonella entérica</i> y <i>B. cereus</i>, mientras que para <i>L. monocytogenes</i> y <i>S. aureus</i> fue 0.50%. Sin embargo, no fue eficiente para las bacterias <i>P. aeruginosa</i> y <i>Proteus</i> spp. Por otro lado, en el análisis in vivo presentó una actividad antimicrobiana moderada para el recuento total en placa y de bacterias psicrófilas. En cambio, el recuento de coliformes se observó al día 30.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> a pesar de que las muestras con AECO tuvieron puntuaciones más altas que otros tratamientos, no presentó puntuaciones favorables con respecto a la aceptación general.</p>	<p>packaged fresh chicken sausages under frozen conditions</p> <p>(Sharma et al., 2017b)</p>
<p><b>Producto:</b> Carne de res</p> <p><b>Presentación:</b> : molida (25 g)</p>	NR	<p><i>Listeria monocytogenes</i></p> <p><b>Análisis in vitro:</b> CMI</p>	<p><b>Concentración:</b> 5 - 10%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> se compró la carne fresca de res (molida) con un 15% de grasa. Luego se inoculó la muestra con la bacteria, mezclando la suspensión celular. Las muestras se dividieron en porciones y a cada una se añadió AECO (crudo y comercial).</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 0-8 °C durante 7 días y -18 °C durante 60 días.</p> <p><b>Resultados:</b> se encontró que el AECO al 10% podía inactivar por completo <i>L. monocytogenes</i> en carne molida dentro de los 3 días posteriores a la inoculación. Sin embargo, el AECO al 5% (crudo y comercial) no resultó efectivo para inhibir la bacteria durante todo el período de almacenamiento.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> con respecto a la evaluación sensorial de la carne los parámetros fueron variados entre sí, debido a que los consumidores provenían de diversos países, por lo que la concentración al 5% tuvo aceptación en países del sur de Asia y África, pero no les agrado a las personas de Asia oriental. En cambio, la concentración de AECO al 10% no tuvo aceptación alguna debido a su fuerte sabor.</p>	<p>Use of cloves and cinnamon essential oil to inactivate <i>Listeria monocytogenes</i> in ground beef at freezing and refrigeration temperatures</p> <p>(Khaleque et al., 2016)</p>
<p><b>Producto:</b> Hamburguesas Pescado: Bonito</p> <p><b>Presentación:</b> : molida</p>	NR	<p><i>Bacterias aerobias mesófilas totales (TAMB)</i>, <i>Staphylococcus-micrococcus</i> y <i>bacterias coliformes</i></p>	<p><b>Concentración:</b> 2,65 ppm</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los Bonitos se limpiaron, decapitaron, removieron sus órganos y filetearon. Los filetes se sumergieron en agua hirviendo durante 2 min. Los pedazos de pescado se molieron y se adicionaron el resto de los ingredientes. La mezcla se dividió en cuatro partes, a un grupo se adicionó el AECO y se dieron forma. Las hamburguesas se colocaron en platos y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 16 días</p> <p><b>Resultados:</b> en cuanto al índice TAMB, aunque hubo un incremento de estas bacterias, el AECO mostró un efecto</p>	<p>Influence of Different Essential Oils on Refrigerated Fish Patties Produced from Bonito Fish (Sarda sarda Bloch, 1793)</p> <p>(Guran et al., 2015)</p>

			<p>inhibidor. Asimismo, el recuento de coliformes y de <i>Staphylococcus-micrococcus</i> fue 5.85 log UFC/g y 4 log UFC/g, respectivamente. Cabe recalcar que los análisis microbiológicos se realizaron solo hasta el día 10.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> el análisis reveló que en lo que se refiere a color, apariencia, olor y textura no hubo diferencias significativas entre los grupos. Sin embargo, las muestras con AECO tuvieron puntajes bajos en cuanto a sabor y aceptabilidad general.</p>	
<p><b>Producto:</b> Carne de res</p> <p><b>Presentación:</b> Hamburguesas</p>	Eugenol (70 - 95%)	<p>Recuento de aerobios en placa y recuento psicrófilos</p> <p>APC PPC</p>	<p><b>Concentración:</b> 250 - 500 mg/kg</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne se trituro y se añadieron los ingredientes hasta formar una masa base, luego se dividieron en porciones. El AECO se adicionó a las muestras, se homogenizó y se dio forma. Las hamburguesas se envasaron y almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> -18 °C durante 3 meses</p> <p><b>Resultados:</b> el APC de las muestras que contenían AECO, aumentó gradualmente durante el tiempo de investigación. No obstante, ninguna sobrepasó el límite aceptable. Con respecto al PPC, el recuento varió desde 3 log UFC/g hasta 3.73 log UFC/g, en ambas concentraciones. Sin embargo, el aceite de mejorana mostró un efecto inhibitorio más elevado.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> para las muestras con 250 mg/Kg (AECO), los resultados mostraron puntajes mayores a 8 en sabor y olor, no hubo diferencia significativa entre muestras (control y con aceite de mejorana). Mientras que para las muestras con 500 mg/Kg (AECO) presento sabores fuertes a clavo, por lo que su aceptabilidad fue baja.</p>	<p>Keeping Quality of Frozen Beef Patties by Marjoram and Clove Essential Oils</p> <p>(Abdel-Aziz &amp; Morsy, 2014)</p>
<p><b>Producto:</b> Carne de paleta</p> <p><b>Presentación:</b> : pulpa de carne magra (10 g)</p>	NR	<p><i>Escherichia coli, Bacillus cereus, Salmonella, Listeria monocytogenes, Yersinia enterocolitica, Campylobacter jejuni, Clostridium perfringens, Staphylococcus aureus y Toxoplasma gondi</i></p> <p><b>Ensayo:</b> Dilución en serie</p>	<p><b>Concentración:</b> 750, 1500 y 2250 uL</p> <p><b>Metodología:</b> las muestras fueron pesadas y se colocaron en cajas Petri estériles, luego se adicionó el AECO en las concentraciones establecidas.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 37 °C durante 2 días</p> <p><b>Resultados:</b> la concentración mínima inhibitoria fue 750 uL, mientras que la concentración de 2250 uL AECO produjo una reducción de 3.78 log UFC/g en comparación con las otras concentraciones. Los autores atribuyen que la actividad antimicrobiana del aceite se debe a la presencia de sus compuestos mayoritarios, en especial eugenol. Las bacterias Gram positivas fueron más sensibles ante el AECO, en especial <i>B. cereus</i>.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Use of essential oils and extracts from spices in meat protection</p> <p>(Hernández-Ochoa et al., 2014)</p>
<p><b>Producto:</b> carne de búfalo</p> <p><b>Presentación:</b> :</p>	Eugenol (59,97%), $\beta$ -caryophyllene (15,36%), 2-methoxy-4-[2-	<p><i>Listeria monocytogenes</i></p> <p><b>Ensayo:</b> CMI</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,1%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los músculos de búfalo se compraron en una planta procesadora de carne (Urmia, Irán), la carne se esterilizó con etanol al 95%, luego se trituro y se dividieron en grupos. A las muestras se añadieron las soluciones de los tratamientos de prueba.</p>	<p>Effectiveness of clove essential oil and grape seed Extract combination</p>

hamburguesas (25 g)	propenyl] phenyl acetate (13.21%) y $\alpha$ -humulene (3.93%)		<p>La carne se inoculó con una solución que contenía <i>L. monocytogenes</i>. y se homogenizó en una batidora y se dieron forma con un molde para hamburguesa. Las muestras se envasaron por separado y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 8°C durante 9 días.</p> <p><b>Resultados:</b> los autores reportaron un aumento mínimo en las muestras que contenían únicamente el AECO, la población inicial fue 5.18 log UFC/g y la final fue 5.57 log UFC/g. Por lo tanto, el AECO solo fue más efectiva contra <i>L. monocytogenes</i>. También, se observó un efecto aditivo entre el AECO y el extracto de semilla de uva, ya que no fue tan eficiente como esperaban.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>on microbial and lipid Oxidation characteristics of raw buffalo patty During storage at abuse refrigeration temperatura</p> <p>(Tajik et al., 2014)</p>
<p><b>Producto.</b> Carne de res</p> <p><b>Presentación</b> : molida (10 g)</p>	<p>Eugenol (89,80%), trans – caryophyllene (5,88%) y <math>\alpha</math> - humulene (2,30%)</p>	<p><i>Listeria monocytogenes</i></p> <p><b>Recuento</b> dilución en caldo</p> <p><b>Ensayo in vitro:</b> CMI</p>	<p><b>Concentración:</b> 1.56 - 3.12% - 6.25% (p/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las muestras trituradas se inocularon con 6 log UFC/g de <i>L. monocytogenes</i>, el AECO fue adicionado en las concentraciones establecidas.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 5 <math>\pm</math> 2 °C durante 3 días</p> <p><b>Resultado:</b> la concentración mínima inhibitoria fue 1.56%. Se observaron poblaciones reducidas de las colonias desde el primer día (en todas las concentraciones). Mientras que al segundo día no se detectaron recuentos en las concentraciones de 3.12% y 6.25%.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> el análisis sensorial mostró puntuaciones negativas desde la concentración mínima (1.56%) llegando a un rechazo inminente en las concentraciones mayores a esta.</p>	<p>Inhibitory activity of <i>Syzygium aromaticum</i> and Cymbopogon citratus (DC.) Stapf. essential oils against <i>Listeria monocytogenes</i> inoculated in bovine ground meat</p> <p>(Coutinho De Oliveira et al., 2013)</p>
<p><b>Producto:</b> Hamburguesa cocida</p> <p><b>Presentación</b> : Carne molida</p>	NR	<i>Escherichia coli</i>	<p><b>Concentración:</b> 1% (p/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> el aceite esencial se añadió a la carne molida. Luego se mezcló con 350 uL de cultivo de <i>E. coli</i> (10<sup>7</sup> UFC/g). las hamburguesas se cocinaron a 45 °C y se hizo el análisis microbiológico.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 37 °C durante 24 h</p> <p><b>Resultado:</b> El AECO redujo el patógeno en 1.6 log UFC/g de la población de <i>E. coli</i>.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Plant Extracts, Spices, and Essential Oils Inactivate <i>Escherichia coli</i> O157:H7 and Reduce Formation of Potentially Carcinogenic Heterocyclic Amines in Cooked Beef Patties</p> <p>(Rounds et al., 2012)</p>

<p><b>Producto:</b> carne de res</p> <p><b>Presentación</b> : molida (25 g)</p>	NR	<p><i>Vancomicina (VRE) y Escherichia coli</i></p> <p><b>Ensayo:</b> CMI CMM</p>	<p><b>Concentración:</b> 0.1 - 0.5 - 1% (v/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los trozos de carne fueron picadas y se dividieron en porciones y se colocaron en bolsas. La mitad de las muestras fueron inoculadas con VRE y la otra con E. coli y se añadió el AECO en las diferentes concentraciones.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 7°C durante 14 días</p> <p><b>Resultados:</b> las muestras de carne tratadas con aceite de clavo mostraron menos recuentos de VRE que las muestras de control correspondientes al mantenerlas en 7°C. Los aceites de eucalipto, enebro y clavo fueron los agentes menos potentes, con CMI<sub>90%</sub> y CMM<sub>90%</sub> del 2%.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> la carne picada que contenía mayor concentración de AECO presentó un sabor desagradable.</p>	<p>Antimicrobial Activity Of Essential Oils Against Vancomycin-Resistant Enterococci (Vre) And Escherichia Coli O157:H7 In Feta Soft Cheese And Minced Beef Meat</p> <p>(Selim, 2011)</p>
<p><b>Producto:</b> carne</p> <p><b>Presentación</b> : picada y troceada (25 g)</p>	NR	<p>1. Cepas bacterianas patógenas (<i>Listeria monocytogenes</i>, <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Escherichia coli</i> y <i>Salmonella Enteritidis</i>)</p> <p>2. Microbiota natural de la carne: bacterias mesófilas y psicotrópicas.</p> <p><b>In vitro:</b> CMI</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,10% (v/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> se realizaron dos pruebas antimicrobianas en carne picada</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Actividad antimicrobiana de aceites esenciales contra cepas bacterianas patógenas en carne irradiada. En este caso la carne fue envasada en porciones individuales, se congelaron (-20 °C), luego fueron irradiadas con 10,2 kGy. Las muestras fueron inoculadas con cepas bacterianas (10<sup>4</sup> – 10<sup>5</sup> UFC/g) y se añadieron los aceites esenciales a las muestras y las mantuvieron a 5 °C/3 h. Posteriormente, se realizaron diluciones en serie y el método de vertido en placa con agar de recuento en placa (PCA) (Difco), y después de incubación se registró la UFC/g. Las pruebas se realizaron por duplicado.</li> <li>2. Actividad antimicrobiana contra el microbiota natural de la carne. Las muestras individuales se analizaron in vitro con o sin aceites esenciales según el CMI<sub>90%</sub>. Las muestras control (sin aceites) y las muestras con aceite se mantuvieron a 5 °C y luego se realizaron diluciones seriadas a las 0, 6 y 24 h, se contabilizó su UFC/g en PCA. Después del contacto con aceites esenciales las muestras pasaron a un periodo de incubación.</li> </ol> <p><b>Almacenamiento:</b> 35°C/24-48 h (1) y 5°C durante 7 días (2)</p> <p><b>Resultados:</b> aunque todas las cepas fueron susceptibles a los aceites esenciales, el AECO de olor mostró la mayor actividad antimicrobiana (CMI<sub>90%</sub>= 0,09% v/v). También fue más efectivo contra cepas Gram – negativas (0.10% v/v), en cambio contra los microorganismos Gram – positivos fue de (0.09% v/v). A pesar que en la primera prueba los aceites lograron reducir 1.3 log UFC/g, el resultado no fue significativo. Igualmente, las pruebas de reducción psitrófica no mostraron diferencia significativa. Por lo que la actividad</p>	<p>Essential Oils Against Foodborne Pathogens and Spoilage Bacteria in Minced Meat</p> <p>(Nunes Barbosa et al., 2009)</p>

			antimicrobiana in vitro del AECO contra estos microorganismos es moderada. <b>Evaluación sensorial:</b> NR	
<b>Producto:</b> carne de res	Eugenol (78%), eugenyl acetate (13,77%)	<i>Salmonella Typhi</i>	<b>Concentración:</b> 0,5 % (p/p)  <b>Metodología:</b> La carne molida se inoculó con 10 <sup>6</sup> UFC/g de <i>Salmonella typhi</i> . Luego, se agregó el AECO y se mezcló durante 60 s. Se empaquetaron en bolsas con atmosferas modificadas (78.1% N <sub>2</sub> y 20.9% O <sub>2</sub> ) y se sometieron a irradiación (1.75 kGy).  <b>Almacenamiento:</b> 4 °C  <b>Resultados:</b> El AECO fue de los tratamientos más efectivos para disminuir de <i>Salmonella Typhi</i> en la carne molida, debido a que aumentaron cuatro veces la radiosensibilidad. <b>Evaluación sensorial:</b> NR	Effect of selected antimicrobial compounds on the radiosensitization of <i>Salmonella Typhi</i> in ground beef  (Turgis et al., 2009)

*Nota.* Abreviaciones: No realizado NR. Concentración mínima inhibitoria CMI. Concentración mínima bactericida CMB. Recuento total de bacterias TVC. Recuento de aerobios en placas PCA. Recuento de psicrófilos PC. Bacterias aerobias mesófilas TAMB. No realizado NR. Aceite esencial de clavo de olor AECO.

De manera general, todos los artículos evidenciaron que la concentración del aceite esencial influye directamente en la inhibición del crecimiento microbiano, se pudo observar que en los artículos en donde trabajaron con concentraciones mayores a 1%, la reducción era mayor. Sin embargo, como se menciona en la evaluación sensorial, incrementar el contenido repercutió de manera negativa en el sabor de las muestras. A su vez en la mayoría de los estudios se obtuvieron resultados prometedores sobre la actividad antimicrobiana in vitro e in vivo. Dado que en todas las muestras con tratamientos tuvieron valores menores en sus recuentos con relación a las muestras control.

Autores como Sharma et al. (2017) atribuyen que la reducción de estos microorganismos se debe a los cambios en el entorno que ejerció el aceite en la matriz, lo cual retraso la fase logarítmica, reduciendo así la tasa metabólica.

De acuerdo con la investigación de Nunes Barbosa et al. (2009), Hernández – Ochoa et al. (2014), Guran et al. (2015) y Khaleque et al. (2016) existió un mayor efecto inhibitorio en bacterias Gram positivas frente a las Gram negativas. Los autores explican que se debe a la presencia e interacción directa con la capa de peptidoglicano presente en las bacterias Gram positivas. Mientras que las bacterias Gram negativas su membrana contiene

lipopolisacáridos, los cuales impiden el paso de las moléculas hidrofóbicas generando una barrera entre estos microorganismos y el aceite esencial, por lo que se obtuvieron resultados favorables del efecto inhibitorio en bacterias como *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*.

Por otro lado, algunos autores como Tajik et al. (2014) buscaron trabajar con aceites y extractos para aumentar su efectividad, sin embargo, el resultado no fue el esperado. En base a su investigación se observó que la combinación entre el aceite esencial de clavo y el extracto de uva generó un efecto aditivo, por lo que los autores recomiendan evaluar el efecto sinérgico antes de aplicar su mezcla.

Mediante la extracción de la información se pudo observar que el efecto antimicrobiano es mayor en los análisis in vitro debido a que no existen otros compuestos que intervengan o que puedan influir en el resultado, mientras que en los análisis in vivo existen factores intrínsecos como variaciones de pH, macromoléculas en contacto, entre otros (Sharma et al., 2017).

### 3.2.3. Adición directa: actividad antifúngica

Los mohos y levaduras son microorganismos que pueden causar degradación y deterioro de los alimentos, lo que puede resultar en cambios sensoriales notables, como malos olores, sabores desagradables y cambios en la textura. Además, algunos mohos y levaduras pueden producir compuestos tóxicos llamados micotoxinas, que son peligrosas para la salud humana si se ingieren en cantidades significativas.

**Tabla 4**

*Artículos obtenidos referente a la adición directa del aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos que estudian la actividad antifúngica.*

Producto	Compuestos Mayoritarios	Genero	Información relevante	Bibliografía
Productos: carne cruda, carne fresca picada, rodajas de jamón, hamburguesa de ternera y salchicha	NR	<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Mucor</i> , <i>Rhizopus</i> ,	<b>Concentración:</b> 0,5 - 1% (v/p) <b>Incorporación del AECO:</b> Se compraron 1000g de muestras fresca en la carnicería. Las muestras se dividieron en 8 grupos, cada uno se mezcló con los aceites esenciales en las concentraciones establecidas. En el último tratamiento se adicionó sorbato de potasio al 0,3%.	Prevalence of different mould genera in meat and meat products with some reduction trials using essential oils

<p><b>Presentación:</b> triturada (125 g cada una)</p>		<p><i>Sporotricum</i>, <i>Thamnidium</i>, <i>Alternaria</i> y <i>Curvularia</i></p>	<p><b>Almacenamiento:</b> 4 ± 1 °C durante 9 días</p> <p><b>Resultado:</b> La media más alta de moho total (2,85 UFC/g) se registró en las salchichas, mientras que el registro más bajo fue en la carne cruda. Las especies de moho más predominantes fueron: <i>Aspergillus</i> (hamburguesas 49%, jamón 47.8%, carne fresca picada 46%, carne cruda 42.9% y salchicha 41.7%), se reportaron 6 especies de este género <i>Penicillium</i> (hamburguesas 25.5%, salchichas 25%, jamón 23.9% carne picada 20.6% y carne cruda 19%) y <i>Cladosporium</i> (carne cruda 11.9%, salchicha 9.7% hamburguesas 7.3, jamón 6.5% y carne picada 6.3%).</p> <p>El mejor resultado fue el AECO en una concentración de 1%, ya que causó una inhibición significativa.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> no fueron apetecibles.</p>	<p>(Habashy et al., 2019)</p>
<p><b>Producto:</b> salchichas de pollo</p> <p><b>Presentación:</b> molida (10 g)</p>	<p>NR</p>	<p><i>Levaduras</i> y <i>mohos</i>.</p> <p><b>Método:</b> Dilución en serie</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,25%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne se cortó en trozos y se dividieron en lotes. Los aceites esenciales se aplicaron en la superficie de los pedazos de carne, luego se cortaron y se adiciono el resto de los ingredientes. Todo se mezcló en una batidora y se embutió de forma manual. Las salchichas se envasaron y almacenaron. Para su evaluación sensorial, las muestras se cocinaron con vapor durante 45 min.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 25 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> el AECO tuvo un recuento de levaduras y mohos más bajo en comparación con sus contramuestras (control y aceites esenciales).</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> a partir del día 5, todas las muestras presentaron una apariencia poco atractiva, sabores desagradables, pérdida de textura y reducción de su jugosidad.</p>	<p>Evaluation of anti-oxidant and anti-microbial activity of various essential oils in fresh chicken sausages</p> <p>(Sharma et al., 2017)</p>
<p><b>Producto:</b> carne de oveja</p> <p><b>Presentación:</b> carne molida (50 g)</p>	<p>NR</p>	<p><i>Levaduras</i></p>	<p><b>Concentración:</b> 0,25% (v/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne se obtuvo del matadero local (Urmia, Irán), se retiró la grasa y se esterilizó. La carne se trituro y luego se dividió en 3 grupos y se agregó el AECO. Se homogenizó las muestras y se empaquetaron y almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 ± 1 °C durante 9 días</p> <p><b>Resultados:</b> el efecto inhibitorio del AECO frente al crecimiento de levaduras fue muy débil y no hubo diferencia significativa entre las muestras control al tercer día.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> al finalizar el tiempo de prueba, las muestras tratadas con AECO tuvieron buenas puntuaciones en color y aceptabilidad general, pero bajas en olor.</p>	<p>Effect of Avishane Shirazi (Zataria Multiflora) and Clove (<i>Syzygium aromaticum</i>) Essential Oils on Microbiological, Chemical and Sensory Properties of Ground Sheep Meat During Refrigerated Storage</p> <p>(Aliakbarlu &amp; Khalili Sadaghiani, 2015)</p>

<p><b>Producto:</b> Hamburguesas Pescado: Bonito</p> <p><b>Presentación:</b> molida</p>	NR	<p><i>Mohos y levaduras</i></p>	<p><b>Concentración:</b> 2,65 ppm</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los Bonitos se limpiaron, decapitaron, removieron sus órganos y filetearon. Los filetes se sumergieron en agua hirviendo durante 2 min. Los pedazos de pescado se molieron y se adicionaron el resto de los ingredientes. La mezcla se dividió en cuatro partes, a un grupo se adiciono el AECO y se dieron forma. Las hamburguesas se colocaron en platos y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 16 días</p> <p><b>Resultados:</b> los recuentos iniciales de mohos y levaduras fueron 1.3 log UFC/g, las muestras con AECO aumentaron a 3.40 log UFC/g. Por lo que no fue tan efectivo para inhibir el crecimiento de estos microorganismos.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> el análisis revelo que en lo que se refiere a color, apariencia, olor y textura no hubo diferencias significativas entre los grupos. Sin embargo, las muestras con AECO tuvieron puntajes bajos en cuanto a sabor y aceptabilidad general.</p>	<p>Influence of Different Essential Oils on Refrigerated Fish Patties Produced from Bonito Fish (Sarda sarda Bloch, 1793)</p> <p>(Guran et al., 2015)</p>
---	----	---------------------------------	---	---

Nota. No realizado NR. Aceite esencial de clavo de olor AECO.

La carne es un alimento altamente perecedero debido a elevada actividad de agua, pH favorable la convierte en un medio óptimo para la proliferación de microorganismos patógenos causantes del deterioro de esta. Habashy et al. (2019) argumenta que la presencia de moho en un alimento como la carne o a su vez en un producto cárnico se debe a las condiciones higiénicas que existieron durante el proceso de manipulación, procesamiento y almacenamiento, así como, la calidad de las especias que se adicionan a dichos productos.

Autores como Ahmad et al., (2005) evaluaron la actividad antifúngica del aceite esencial de clavo de olor frente a una variedad de patógenos fúngicos. El estudio mostró que, si bien este aceite presenta una fuerte actividad frente a estos microorganismos, la concentración es un factor clave para la inhibición de estos.

Rana et al., (2011), expresa que el eugenol es un potente agente antimicótico, por lo que es un inhibidor contra toda cepa de hongos, siendo esta molécula quien actúa como inhibidor de estos microorganismos. Sin embargo, Pinto & Cols (2009) establecen que la efectividad del aceite se debe al efecto sinérgico que ocurre entre el eugenol y los compuestos de menor proporción.

El aceite esencial de clavo de olor presentó una mayor actividad antifúngica frente a los géneros *aspergillus* y *mucor spp.* Del mismo modo, Chami et al., (2005) menciona que esta sustancia provoca un gran daño celular en la morfología de los hongos, siendo esta su principal particularidad antifúngica.

### **3.3. Películas y recubrimientos comestibles**

Una de las principales limitaciones del uso de los aceites esenciales como aditivos es su fuerte aroma y prominente sabor (Nisar et al., 2019). Como se evidenció en el apartado anterior, la aplicación directa del aceite esencial de clavo de olor influyó negativamente en algunos atributos referentes a la percepción sensorial evaluada en las diferentes matrices. De igual manera, el clavo de olor es una sustancia fotosensible y termolábil, debido a que se puede descomponer fácilmente en condiciones ambientales normales (Batiha et al., 2020).

En vista de esta problemática, algunos autores investigaron el aceite esencial, pero mediante la implementación de películas y recubrimientos comestibles. A su vez numerosos estudios señalan que el aceite esencial de clavo de olor tiene un alto poder antioxidante, antimicrobiano y antifúngico. Por lo que varios autores propusieron incorporar este aditivo a envases activos, de tal forma que se minimicen los efectos adversos encontrados en literatura sobre su adición directa, aumentando así su actividad y eficacia frente reacciones de deterioro y crecimiento microbiológico.

El principal objetivo de esta tecnología es de crear una barrera protectora, la cual tiene como objetivo evitar el contacto entre la matriz y su entorno, de tal forma que ocurra un efecto inhibitorio de bacterias y un retraso en las reacciones que ocurren entre la matriz y el entorno, minimizando así los efectos adversos que podrían ocurrir durante su tiempo de almacenamiento, aumentando la vida útil del alimento.

En cuanto a la cuantificación de estudios, se obtuvo un total de 30 artículos que analizaron el aceite esencial mediante esta forma de aplicación, de los cuales 23 se enfocaron netamente en la actividad antioxidante in vitro e in vivo del aceite, mientras que 16 estudios investigaron la actividad antimicrobiana y uno solo en la actividad antifúngica. Algunos de ellos estudiaron dos actividades.

### 3.3.1. Películas y recubrimientos comestibles: actividad antioxidante

Los biopolímeros y sus mezclas son ampliamente utilizados como matrices sólidas para películas, en este caso se analizó la influencia del aceite esencial de clavo de olor con respecto a la reducción de procesos oxidativos.

**Tabla 5**

*Artículos obtenidos referente a películas y recubrimientos comestibles con aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos que estudian la actividad antioxidante.*

Matriz	Compuestos Mayoritarios	Actividad	Información relevante	Bibliografía
<p><b>Producto:</b> carne de panceta de cerdo</p> <p><b>Presentación:</b> trozos (5 g)</p>	NR	<p><b>In vitro:</b> DPPH ABTS</p> <p><b>Análisis en carne:</b> VP</p>	<p><b>Concentración:</b> 0.75% (p/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de cerdo se compró en el mercado local (Seúl, Corea). Las películas se cortaron en trozos rectangulares (6 cm x 10 cm). Las muestras se envolvieron en las películas y se envasó al vacío.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 10 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados in vitro:</b> la incorporación de AECO a la película provocó un aumento en la actividad antioxidante, ya que, la eliminación de radicales libres cerca de un 31% para DPPH y hasta un 61% ABTS. El método de ABTS fue mayor debido a la naturaleza hidrofílica de la matriz de la película.</p> <p><b>Análisis en carne:</b> La evaluación del valor de peróxido presente en las muestras al cabo de 15 días reveló que la carne envuelta con la película mostró un valor de 16 meq/Kg en comparación con las muestras sin el film en donde se obtuvo un valor de 22 meq/Kg, por lo que se comprobó la eficiencia de las películas contra la prevención de la oxidación lipídica.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Gelatin/agar-based multifunctional film integrated with copper-doped zinc oxide nanoparticles and clove essential oil Pickering emulsion for enhancing the shelf life of pork meat</p> <p>(Roy et al., 2022)</p>
<p><b>Producto:</b> carne de camello</p> <p><b>Presentación:</b> molida (100 g)</p>	Eugenol (76.07%), caryophyllen e (8.72%), acetegenol (5.17%) y $\alpha$ -humulenen (4.95%)	<p><b>Estudio in vitro:</b> TPC DPPH ABTS</p> <p><b>Análisis en carne:</b> VP TBAR DPNH</p>	<p><b>Concentración:</b> 10 mg/ml</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de camello se compró en una carnicería local (Zanjan, Irán). Las muestras se colocaron en moldes de hamburguesas para dar su forma. Las superficies de las muestras se cubrieron con la película y se almacenaron en refrigeración.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 20 días</p> <p><b>Resultados:</b> el estudio in vitro reveló que la adición de AECO provocó un aumento significativo en el contenido fenólico de la película (19.26 - 45.21 mg GAE/g). Respecto a la capacidad de eliminación de radicales libres</p>	<p>Nanoemulsion-based basil seed gum edible film containing resveratrol and clove essential oil: In vitro antioxidant properties and its effect on oxidative stability and sensory characteristic of camel meat during</p>

			<p>alcanzó valores de 30.66 - 81.03% y 34.77 - 82.49% para DPPH y ABTS, respectivamente.</p> <p><b>Estudio en carne:</b> en cuanto al análisis de la actividad antioxidante en las muestras al cabo de 20 días mostró los siguientes resultados: valor de peróxido (4.03 meq/Kg de lípidos), índice TBARS (1.03 mg de MDA/kg) y carbonilos totales (0.84 nmol/mg de proteína).</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> el análisis de la carne de camello durante su periodo de almacenamiento determinó una aceptabilidad de 5.4, es decir que no alcanzó un umbral aceptable.</p>	<p>refrigeration storage</p> <p>(Ansarian et al., 2022)</p>
<p><b>Producto:</b> carne de res</p> <p><b>Presentación:</b> trozos (1 cm<sup>3</sup>)</p>	<p>Eugenol (85.7%), eugenol acetate (7.9%), β-caryophyllene (4.5%)</p>	<p><b>Análisis in vitro:</b> DPPH ABTS</p>	<p><b>Concentración:</b> 150 uL</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las lonchas de carne de res se obtuvieron del matadero local. Las muestras se cortaron en trozos y se colocaron sobre las películas poliméricas, se sellaron y refrigeraron. (Alemania)</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 7 °C durante 2 días.</p> <p><b>Resultados:</b> el aceite esencial de clavo de olor aumentó la eliminación de radicales del recubrimiento de quitosano (43%), debido a su principal compuesto, eugenol. Se presume que este resultado ocurre por las fuertes interacciones entre el quitosano y el eugenol, lo cual mantiene la compacidad de la estructura de la matriz. El AECO mantuvo una buena protección UV, debido a los grupos fenólicos del mismo, lo que permite que el color se mantenga luego de la esterilización.</p> <p><b>Calidad de la carne:</b> NR</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> el análisis no reveló una migración organoléptica del aceite.</p>	<p>Towards a Bioactive Food Packaging: Poly (Lactic Acid) Surface Functionalized by Chitosan Coating Embedding Clove and Argan Oils</p> <p>(Stoleru et al., 2021)</p>
<p><b>Producto:</b> Caballa del Pacífico (Pneumatophorus japonicus)</p> <p><b>Presentación:</b> filetes</p>	<p>NR</p>	<p><b>Análisis en carne:</b> TVB-N TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 2-3% (p/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las caballas se decapitaron, evisceraron y filetearon (Zhoushan, China). Las muestras se lavaron dos veces y se remojaron durante 5 min. Luego se envolvieron y se dejaron secar en una campana extractora manteniendo una temperatura de 10 °C. Una vez secos, se rociaron con la emulsión y se envasaron en una bolsa aséptica.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 12 días</p> <p><b>Resultados:</b> los filetes de caballa tratados con películas con AECO presentaron un contenido de TVB de 20.61 y 16.28 mg/100 g. Con respecto al valor TBAR, el contenido de MDA alcanzó el límite máximo permisible el día 8. Sin embargo, el pH mostró una ligera variación con respecto a la muestra de control.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> independientemente de los tratamientos, ninguna muestra logró finalizar el análisis sensorial debido al olor putrefacto que desprendían los filetes. Asimismo, la textura</p>	<p>Combined Effect of the Essential Oil and Collagen Film on the Quality of Pacific Mackerel (Pneumatophorus japonicus) Fillet During Cold Storage</p> <p>(Hu et al., 2021)</p>

			estaba deteriorada y su apariencia presentaba pigmentación amarilla. Sin embargo, las muestras que contenían mayor concentración de AECO tuvieron una puntuación aceptable hasta el día 9.	
<p><b>Producto:</b> Salmón del Atlántico (<i>Salmo salar</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> Trozos (5 x 5 x 2 cm)</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR DTNB MetMb</p>	<p><b>Concentración:</b> 5% (v/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los filetes de salmón se compraron en el mercado local (Melbourne, Australia). Las muestras se cortaron y se agruparon de forma aleatoria. Los pedazos se sumergieron en los recubrimientos correspondientes durante 1 min y se dejaron secar al aire libre durante 30 min. Luego se colocaron en bandejas individuales con almohadillas absorbentes, se sellaron y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> durante el periodo de pruebas, el valor de TBAR en las muestras que tenían recubrimientos con AECO permaneció por debajo de 1 mg MDA/Kg. De igual manera, los recubrimientos protegieron eficazmente a las muestras contra la oxidación proteica, La vida útil de las muestras aumento 5 días.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Incorporation of salmon bone gelatine with chitosan, gallic acid and clove oil as edible coating for the cold storage of fresh salmon fillet</p> <p>(Xiong et al., 2021)</p>
<p><b>Producto:</b> pechuga de pollo</p> <p><b>Presentación:</b> trozos (25 g)</p>	Eugenol (79,4%), $\beta$ -caryophyllen e (13,36 %), eugenol acetate (4,49 %) y $\alpha$ -caryophyllen e (1,67%).	TBAR TVB-N	<p><b>Concentración:</b> 0,2 - 0,5% (p/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> se recolectaron muestras de pollo empacado por toda la ciudad. La carne se cortó en trozos y se sumergieron durante 5 min en las soluciones de alginato de sodio con AECO, se extrajeron y se drenaron durante 60 s. Luego se remojaron en CaCl<sub>2</sub> por 2 min y se dejaron secar. Las muestras se envasaron en una atmosfera normal y una atmosfera modificada (65% de CO<sub>2</sub>, 30% de N<sub>2</sub> y 5% de O<sub>2</sub>).</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> el estudio revelo que no existió diferencia significativa en las condiciones de empaquetado. La adición del AECO en el recubrimiento, tanto individualmente como en la mezcla con otro aceite, provocó una disminución significativa del índice TBAR, el valor final fue de 0.21 mg MDA/kg. El TVN se mantuvo constante hasta el quinto día, luego aumento considerablemente, por lo que los resultados mostraron que el recubrimiento no tuvo efecto en la reducción del TVN.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> la evaluación sensorial reveló que a medida que se incrementa la concentración del AECO, la puntuación de los atributos disminuye.</p>	<p>Effect of sodium alginate coating containing clove (<i>Syzygium aromaticum</i>) and lemon verbena (<i>Aloysia Citriodora</i>) essential oils and different packaging treatments on shelf life extension of refrigerated chicken breast</p> <p>(Hosseini et al., 2021)</p>

<p><b>Producto:</b> carne de pollo</p> <p><b>Presentación:</b> hamburguesas (75 g)</p>	NR	<p><b>In vitro:</b> DPPH</p> <p><b>Análisis en carne:</b> TBAR TVB-N</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,25 - 0,5 - 0,75 - 1%.</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de pollo se trituró y se adicionó los condimentos, hielo, nitrato de sodio y tripolifosfato de sodio. Se añadió aceite vegetal y harina refinada hasta formar una emulsión espesa y pegajosa. La mezcla se transfirió a la maquina formadora de hamburguesas. Los productos se cocinaron por 30 min a 180 °C. Luego, se dividieron en cuatro grupos y se sumergieron durante 5 min en los recubrimientos comestibles con AECO, se drenaron y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 ± 1 °C durante 35 días</p> <p><b>Resultados:</b> luego de los 15 primeros días de almacenamiento, la actividad antioxidante disminuyó en todos los recubrimientos, se asumió que fue debido a factores intrínsecos de la matriz. Sin embargo, el tratamiento que contenía mayor concentración del AECO fue la única que tuvo una actividad antioxidante durante el tiempo de investigación, su valor final fue 15.11% (el día 15).</p> <p><b>Análisis en carne:</b> la película que contenía mayor concentración de AECO fue el único tratamiento que culminó sus análisis en el tiempo establecido, por lo que fue el mejor tratamiento. El índice de TBAR fue de 0.98 ± 0.03 mg MDA/Kg, el pH fue 6.32 ± 0.07 y el valor de TVB-N fue 22.80 ± 0.16 mg/100 g.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> en cuanto al análisis sensorial, el recubrimiento comestible con AECO al 0,5% tuvo puntajes sensoriales más altos, debido a que en esta concentración el recubrimiento comestible no inhibió los atributos sensoriales de las hamburguesas. Los recubrimientos con concentraciones mayores a esta reducen el sabor y el regusto de las muestras.</p>	<p>Effects of chitosan coating enriched with <i>Syzygium aromaticum</i> essential oil on quality and shelf-life of chicken patties</p> <p>(Shukla et al., 2020)</p>
<p><b>Producto:</b> carne fresca de cerdo</p> <p><b>Presentación:</b> hamburguesas (15 g)</p>	Eugenol (75%)	<p><b>Análisis en carne:</b> VP TBAR MetMb</p>	<p><b>Concentración:</b> 6400 ug/mL</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de cerdo se compró en una carnicería local, se retiró la grasa del musculo y se trituro la carne. Se adicionó sal y se formaron manualmente. Las muestras se agruparon de forma aleatoria</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4±2 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> en las hamburguesas que tenían recubrimientos con AECO, el contenido inicial de MetMb fue de 54% y aumento gradualmente hasta 57%, al finalizar el periodo de almacenamiento. Asimismo, las muestras presentaron menor oxidación lipídica y un valor final de 1.33 mg MDA/Kg.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> independientemente de los tratamientos, las muestras presentaron olores</p>	<p>A chitosan-based edible film with clove essential oil and nisin for improving the quality and shelf life of pork patties in cold storage</p> <p>(Venkatachalam &amp; Lekjing, 2020)</p>

			desagradables, sin embargo, se evaluó la presencia de aroma a clavo de olor y se obtuvieron puntuaciones aceptables. También mostraron decoloración, Se consideró como umbral mínimo de aceptabilidad la puntuación 3, las muestras se mantuvieron durante 12 días.	
<p><b>Producto:</b> Sucuk de res (Salchicha fermentada tradicional turca)</p> <p><b>Presentación:</b> rodajas (1.60 mm de espesor)</p>	<p>Cymol (26.29%), <math>\alpha</math>-pinene (20.65%), eugenol (17,02%) y 3-carene (11.62%)</p>	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR MetMb</p>	<p><b>Concentración:</b> 1,50% (v/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los sucuks recién hechos se obtuvieron de una planta de procesamiento de carne. Las muestras se dividieron en cuatro tratamientos, se cortaron en rodajas y se almacenaron en bolsas de polietileno. La adición de los recubrimientos se realizó mediante una inmersión de 30 s y se escurrió el excedente por 2 min, luego se volvió a sumergir 30 s y se dejó las muestras 30 min en una campana extractora con flujo de aire a 25 °C. Posteriormente se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4°C durante 45 días.</p> <p><b>Resultados:</b> la aplicación del recubrimiento con AECO disminuyó la pérdida de peso de las muestras, retrasó el deterioro del color y mejoró la calidad de almacenamiento de los sucuks tratados térmicamente. El índice de TBAR fue de 2.00 mg MDA/Kg, Sin embargo, mostró un impacto negativo en la actividad del agua (0.985) en las muestras.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Performance of mechanically deboned chicken meat protein coatings containing thyme or clove essential oil for storage quality improvement of beef sucuks</p> <p>(Saricaoglu &amp; Turhan, 2019)</p>
<p><b>Producto:</b> Dorada (Megalobrama ambycephala)</p> <p><b>Presentación:</b> filetes (379 g)</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> PV TBAR TVB-N MetMb</p>	<p><b>Concentración:</b> 1 -1,5% (p/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las doradas frescas se compraron en el mercado local (Xian, China). Los pescados se decapitaron, despellejaron, deshuesaron y filetearon, luego se dividieron en grupos. Las muestras se sumergieron en los recubrimientos durante 60 s y se dejaron escurrir durante 2 min. Una vez más, se volvieron a sumergir durante 30 s y se dejaron secar durante 8 horas en una campana extractora. Transcurrido ese tiempo, los filetes se envasaron al vacío.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4°C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> el valor de pH fue menor en las muestras con recubrimientos de AECO en comparación con las muestras de control. De igual manera, estos recubrimientos actuaron como una barrera de vapor de agua durante el almacenamiento, de tal forma que aumento la capacidad de retención de agua en la matriz, al igual que provocó que la pérdida de peso sea mínima. Asimismo, los resultados revelaron que la incorporación de AECO a las películas redujo el grado de oxidación lipídica, debido a que los valores obtenidos de los análisis de VP, TBAR y TVB al finalizar los 15 días fueron valores</p>	<p>Physicochemical responses and microbiological changes of bream (Megalobrama ambycephala) to pectin based coatings enriched with clove essential oil during refrigeration</p> <p>(Nisar et al., 2019)</p>

			<p>inferiores en comparación con las muestras de control.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> los resultados del análisis organoléptico revelaron que la película que contenía AECO no tuvo efectos negativos sobre la aceptabilidad, ya que los filetes con estos recubrimientos mostraron una textura más firme, menos olor a pescado y un color estable a diferencia de las muestras de control. A pesar que la calificación de todos los atributos sensoriales mostró un decrecimiento conforme aumentaba el tiempo de estudio, la puntuación final de los panelistas fue un 4. Sin embargo, en muestras de peces se puede considerar como aceptable.</p>	
<p><b>Producto:</b> Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> filetes (100 g)</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,08 y 0.16%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los Tambaquis frescos se filetearon. Los pedazos se separaron cinco grupos. Las muestras se sumergieron en los recubrimientos durante 10 s y se secaron durante 60 s. Los filetes se envasaron en film plástico de polietileno y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> -18 ± 1 °C durante 120 días</p> <p><b>Resultados:</b> al finalizar los 120 días, el contenido de malondialdehído en las muestras con películas con AECO (0.16%) fue 0.75 mg/Kg, mientras que para las muestras con películas con AECO (0.08%) fueron 0.80 mg/Kg.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> las puntuaciones para las películas con AECO (0.08%) obtuvieron puntuaciones de 5.4, mientras que las películas con AECO (0.16%) alcanzaron puntuaciones de 4.7. Las puntuaciones corresponden a ni me gusta ni me disgusta en ambos casos.</p>	<p>Combination of chitosan coating and clove essential oil reduces lipid oxidation and microbial growth in frozen stored tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) filets</p> <p>(Vieira et al., 2019)</p>
<p><b>Producto:</b> Carpas herbívoras (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> trozos (4x 3x 1.5 cm<sup>3</sup>)</p>	Eugenol (44,9%) caryophyllene (26.5%)	<p><b>Análisis en carne:</b> Actividad enzimática</p>	<p><b>Concentración:</b> 0.1 – 0.5 – 1 % (p/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> Las carpas herbívoras se obtuvieron del mercado local (Jiangsu, China). Los pescados fueron escaldados, decapitados eviscerados y fileteados. Los filetes se cortaron y dividieron en grupos. Las muestras se sumergieron 5 min en los recubrimientos con las concentraciones de AECO establecidas y se escurrieron sobre mallas desinfectadas durante 90 min. Una vez transcurrido ese tiempo se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> se pudo evidenciar que conforme aumentaba la concentración de AECO en las películas, la actividad de las catepsinas B, B+L aumentaban hasta llegar a una inhibición del 65% el día 11. Sin embargo, el estudio reveló que los recubrimientos tenían un efecto inhibitorio de la actividad de catepsinas D hasta cierto punto, ya que el día 11 disminuyó solo el 7%. Por tanto,</p>	<p>Inhibitory effects of chitosan-based coatings on endogenous enzyme activities, proteolytic degradation and texture softening of grass carp (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>) filets stored at 4 °C</p> <p>(Yu et al., 2018)</p>

			<p>los recubrimientos impidieron la proteólisis y el deterioro de la textura de los filetes refrigerados (fuerza de cizallamiento).</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	
<p><b>Producto:</b> carne fresca de res</p> <p><b>Presentación:</b> filetes (90 g)</p>	<p>Eugenol (67,6%), acetegenol (16,8%) y trans-caryophyllen e (10,8%)</p>	<p><b>Análisis In vitro:</b> DPPH</p> <p><b>En carne:</b> TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 12,5% (p/v) AECO y 12,5% (p/v) eugenol.</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de res se cortó en rodajas. Los filetes se colocaron en una bandeja de (PS/EVOH/PE) y se envasaron en atmósfera modificada (80% O<sub>2</sub> y 20% de CO<sub>2</sub>) y se sellaron con un film de pelado. Antes del sellado, se adhirieron los revestimientos activos que contenían eugenol y AECO.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4±1 °C durante 14 días</p> <p><b>Resultados:</b> las biopelículas con AECO y eugenol presentaron una inhibición de los radicales libres del 87-92% y 90-94%, respectivamente.</p> <p><b>Calidad de la carne:</b> Los cambios en el color no fueron significativos, es decir, que se mantuvo el color rojo de la carne en los envases con antioxidantes. La oxidación lipídica tuvo un valor de 0.966 mg MDA/Kg después de 14 días. Por tal motivo, se demostró que las biopelículas es una tecnología prometedora para aumentar la vida útil de la carne.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Development of antioxidant food packaging materials containing eugenol for extending display life of fresh beef</p> <p>(Navikaite-Snipaitiene et al., 2018)</p>
<p><b>Producto:</b> Atún rojo (Thunnus thynnys)</p> <p><b>Presentación:</b> Filetes (10 x 10 x 1) cm<sup>3</sup></p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> TVB-N TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 0.5% mL</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los filetes de pescado se cortaron y se envolvieron completamente con las películas individuales. Las muestras se almacenaron en placas acrílicas.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 2 ± 1 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> al finalizar el periodo de prueba, las muestras con películas se mantuvieron en valores de 33 mg TVB-N/100 g, a diferencia de las muestras control que alcanzaron los valores de 30 mg TVB-N/100 g durante la primera semana. El contenido de malondialdehído mantuvo su valor inicial (0.18 mg/Kg) durante todo el periodo de almacenamiento.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Active nanocomposite films based on soy proteins-montmorillonite-clove essential oil for the preservation of refrigerated bluefin tuna (Thunnus thynnus) fillets</p> <p>(Echeverría et al., 2018)</p>
<p><b>Producto:</b> Truchas arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> Filetes</p>	<p>Eugenol (77.57%), eugenol acetate (10.23%), caryophyllen e (7.51%)</p>	<p><b>In vitro:</b> DPPH</p> <p><b>Análisis en carne:</b> TVB-N VP TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 0.5-1-2%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la trucha arco iris se compró en una piscina local (Fars, Irán). Los pescados fueron decapitados, eviscerados y fileteados. Las muestras se sumergieron en los recubrimientos durante 60 s y se escurrió el excedente durante 2 min, luego se volvió a sumergir y se dejaron secar durante 1 h y se almacenaron.</p>	<p>Shelf-life extension of refrigerated rainbow trout fillets using total Farsi gum-based coatings containing clove and</p>

			<p><b>Almacenamiento:</b> <math>4 \pm 1</math> °C durante 16 días</p> <p><b>Resultados:</b> el AECO presento mayor actividad de eliminación de radicales (93.7%) frente al aceite esencial de tomillo (53.5%). Las muestras con recubrimientos con AECO se mantuvieron por debajo de 30 mg TVB-N/100 g en todo momento. Con respecto a la oxidación lipídica, los mejores resultados presentaron las muestras con recubrimientos con AECO al 2%, a pesar que el índice de peróxidos sobrepasó el límite (5 meq O<sub>2</sub>/Kg de lípido) el día 12. Sin embargo, el índice TBAR fue 1.7 mg MDA/Kg y se encontraba por debajo del límite aceptable de 5 mg MDA/Kg.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> el recubrimiento que contenía menor concentración de AECO tuvo mayor puntuación. Sin embargo, el análisis se terminó el día 8 ya que todas las muestras presentaban puntuaciones muy bajas.</p>	<p>thyme essential oils Emulsions</p> <p>(Dehghani et al., 2018)</p>
<p><b>Producto:</b> bagre Sutchi (Pangasius hypophthalmus)</p> <p><b>Presentación:</b> filetes (100 g)</p>	<p>Eugenol (78,95%), caryophyllen e (4,26%), benzene, 1-ethyl-3-nitro (2,46%).</p>	<p><b>In vitro:</b> TPC DPPH</p> <p><b>Análisis en carne:</b> TBAR AGL PV</p>	<p><b>Concentración:</b> 0.25% (p/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> El bagre Sutchi se obtuvo de una piscifactoría de agua dulce (Kerala, India). El pescado se fileteó y se agruparon en 4 lotes, el último grupo se destinó para la inmersión en recubrimientos con AECO. El proceso consistió en sumergir las muestras en la solución durante 30 s e inmediatamente se envasaron al vacío.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 0-2 °C durante 15 días.</p> <p><b>Resultados:</b> los resultados informaron que el AECO presento mayor contenido fenólico y aumento 83% la actividad antioxidante de la película en comparación con el tratamiento de control.</p> <p><b>Evaluación carne:</b> al finaliza el periodo de investigación las muestras alcanzaron valores de 0.57 mg MDA/Kg, por lo que la película fue eficiente para retrasar la oxidación lipídica. De igual manera, las muestras se mantuvieron por debajo del límite de la acidez de la grasa (3% ácido oleico). Sin embargo, el valor de peróxidos alcanzo el límite máximo permisible el día 9.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> el análisis sensorial de los filetes indico que las muestras con recubrimientos de AECO mostraron mayor masticabilidad y gomosidad. Sin embargo, solo se realizó hasta el día 11.</p>	<p>Effect of curry leaf and clove bud essential oils on textural and oxidative stability of chill stored sutchi catfish filets</p> <p>(Binsi et al., 2017)</p>
<p><b>Producto:</b> Embutidos de cerdo</p> <p><b>Presentación:</b> Salchichas</p>	<p>Eugenol (85%)</p>	<p><b>In vitro:</b> DPPH</p> <p><b>Análisis en carne:</b> TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 1.5% (v/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> se compraron cuarenta salchichas. Las muestras se dividieron en dos grupos: control (películas sin AECO) y tratamiento (películas activas con AECO). Las muestras se envasaron individualmente con las biopelículas que les correspondía.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> <math>2 \pm 2</math> °C durante 15 días</p>	<p>Active starch biopolymeric packaging film for sausages embedded with essential oil of <i>Syzygium aromaticum</i></p>

			<p><b>Resultados:</b> la acción antioxidante del AECO en la película fue del 53% al cabo de su periodo de almacenamiento.</p> <p><b>Análisis de la carne:</b> las muestras tratadas con las películas activas se mantuvieron por debajo del límite permitido (1 mg de MDA/kg), durante el tiempo de almacenamiento. No hubo diferencias significativas en el control de pH y la actividad de agua entre los tratamientos durante el período evaluado.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> mediante el análisis sensorial se evidenció que el color no presentó diferencia significativa entre las muestras de control y con tratamiento. Sin embargo, el sabor y olor si tuvieron un efecto significativo.</p>	(Ugalde et al., 2017)
<p><b>Producto:</b> carne de cerdo</p> <p><b>Presentación:</b> Salchichas cocidas (35 g)</p>	Eugenol (75%)	<p><b>Análisis en carne:</b> VP TVBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 1.5% (p/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las salchichas se compraron en una tienda local (Bangkok, Tailandia). Las muestras se clasificaron y se sumergieron en los recubrimientos durante 3 min, luego se secaron durante 1 h con un flujo laminar. Transcurrido este tiempo se empaquetaron y almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 ± 2 °C durante 25 días</p> <p><b>Resultados:</b> en lo que respecta a las muestras con recubrimientos de AECO, tanto el valor del peróxido como el índice de TVBAR fueron más bajos en comparación con los datos de las demás muestras.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> los resultados del análisis sensorial muestran una aceptación decreciente conforme transcurre el periodo de almacenamiento. Los atributos que tuvieron menor puntuación fueron el olor y sabor. La aceptabilidad general de las muestras fue menor a 5 en el día 20.</p>	<p>A chitosan-based coating with or without clove oil extends the shelf life of cooked pork sausages in refrigerated storage</p> <p>(Lekjing, 2016)</p>
<p><b>Producto:</b> Carpa plateada</p> <p><b>Presentación:</b> filete (25 g)</p>	Eugenol (59,29%), Propilenglicol (11.29%), Benzotiofeno -3-carbonitril, 4,5,6,7-tetrahidro-2-(3-etoxi-4-hidroxibencilideno) (9.67%) y β-caryophyllen e (5.01%)	<p><b>Análisis en carne:</b> PV TVB-N</p>	<p><b>Concentración:</b> 1-1,5% (v/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los peces se obtuvieron de una granja acuícola local. Los peces fueron destripados, despellejados y fileteados. Los filetes se dividieron en cuatro grupos. Cada muestra se sumergió por 30 s en la solución del grupo establecido, luego los filetes se volvieron a sumergir durante 2 min en una solución de CaCl<sub>2</sub>. Las muestras se escurrieron por 30 min y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4°C durante 16 días</p> <p><b>Resultados:</b> las muestras con recubrimientos de AECO presentaron valores de peróxido más bajos durante el periodo de almacenamiento. Se asume que es por el efecto combinado de los materiales del recubrimiento (barrera de oxígeno y actividad antioxidante). En lo que respecta a la</p>	<p>Effect of alginate/carboxyl methyl cellulose composite coating incorporated with clove essential oil on the quality of silver carp fillet and Escherichia coli O157:H7 inhibition during refrigerated storage</p>

			<p>concentración de TVB-N, hubo diferencia significativa en los recubrimientos con AECO en comparación con los demás. Sin embargo, los valores de los recubrimientos con mayor concentración (1.5%) se mantuvieron por debajo del límite (34.35 mg N/100 g) hasta el final del periodo de prueba, mientras que para la concentración más baja de AECO (1%) el valor sobrepasó el límite el día 12.</p> <p>Los recubrimientos al 1% y 1.5% aumentaron la vida útil 8 y 12 días, respectivamente.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> los puntajes menores a 4 se consideraron como inaceptables. Las muestras con recubrimientos al 1% y 1.5% de AECO alcanzaron estos puntajes al día 12 y 16, respectivamente.</p>	(Jalali et al., 2016)
<p><b>Producto:</b> Carne cruda de res</p> <p><b>Presentación:</b> Filetes (25 g)</p>	<p>Eugenol (83,3%), caryophyllene (10,6%) 1, 4, 7, - cyclododecatriene, 1,5, 9, 9,- tetramethyl- (2,1%)</p>	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 3% (v/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de res se obtuvo de una planta procesadora de carne, las muestras se filetearon y se dividieron en grupos. La carne se envolvió de acuerdo al tratamiento establecido y se almacenaron en bolsas de polietileno de baja densidad.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> el índice de TBAR fue más bajo en comparación con el de las muestras de control (sin AECO) al finalizar el periodo de investigación, este valor fue 1.32 mg MDA/Kg. Sin embargo, los valores del enrojecimiento en las muestras disminuyeron considerablemente.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> las muestras recubiertas por películas que contenían AECO tuvieron un sabor y olor distintivo pero agradable el primer día. Sin embargo, las puntuaciones en la escala hedónica descendieron hasta alcanzar los límites del rechazo (6 puntos) a los 12 días del análisis.</p>	<p>Potential application of corn starch edible films with spice essential oils for the shelf life extension of red meat</p> <p>(Radha Krishnan et al., 2015)</p>
<p><b>Producto:</b> Sardina (<i>Sardina pilchardus</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> Hamburguesas de pescado (50 g)</p>	NR	<p><b>Análisis in vitro:</b> ABTS FRAP PCL</p> <p><b>Análisis en carne:</b> TBAR TVB-N</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,75 mL/g</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los filetes de sardinas se obtuvieron de una tienda local (Madrid, España). La carne se trituró y se mezcló con sal. La mezcla se dividió en porciones y se prensaron hasta formar discos. Las hamburguesas se colocaron en placas de acrílico que contenían las películas y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 2 ±1 °C 13 días</p> <p><b>Resultados:</b> en las películas con AECO, el aumento de la capacidad antioxidante fue notable en todos los ensayos. Los autores presumen que los compuestos fenólicos del AECO (eugenol) mejoraron la capacidad de eliminación de radicales. Esta actividad fue mayor contra el radical ABTS, a diferencia de radical anión superóxido (PCL) en donde sus valores fueron menores.</p>	<p>Sunflower protein films incorporated with clove essential oil have potential application for the preservation of fish patties</p> <p>(Salgado et al., 2013)</p>

			<p><b>Evaluación carne:</b> en las hamburguesas que tenían películas con AECO, la tasa de producción de MDA fue menor, especialmente el día 3, lo que permitió que los valores sean bajos durante todo el periodo. En lo que respecta a los valores de TVB-N no hubo diferencia significativa entre las muestras. Al finalizar el periodo de evaluación, los valores estaban por debajo de 35 mg TVB-N/100 g.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	
<p><b>Producto:</b> bacalao (Gadus morhua)</p> <p><b>Presentación:</b> filetes (100 g)</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> TVB-N.</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,75 mL/g</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los filetes de bacalao se compraron en el mercado local (Barcelona, España). El pescado se cortó en trozos y se cubrieron con la película con AECO y se envasaron al vacío.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 2 ± 1 °C durante 11 días</p> <p><b>Resultado:</b> las muestras de control superaron el valor de 30 mg TVB-N el día 3, mientras que las muestras con películas alcanzaron este valor el día 9.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Biodegradable gelatin–chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation</p> <p>(Gómez-Estaca et al., 2010)</p>
<p><b>Producto:</b> Carne de búfalo</p> <p><b>Presentación:</b> Filetes (379 g)</p>	NR	<p><b>Análisis en carne:</b> TBAR</p>	<p><b>Concentración:</b> 0.1% (v/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de búfalo se obtuvo de una planta procesadora local (Mumbai, India). Se eliminó la mayor cantidad de grasa externa del músculo, luego se filetearon y se dividieron en grupos. Las muestras se sumergieron en los recubrimientos, se escurrieron y se envasaron en bolsas de polietileno de baja densidad.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4±1 °C durante 12 días</p> <p><b>Resultados:</b> la inmersión de los filetes de carne de búfalo no tuvo el efecto esperado sobre la disminución del pH en el tiempo de estudio establecido. De igual manera, el índice TBAR no tuvo una reducción significativa. Sin embargo, ambos los valores de ambos parámetros fueron más bajos en relación con sus contramuestras.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> los resultados del análisis sensorial indicaron que la carne de búfalo con los recubrimientos con AECO no mostró ninguna decoloración durante el periodo de almacenamiento (se corroboró con lecturas del color). En cuanto a las puntuaciones del olor fueron aceptables, aunque el primer día se evidenció un olor a clavo característico conforme pasaron los días el olor disminuyó, se asumió que la inclusión de ácido láctico enmascaró el aroma.</p>	<p>Improvement of shelf-life of buffalo meat using lactic acid, clove oil and vitamin C during retail display</p> <p>(Naveena et al., 2006)</p>

*Nota.* Captación de radicales libres DPPH. Capacidad antioxidante catión radical (ABTS+). Capacidad de reducción férrica (FRAP). Ensayo de fotoquimioluminiscencia PCL. Sustancias que reaccionan al ácido tiobarbitúrico TBAR. Contenido de malondialdehído MDA. valor de peróxidos VP. Metamioglobina

MetMb. Ácidos grasos libres AGL. No especificado NE. No realizado NR. Aceite esencial de clavo de olor AECO. Compuestos volátiles nitrogenados TVB-N. Carbonilos totales DPNH.

**3.3.1.1. Películas y recubrimientos comestibles: actividad in vitro del aceite esencial.** Mediante la extracción de la información, proveniente de los artículos científicos encontrados, se puede observar que en lo que respecta a la actividad in vitro, la incorporación de aceite esencial de clavo incremento indudablemente la capacidad antioxidante de las películas y recubrimientos comestibles en comparación con los tratamientos de control. Sin embargo, es difícil comparar directamente entre los estudios recolectados debido a la variación de la composición entre matrices, así como, la concentración de aceite que utilizaron.

Al analizar las investigaciones, se observó que varios autores coinciden en que la composición del aceite esencial de clavo de olor es la responsable de la actividad antioxidante del mismo, ya que dichas moléculas son quienes influyen en la reducción y eliminación de los radicales libres presentes en la matriz.

Autores como Ansarian et al. (2022) y Ghasemi et al. (2022) concuerdan que el contenido fenólico presente en una solución permite indicar su potencial antioxidante, debido a la estrecha relación que existe entre ambas partes. Binsi et al. (2017) establecen que la capacidad de neutralizar los radicales libres esta influenciada por los compuestos fenólicos, ya que los flavonoides proporcionan grupos hidroxilos que reaccionan con los radicales.

El clavo de olor se compone principalmente por compuestos fenólicos como flavonoides y ácidos fenólicos (hidroxibenzoicos, hidroxicinamicos e hidroxifenilpropenos). Por lo que los resultados evidenciaron que al incorporar el aceite esencial incremento el contenido de fenoles totales, por ende, la actividad antioxidante de las películas. Dehghani et al., (2018) sugieren que este aumento se debe a que al menos una fracción del aceite esencial no se encuentra fuertemente unida con la matriz, lo que permite que se mantengan sus propiedades antioxidantes.

Si bien es cierto, la composición de un aceite esencial es de alrededor de 300 compuestos que se encuentran presentes en su estructura. Sin embargo, la mayoría de los

estudios hacen énfasis en cuanto al potencial antioxidante del eugenol. Según la literatura, esta molécula es un agente reductor de iones férricos, así como, posee propiedades donadoras de electrones, incluso algunos autores como Ghasemi et al. (2022) informaron que esta propiedad permite neutralizar los radicales libres y formar compuestos estables. Naveena et al. (2006). Binsi et al. (2017) señalan que una molécula de eugenol es capaz de reducir dos o más radicales DPPH, generando la formación de dímeros de eugenol con dos grupos hidroxilos fenólicos a partir de radicales intermedios de eugenilo. Por esta razón, Navikaite – Snipaitiene et al. (2018) evaluaron la actividad antioxidante de recubrimientos que contenían aceite esencial de clavo de olor y eugenol. La comparación de las biopelículas permitió comprender la tasa de liberación de las sustancias activas en dichos recubrimientos y su influencia en la actividad de eliminación de radicales libres. El estudio concluyó que la actividad antioxidante en los recubrimientos con las moléculas con eugenol era mayor a las biopelículas con aceite esencial de clavo de olor, debido a que ocurrió una liberación más rápida de compuestos activos.

Ugalde et al., 2020, explican cómo se da el mecanismo de liberación de los compuestos activos de un aceite esencial en una matriz polimérica, el cual se basa en dos etapas. La primera fase, también conocida como etapa de explosión, consiste en la liberación rápida del aceite esencial. Este proceso ocurre cuando la red polimérica entra en contacto con un medio acuoso lo que genera una expansión volumétrica del polímero, en donde las moléculas son liberadas y difundidas por todo el sistema.

En la segunda fase, la actividad de estas moléculas empieza a disminuir, ya que en la matriz alimenticia se han desarrollado productos indeseados gracias a la degradación de lípidos y proteínas, así como, alteraciones de pH; lo cual conlleva a una difusión más lenta y decreciente hasta llegar a ser nula.

Shukla et al. (2021) mediante su estudio exponen que la fase de exposición es alrededor de los primeros 10 a 15 días del tiempo de almacenamiento. Asimismo, los autores argumentan que la concentración del aceite es directamente proporcional al mecanismo de liberación de este. Por lo que, el recubrimiento que contenía mayor concentración del aceite

esencial de clavo de olor fue el único tratamiento en el que se logró evaluar los análisis en el tiempo de investigación establecido. Una vez que transcurrieron los primeros 10 días se evidenció una disminución de la actividad antioxidante.

Existen ciertos factores que pueden afectar la migración de la sustancia activa de una película polimérica a un alimento, principalmente por la naturaleza de la matriz o por las propiedades del antioxidante como solubilidad, polaridad, grupos funcionales o hidrofobicidad de las moléculas (López-de-Dicastillo et al., 2012). Por lo que es necesario analizar las interacciones del aceite esencial de clavo de olor con respecto a las diversas mezclas de biopolímeros, con la finalidad de evaluar la influencia de esta sustancia a nivel molecular. Por ejemplo, Stoleru et al., (2021), asumen que el incremento en la actividad antioxidante se debe gracias a las interacciones que ocurren entre el quitosano y los compuestos hidrofílicos del aceite esencial de clavo de olor, especialmente por el eugenol, formando así una matriz compacta. Klinkersorn, (2013), indica que el quitosano posee una alta capacidad emulsionante debido a que en su estructura contiene moléculas hidrófilas (D-glucosamina) como hidrofóbicas (N-acetilados), lo cual permite estabilizar uniformemente el aceite esencial en cuestión.

### **3.3.1.2. Películas y recubrimientos comestibles: oxidación lipídica.**

Cuando los lípidos interactúan con moléculas de oxígeno, se generan reacciones de deterioro conocidas como rancidez oxidativa. Estas transformaciones reducen el valor nutritivo del alimento, al igual que dan origen a olores y sabores desagradables. La oxidación lipídica se midió por medio del índice de peróxidos (valor de peróxidos) y el método del ácido tiobarbitúrico (TBAR). Por otro lado, la oxidación proteica fue evaluada por algunos trabajos en donde determinaron el contenido de carbonilos totales y cambios en la coloración.

**3.3.1.2.1. Índice de peróxidos.** En lo que respecta a los valores de peróxidos, la información extraída indica que evidentemente el uso de recubrimientos disminuyó la oxidación lipídica. Dehghani et al., (2018) mencionan que el límite aceptable de la formación de hidroperóxidos es de 5 meq O<sub>2</sub>/Kg lípido. Autores como Roy et al., (2022) comprobaron que el valor de peróxido en las películas que contenían aceite esencial de clavo de olor al

finalizar el tiempo de investigación era menor en comparación con las muestras de control. Ansarian et al., (2022) asumen que la reducción de estos valores se debe a los componentes fenólicos del aceite, ya que la presencia de estas moléculas puede retardar la formación de peróxidos, por ende, disminuyen la autooxidación lipídica en la carne.

De igual manera, Nisar et al. (2019) explican que la descomposición de los ácidos grasos insaturados da lugar a la formación de peróxidos. Estas moléculas influyen indirectamente en las características sensoriales de la carne (cambios de sabor), así como, en la pérdida de nutrientes.

La observación de esta reducción podría estar asociada a la actividad antioxidante del aceite esencial de clavo de olor. En base a la investigación de Nisar et al. (2019) los compuestos fenólicos actúan como potentes captadores de los radicales libres al donar un átomo de hidrógeno de su grupo OH. Del mismo modo, Batiha et al. (2020) informaron que los radicales fenólicos resultantes son moléculas estables que no establecen ni aumentan la oxidación debido a que presentan estructuras resonantes gracias al anillo fenólico.

**3.3.1.2.2. Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBAR).** Cuando un peróxido se descompone ocurre una oxidación secundaria, en donde se obtienen aldehídos y cetonas. El principal aldehído que se produce de esta reacción es el malondialdehído (Hu et al., 2021). Ansarian et al., (2022) y Venkatachalam & Lekjing (2020) mencionan estas moléculas son las responsables de generar los olores desagradables en la carne. Por lo que el índice TBAR permite cuantificar a los productos secundarios generados por la autooxidación, proporcionando así información sobre el progreso de la oxidación del producto.

Navikaite-Snipaitene et al., (2018) menciona que, para carne fresca, el límite máximo aceptable del contenido de malondialdehído, es de 1.5 mg MDA/Kg. Sin embargo, en su investigación informan que cuando la muestra alcanzó este valor, ya se encontraban rastros de olores desagradables. En cambio, Ugalde et al., (2017) señalan que, para productos cárnicos, el límite máximo de oxidación lipídica es de 1 mg MDA/Kg. Mientras que Xiong et

al. (2020) comentan que algunos consumidores pueden detectar un sabor rancio en la carne de cerdo desde 0.5 mg MDA/Kg en adelante.

Por otro lado, Saricaoglu & Turhan (2019), expresan que el rango de aceptabilidad para productos cárnicos es de 1 – 2 mg MDA/kg, ya que este tipo de producto es más vulnerable a la oxidación, debido a su alto contenido de grasa y su procesamiento. Asimismo, Feinar (2006) expresa que, para productos secados fermentados, como es el caso del sucuk, es necesario cierto grado de enranciamiento para obtener un aroma típico y deseable (ligeramente a podrido).

En el caso de la carne de pescado, Hu., et al (2021) explican que su estructura es más propensa a degradaciones debido a su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, así como, prooxidantes (iones metálicos) o enzimas. Además, Salgado et al. (2013) sugieren que la oxidación de lípidos puede ocurrir durante el manejo post – mortem. Nisar et al., (2019) evaluaron la efectividad de una película que contenía aceite esencial de clavo de olor como antioxidante, en donde se evidenció una disminución de la cantidad de malondialdehído en las muestras tratadas frente a las muestras de control. Los autores suponen que esta reducción se debe a las moléculas bioactivas presentes en el aceite, debido al potencial antioxidante de las mismas, lo que permitió eliminar los radicales libres presentes en sus muestras, dificultando así la oxidación de lípidos. Sin embargo, Jalali et al. (2016) exponen que los compuestos fenólicos no absorben el oxígeno, sino que evitan la formación de radicales libres, neutralizando así a los ácidos grasos. Asimismo, algunos autores como Xiong et al. (2021) sugieren que la limitación de la formación de compuestos secundarios se debe al efecto barrera de las películas y recubrimientos, lo cual impide el contacto directo entre el oxígeno y la carne.

Dehghani et al. (2018) establecen que, para garantizar la calidad del pescado, el nivel máximo aceptable es de 5 a 8 mg MDA/Kg en refrigeración. Sin embargo, Xiong, et al., (2021) argumentan que en la carne de pescado con un contenido de malondialdehído mayor a 2 mg/Kg, ya existe ciertos olores indeseables, pero no afecta a la calidad del producto.

Algunos autores concuerdan que los compuestos mayoritarios del aceite esencial de clavo de olor pueden inhibir las reacciones de oxidación de un alimento. Navikaite-Snipaitiene et al., (2018) estudiaron la liberación de eugenol y su influencia en la rancidez oxidativa. El estudio concluyó que el eugenol es responsable de la inhibición de la oxidación de lípidos.

Por otro lado, Shukla et al., (2020) analizaron la relación entre la concentración del aceite esencial de clavo de olor en los recubrimientos y el tiempo de almacenamiento con respecto a la disminución del contenido de malondialdehído presente en la carne. Los resultados de ese estudio comprobaron que a medida que el tiempo transcurría, los recubrimientos con mayor concentración de aceite esencial evitaron el incremento en la rancidez lipídica de una manera más eficiente, debido a que la conversión de hidroperóxidos en aldehídos y otros productos de oxidación secundaria fue más lenta, por lo que el índice TBAR permanecía dentro del límite máximo de aceptación.

Las películas y recubrimientos comestibles a base de biopolímeros, su eficacia radica en que actúan como una barrera entre la matriz alimentaria y el entorno, de tal forma que se limita el contacto entre el oxígeno y la carne, dificultando así las reacciones en cadena de la oxidación lipídica.

**3.3.1.2.3. Ácidos grasos libres (AGL).** Finalmente, una forma de medir el grado de hidrólisis lipídica en la carne es mediante el contenido de ácidos grasos libres. Mediante los trabajos realizados por Jalali et al., (2016) y Venkatachalam & Lekjing (2020) se evidenció que el contenido de ácidos grasos libres incremento de forma gradual en todas las muestras. No obstante, a pesar de este incremento los valores en las muestras con recubrimientos que contenían aceite esencial de clavo de olor fueron significativamente menores en comparación con las muestras de control. En ambos casos, los autores asumen que se debe a las actividades causadas por enzimas, endógenas o bacterianas, ya que por un lado puede estar relacionado con la descomposición de triglicéridos y fosfolípidos, o a su vez al crecimiento microbiano (*Pseudomonas*) pueden generar lipasas y fosfolipasas que aumentan este contenido.

**3.3.1.3. Películas y recubrimientos comestibles: oxidación proteica.** La oxidación proteica está relacionada con la disminución de grupos sulfhidrilo o grupos tiol, los cuales sufren de reacciones de condensación, obteniendo así compuestos disulfuros (Martín Mateos, 2013).

**3.3.1.3.1. Carbonilos totales (DNPH).** Al igual que los lípidos, las proteínas son susceptibles ante la presencia de especies reactivas de oxígeno (radicales superóxido e hidroxilo, peróxidos e hidroperóxidos). Ansarian et al., (2022) explican que se puede generar una oxidación proteica indirecta debido a la formación de aldehídos y cetonas (productos de oxidación de los peróxidos e hidroperóxidos), ya que estas moléculas se pueden unir a cadenas laterales de aminoácidos, como arginina, lisina y treonina) mediante enlaces covalentes o a residuos de aminoácidos como prolina, generando compuestos carbonilos.

En base a las investigaciones de Xiong et al. (2021) Ansarian et al. (2022) se pudo observar que el uso de recubrimientos con aceite esencial de clavo tuvo un efecto significativo sobre el aumento del contenido de total de carbonilos con respecto a las muestras de control gracias al efecto barrera de las películas y recubrimientos comestibles.

Es necesario comprender que mientras mayor sea el valor de tiol libre significa que existe una reducción de la oxidación lipídica, debido a que los compuestos fenólicos presentes en el aceite esencial de clavo de olor neutralizan la oxidación de los grupos sulfhidrilo de las proteínas, lo que conlleva a un aumento en la concentración de sulfhidrilo en las muestras, es decir, que mientras más alto sea el valor de tiol, el nivel de oxidación de las proteínas es menor (Fernández Silvestre, 2016).

**3.3.1.3.2. Metamioglobina MetMb.** La susceptibilidad a los cambios por decoloración está relacionada con los niveles de proteína hemo, ya que la mioglobina puede actuar como agente prooxidante en la carne (Ansarian et al., 2022). De manera general la aplicación de películas y recubrimientos comestibles retrasa la decoloración de la carne hasta cierto punto.

Por ejemplo, el estudio de Venkatachalam & Somwang (2020) expuso que la estabilidad del color aumento un 54% en la carne de cerdo (hamburguesas). Mientras que en

la carne de pescado Xiong et al. (2021) y Nisar et al. (2019) observaron cambios de coloración amarillos conforme transcurrieron los días. Sin embargo, en comparación con las muestras de control se observó una mejoría. Los autores presumen que esta estabilidad se debe a la capacidad antioxidante del aceite esencial de clavo de olor, ya que retrasa la oxidación lipídica por lo que la oxidación indirecta por parte de las proteínas disminuye.

**3.3.1.4. Compuestos volátiles nitrogenados (TVB-N).** Finalmente, algunos autores evaluaron la influencia de los recubrimientos con aceite esencial de clavo frente al deterioro de los tejidos musculares mediante el índice TVB-N, ya que permite cuantificar la presencia de compuestos del grupo amino y amoníaco. Shukla et al. (2020) atribuye que el aumento de la concentración de nitrógeno básico volátil se debe a la degradación proteica, ya que se producen bases volátiles y otros compuestos nitrogenados.

Por otro lado, Hosseini et al., (2021) menciona que este índice se observa principalmente en pescado y en carne de pollo. La explicación de esta observación se debe a que la carne blanca presenta en su composición un menor contenido de grasa, por lo que las proteínas son los principales compuestos que sufren de un deterioro generando bases volátiles o aminas (Warris, 2003). El incremento de estas sustancias se debe a la proteólisis inducida por la actividad enzimática o por la presencia de bacterias. Por tal motivo, su investigación se basó en comparar la influencia del aceite esencial de clavo de olor y de hierbaluisa frente a la carne de pollo. Los autores comprobaron que el aceite esencial de clavo de olor provocó una disminución significativa a diferencia del aceite esencial de hierbaluisa. Los autores asumen que el resultado se debe a los compuestos mayoritarios que se encuentran en el clavo de olor, especialmente las moléculas de eugenol.

Nisar et al., (2019) evaluaron la influencia de los recubrimientos de pectina enriquecidos con aceite esencial de clavo de olor en filetes de pescado Dorada. El estudio demostró que la adición del aceite esencial mantuvo las muestras por debajo del límite de aceptabilidad durante su periodo de investigación, a diferencia de las muestras de control que sus valores sobrepasaron el día 8.

La Comisión de la Comunidad Europea (CEC) declaró que el límite máximo de aceptación para el nitrógeno básico volátil para comercializar pescado es de 35 mg N/100 g. Por otro lado, Dehghani et al. (2018) indican que para pescados dulces el valor límite es de 25 mg N/100 g; a su vez Giménez, Roncales y Beltrán (2002) mencionan que cuando una muestra alcanza este valor se puede observar el inicio del deterioro.

#### **3.3.1.5. Películas y recubrimientos comestibles: evaluación sensorial.**

Cuando una carne es almacenada, su estructura empieza a sufrir una serie de reacciones de deterioro como son la oxidación de lípidos y proteínas, variaciones de color (oxidación de la mioglobina). Estos cambios pueden ser evaluados mediante una evaluación sensorial, en donde se observa los cambios generados en la calidad de las muestras conforme el tiempo transcurre (Badui, 2003).

Mediante la información extraída, referente a los análisis sensoriales realizados en los diferentes estudios, se pudo observar que si bien todas las muestras que se encontraban envueltas en los recubrimientos con aceite esencial de clavo de olor tuvieron una mejor aceptación con respecto a sus contramuestras. Sin embargo, la mayoría de los productos no lograron culminar la evaluación en el tiempo de investigación establecido, debido a la evidente disminución de los atributos sensoriales, principalmente en olor y textura.

En el caso de los productos que terminaron la evaluación sensorial, los resultados revelaron que no alcanzaron un umbral aceptable, obteniendo valores menores a 6 en escalas hedónicas. Ansarian et al., (2022) argumentan que las puntuaciones sensoriales bajas, se debe a la oxidación de lípidos y proteínas, lo que desencadena en la producción de compuestos de oxidación como aldehídos, cetonas, alcoholes y amoníaco que son los responsables de causar olores putrefactos, formación de limo y decoloración en la carne.

De igual manera, los autores reportaron que la concentración en la que se encuentre el aceite esencial de clavo de olor es un factor clave para la disminución del deterioro del producto tanto para la vida útil como para la aceptación de este. Shukla et al., (2020) evidenció en su trabajo que las muestras en concentraciones menores a 1% tuvieron mayor aceptabilidad, mayores puntuaciones, pero su tiempo de vida útil se redujo.

Sin embargo, Nisar et al. (2019) demostraron efectos aceptables para sus muestras de Dorada (*Megalobrama ambycephala*), ya que el aceite esencial enmascaró el olor a pescado y disminuyó la decoloración en las muestras. A pesar de que su puntuación final fue de 4, se consideró como pasable para este tipo de productos.

Stoleru et al., (2021) publicaron que su análisis no reveló alguna migración organoléptica del aceite esencial, aunque el aceite esencial de clavo de olor se adicionó a la película junto con otros aceites esenciales, por lo cual asumen que combinación disimuló el aroma y sabor del aceite esencial en cuestión.

### 3.3.2. Películas y recubrimientos comestibles: actividad antimicrobiana

Día tras día, existe un desperdicio de alimentos a nivel mundial. Una de las principales causas es debido al deterioro que presentan en su superficie, el cual es generado por agentes microbiológicos. La carne de un animal es alimento altamente perecedero ya que cuenta con una alta actividad de agua y un pH favorable para el desarrollo de microorganismos, por lo que es propensa a sufrir alteraciones microbiológicas desde su sacrificio. Si bien las temperaturas de refrigeración se utilizan en todo momento, ya sea desde su procesamiento hasta la cadena de suministro, este método presenta cierta limitación sobre la vida útil del alimento es necesario complementar con otros métodos que permitan aumentar la vida útil del producto como es el caso de las películas activas y recubrimientos comestibles. De igual manera, los productos cárnicos son susceptibles a una contaminación microbiológica en cualquier etapa de procesamientos y de su distribución. El crecimiento microbiano puede causar daños en la salud del consumidor. La siguiente tabla presenta los resultados de las investigaciones que se han realizado sobre la actividad antimicrobiana.

**Tabla 6**

*Artículos obtenidos referente a películas y recubrimientos comestibles con aceite esencial de clavo de olor que estudian la actividad antimicrobiana*

<b>Matriz</b>	<b>Compuestos Mayoritarios</b>	<b>Bacterias</b>	<b>Información relevante</b>	<b>Bibliografía</b>
<b>Producto:</b> Carne de cerdo	NR	<i>Staphylococcus aureus</i>	<b>Concentración:</b> 1 mg/ml y 2 mg/mL	Antibacterial mechanisms of clove essential oil against

<p><b>Presentación:</b> trozos de 10 g</p>		<p><b>Método:</b> CMI CMB AKP ATP</p>	<p><b>Proceso.</b> La carne de cerdo se esterilizo con irradiación UV, luego fue cortada en pedazos. Cada pedazo fue sumergido en una solución que contenía <i>S. aureus</i> (4 – 5 log UFC/g) durante 30 s. y se dejó secar en un ambiente estéril por 30 s. Las muestras fueron rociadas con AECO, se envolvieron en plástico y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 7 días</p> <p><b>Resultados:</b> la concentración mínima inhibitoria (CMI) frente a esta bacteria fue de 1mg/mL, mientras que la concentración mínima bactericida (CMB) fue de 2 mg/mL. Estas concentraciones disminuyeron el contenido de ATP de las bacterias alrededor de 48.67% y 62.31%, respectivamente. Los resultados de la investigación mostraron que el efecto antibacteriano del AECO depende de la dosis en la que se trabaja. Asimismo, el contacto entre este aceite y <i>S. aureus</i> provoca daños en la estructura del mismo, principalmente en la filtración de proteínas y ácidos nucleicos, al igual que en el contenido de ADN de dicha bacteria. La actividad de la enzima AKP aumento conforme se incrementó la concentración del aceite, es decir que la pared celular del microorganismo sufrió</p>	<p><i>Staphylococcus aureus</i> and its application in pork. (Jun et al., 2022)</p>
--	--	---	---	---

			<p>daño al estar en contacto con el AECO.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> la carne no presento efectos adversos en su calidad, más bien el AECO apporto brillo y buena textura durante el periodo de almacenamiento.</p>	
<p><b>Producto:</b> Carne de Panceta de Cerdo</p> <p><b>Presentación:</b> Trozos (5 g)</p>	NR	<p>Listeria monocytogenes, Escherichia coli.</p> <p><b>Método:</b> microdilución en caldo</p> <p><b>Ensayo:</b> TVCC</p>	<p><b>Concentración:</b> 0.75% (p/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de cerdo se compró en el mercado local (Seúl, Corea). Las películas se cortaron en trozos rectangulares (6 cm x 10 cm). Las muestras se envolvieron en las películas y se envasó al vacío.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 10 °C durante 8 días</p> <p><b>Resultados:</b> la película con AECO mostró una actividad antibacteriana significativa contra bacterias Gram – positivas. Las películas funcionales con AECO provocaron una inhibición total contra Listeria monocytogenes y una reducción de 2.19–2.77 log UFC/mL para Escherichia coli.</p>	<p>Gelatin/agar-based multifunctional film integrated with copper-doped zinc oxide nanoparticles and clove essential oil Pickering emulsion for enhancing the shelf life of pork meat</p> <p>(Roy et al., 2022)</p>
<p><b>Producto:</b> carne de res</p> <p><b>Presentación:</b> trozos de 1 cm<sup>3</sup></p>	<p>Eugenol (85.7%), eugenol acetate (7.9%), β-caryophyllene (4.5%)</p>	<p>Listeria monocytogenes, Salmonella Typhimurium y Escherichia coli.</p>	<p><b>Concentración:</b> 150 uL</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las lonchas de carne de res se obtuvieron del matadero local. Las muestras se cortaron y se colocaron sobre las películas, se sellaron y refrigeraron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 7 °C durante 2 días.</p>	<p>Towards a Bioactive Food Packaging: Poly (Lactic Acid) Surface Functionalized by Chitosan Coating Embedding Clove and Argan Oils</p> <p>(Stoleru et al., 2021)</p>

			<p><b>Resultado:</b> se observó que el recubrimiento con AECO tuvo un efecto inhibitor en el siguiente orden de susceptibilidad: <i>S. Typhimurium</i>, <i>E. coli</i>, y <i>L. monocytogenes</i>.</p>	
<p><b>Producto:</b> pechuga de pollo</p> <p><b>Presentación:</b> Trozos (25 g)</p>	<p>Eugenol (79,4%),  <math>\beta</math>-caryophyllene (13,36%),  eugenol acetate (4,49%)  <math>\alpha</math>-caryophyllene (1,67%).</p>	<p><i>Pseudomonas</i> spp., bacterias ácido lácticas, bacterias psicotróficas y enterobacterias</p> <p><b>Método:</b> TVC</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,2 - 0,5% (p/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> se recolectaron muestras de pollo empacado por toda la ciudad. La carne se cortó en trozos y se sumergieron durante 5 minutos en las soluciones de alginato de sodio con AECO, se extrajeron y se drenaron durante un minuto. Luego se remojaron en cloruro de calcio por 2 minutos y se dejaron secar. Las muestras se envasaron en una atmosfera normal y una atmosfera modificada (65% de CO<sub>2</sub>, 30% de N<sub>2</sub> y 5% de O<sub>2</sub>).</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> con respecto a aerobios mesófilos, los resultados revelaron que hubo una reducción del número de bacterias. De igual manera, los recubrimientos fueron eficaces para disminuir el número de bacterias <i>Pseudomonas</i>, psicotróficas y enterobacterias. En cambio, para bacterias ácido lácticas, ningún recubrimiento tuvo efecto en la inhibición</p>	<p>Effect of sodium alginate coating containing clove (<i>Syzygium aromaticum</i>) and lemon verbena (<i>Aloysia Citriodora</i>) essential oils and different packaging treatments on shelf-life extension of refrigerated chicken breast</p> <p>(Hosseini et al., 2021)</p>

			<p>de estos microorganismos. El estudio mostro que no existió algún efecto significativo sobre la adición del AECO en diversas concentraciones o en las condiciones de empaquetado.</p>	
<p><b>Producto:</b> carne de pollo</p> <p><b>Presentación:</b> hamburguesas (75 g)</p>	NR	<p>Staphylococcus aureus y coliformes</p> <p><b>Método:</b> TPC</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,25 - 0,5 - 0,75 - 1%. Alemania</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de pollo se trituro y se adicionó los condimentos, hielo, nitrato de sodio y tripolifosfato de sodio. Se añadió aceite vegetal y harina refinada hasta formar una emulsión espesa y pegajosa. La mezcla se transfirió a la maquina formadora de hamburguesas. Las hamburguesas se cocinaron por 30 minutos a 180 °C. Luego, se dividieron en cuatro grupos y se sumergieron durante 5 minutos en los recubrimientos comestibles con AECO. Se dejó escurrir el excedente y se almacenaron</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 ± 1 °C durante 35 días</p> <p><b>Resultados:</b> las muestras envueltas con el recubrimiento que contenía la mayor concentración de AECO (1%) tuvieron un recuento de coliformes significativamente menor. El valor se mantuvo por debajo del límite microbiológico para estas bacterias (2 log UFC/g), incluso</p>	<p>Effects of chitosan coating enriched with <i>Syzygium aromaticum</i> essential oil on quality and shelf-life of chicken patties</p> <p>(Shukla et al., 2020)</p>

			<p>después de 35 días de almacenamiento. En cambio, el recuento de <i>S. aureus</i> si excedió el límite permitido (2 log UFC/g) en todos los recubrimientos. Sin embargo, el recubrimiento con mayor concentración cruzó el límite el día 35.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> en cuanto al análisis sensorial, el recubrimiento comestible con AECO al 0,5% tuvo puntajes sensoriales más altos, debido a que en esta concentración el recubrimiento comestible no inhibió los atributos sensoriales de las hamburguesas. Los recubrimientos con concentraciones mayores a esta reducen el sabor y el regusto de las muestras.</p>	
<p><b>Producto:</b> Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> filetes (100 g)</p>	NR	<p><i>Escherichia coli</i>, <i>Listeria monocytogenes</i>, <i>Salmonella</i> Enteritidis, <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>.</p> <p><b>Método:</b> difusión en disco dilución en caldo (CMI)</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,08 y 0.16%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los Tambaquis frescos se filetearon. Los pedazos se separaron cuatro lotes. Las muestras se inocularon en una suspensión bacteriana de los patógenos indicados. Luego se sumergieron en los recubrimientos y se secaron durante 60 s. Los filetes se envasaron en film plástico de polietileno y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 ± 1 °C durante 3 días</p> <p><b>Resultados:</b> en la prueba de difusión en caldo, el AECO mostro un efecto inhibitorio</p>	<p>Efficiency of chitosan synergism with clove essential oil in the coating of intentionally contaminated Tambaquis fillets (Borges Vieira et al., 2020)</p>

			<p>débil frente a <i>P. aeruginosa</i> y una inhibición moderada con respecto a <i>E. coli</i>, <i>S. enteritidis</i> y <i>S. aureus</i>, mientras que mostro un efecto fuerte frente a <i>L. monocytogenes</i>.</p> <p>En la prueba de difusión en disco, los resultados del AECO mostraron un efecto inhibitorio bajo en <i>P. aeruginosa</i>, <i>E. coli</i>, <i>S. aureus</i> y <i>S. enteritidis</i>. En cambio, mostró una actividad moderada frente a <i>L. monocytogenes</i>.</p> <p><b>Análisis in vivo:</b> los tratamientos fueron más efectivos frente a bacterias Gram-positivas (<i>L. monocytogenes</i> y <i>S. aureus</i>). Las películas que contenían AECO al 0.08% redujeron el crecimiento luego de 48 h, mientras que las películas con AECO al 0.16% tuvieron un efecto inhibitorio luego de 24 h, en ambas bacterias.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> los atributos de color, textura y aroma tuvieron puntuaciones de 5 y 6 (me gustó y me gustó mucho). Sin embargo, en cuanto al sabor, las puntuaciones fueron menores a 4 (ni me gusta ni me disgusta).</p>	
<p><b>Producto:</b> Dorada (<i>Megalobrama ambycephala</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> filetes (10 g)</p>	NR	<p>Enterobacterias, bacterias ácido láctico, <i>Pseudomonas spp.</i>,</p> <p>TVC PCA Dilución en serie</p>	<p><b>Concentración:</b> 1 - 1,5% (p/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las doradas frescas se compraron en el mercado local (Xian, China). Los pescados se decapitaron, despellejaron,</p>	<p>Physicochemical responses and microbiological changes of bream (<i>Megalobrama ambycephala</i>) to pectin-based coatings enriched with clove essential oil during refrigeration</p>

			<p>deshuesaron y filetearon, luego se dividieron en grupos. Las muestras se sumergieron en los recubrimientos durante 60 s y se dejaron escurrir durante 2 min. Una vez más, se volvieron a sumergir durante 30 s y se dejaron secar durante 8 horas en una campana extractora. Transcurrido ese tiempo, los filetes se envasaron al vacío.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4°C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> las muestras con recubrimientos con AECO (1% y 1.5%), el recuento total bacteriano (TVC) no sobrepasó el límite de aceptabilidad, incluso después del periodo de investigación, mientras que en los recuentos de pseudomonas tuvieron un crecimiento gradual hasta 5.6 y 4.6 log UFC/g, respectivamente. Por otro lado, los recubrimientos con AECO al 1.5% mostraron un crecimiento más lento en las bacterias psicrófilas en comparación con los demás tratamientos y redujeron 2.3 log UFC/g de las enterobacterias. Por lo que el AECO, fue eficiente para inhibir el crecimiento bacteriano, especialmente en bacterias gramnegativas, mientras que el</p>	(Nisar et al., 2019)
--	--	--	---	----------------------

			<p>crecimiento de bacterias del ácido láctico se mantuvo constante durante la mayor parte del período de almacenamiento.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> los resultados del análisis organoléptico revelaron que la película que contenía AECO no tuvo efectos negativos sobre la aceptabilidad, ya que los filetes con estos recubrimientos mostraron una textura más firme, menos olor a pescado y un color estable a diferencia de las muestras de control. A pesar que la calificación de todos los atributos sensoriales mostró un decrecimiento conforme aumentaba el tiempo de estudio, la puntuación final de los panelistas fue un 4. Sin embargo, en muestras de peces se puede considerar como aceptable.</p>	
<p><b>Producto:</b> Pechuga de pollo</p> <p><b>Presentación:</b> Filetes (10 g)</p>		<p><b>Análisis in vitro:</b> Listeria innocua y Escherichia coli</p> <p><b>Análisis in vivo:</b> Listeria innocua y Escherichia coli</p>	<p><b>Concentración:</b> 13% (p/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las pechugas de pollo se cortaron en filetes y se inocularon con suspensiones de <i>L. innocua</i> y <i>E. coli</i>. Las muestras se envolvieron en las películas activas.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 6 días</p> <p><b>Resultado:</b> Las películas activas con AECO fueron altamente efectivas contra <i>L. innocua</i> y <i>E. coli</i> en pruebas in vitro, pero fueron</p>	<p>Eugenol and carvacrol migration from PHBV films and antibacterial action in different food matrices</p> <p>(Requena et al., 2019)</p>

			<p>menos efectivas en los análisis in vivo.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	
<p><b>Producto:</b> Sucuk de res (Salchicha fermentada tradicional turca)</p> <p><b>Presentación:</b> rodajas (1.60 mm de espesor)</p>	<p>Cymol (26.29%),  <math>\alpha</math>-pinene (20.65%),  eugenol (17.02%) y  3-carene (11.62%)</p>	<p>Bacterias psicotróficas, coliformes y <i>Staphylococcus aureus</i></p> <p><b>Método:</b>  TVC  PCA</p>	<p><b>Concentración:</b> 1,50% (v/v)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los sucus recién hechos se obtuvieron de una planta de procesamiento de carne. Se dividieron en cuatro tratamientos y se cortaron en rodajas y se almacenaron en bolsas de polietileno en refrigeración. La adición de los recubrimientos se realizó mediante una inmersión de 30 s y se escurrió el excedente por 2 minutos, luego se volvió a sumergir 30 s y se dejó las muestras 30 minutos en una campana extractora con flujo de aire a 25 °C, luego se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4°C durante 45 días.</p> <p><b>Resultados:</b> la aplicación de recubrimientos con AECO retrasó el crecimiento de los microorganismos (TVC y PCA) y mejoró la calidad de los sucuks tratados térmicamente en su almacenamiento. El recuento de <i>S. aureus</i> y de bacterias psicotróficas fueron significativamente menor en comparación con los demás tratamientos, incluso a sus 45 días de almacenamiento. Finalmente, no se detectaron coliformes</p>	<p>Performance of mechanically deboned chicken meat protein coatings containing thyme or clove essential oil for storage quality improvement of beef sucuks</p> <p>(Saricaoglu &amp; Turhan, 2019)</p>

			en ninguna de las muestras.	
<p><b>Producto:</b> Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> filetes (100 g)</p>	NR	<p><i>Escherichia coli</i>, <i>Listeria monocytogenes</i>, <i>Salmonella</i> <i>Enteretidis</i>, <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>.</p> <p><b>Método:</b> dilución en caldo (CMI)</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,08 y 0.16%</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los Tambaquis frescos se filetearon. Los pedazos se separaron cinco grupos. Las muestras se sumergieron en los recubrimientos durante 10 s y se secaron durante 60 s. Los filetes se envasaron en film plástico de polietileno y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> -18 ± 1 °C durante 120 días</p> <p><b>Resultados:</b> independientemente de la concentración del AECO no hubo crecimiento microbiano en ningún grupo de películas con AECO durante el periodo de almacenamiento.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> las puntuaciones para las películas con AECO (0.08%) obtuvieron puntuaciones de 5.4, mientras que las películas con AECO (0.16%) alcanzaron puntuaciones de 4,7. Las puntuaciones corresponden a ni me gusta ni me disgusta en ambos casos.</p>	<p>Combination of chitosan coating and clove essential oil reduces lipid oxidation and microbial growth in frozen stored Tambaquis (<i>Colossoma macropomum</i>) fillets</p> <p>(Vieira et al., 2019)</p>
<p><b>Producto:</b> Trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> trozos (10 g)</p>	NR	<p><i>Lactobacillus sakei</i>, <i>Pseudomonas fragi</i>, <i>Shewanella putrefaciens</i>, <i>Aeromonas hydrophila</i> y <i>Vibrio alginolyticus</i> <i>Listeria innocua</i>, <i>Escherichia coli</i>, <i>Staphylococcus warneri</i>, <i>Enterococcus faecalis</i> y</p>	<p><b>Concentración:</b> 20 g/Kg</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las truchas arcoiris se obtuvieron de una granja acuícola local (Segovia, España). Los pescados fueron decapitados y fileteados y se</p>	<p>Effect of edible chitosan/clove oil films and high-pressure processing on the microbiological shelf life of trout fillets</p> <p>(Albertos et al., 2015)</p>

		<p><i>Leuconostoc mesenteroides</i></p> <p><b>Método:</b> difusión en placas</p>	<p>distribuyeron aleatoriamente en 7 lotes, las muestras destinadas a los tratamientos con películas se envolvieron individualmente, Luego, todas las muestras se colocaron en bolsas de poliamida/polietileno coextruido con permeabilidad al oxígeno y transmisión de vapor de agua y se sellaron al vacío.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 22 días</p> <p><b>Resultado:</b> el análisis in vitro de las muestras recubiertas con películas con AECO se observó inhibición del crecimiento microbiano en todas las bacterias, a excepción de <i>A. hydrophila</i>. Sin embargo, se evidenció una lenta actividad antimicrobiana contra <i>E. faecalis</i>, <i>S. warneri</i>, <i>V. alginolyticus</i> y <i>L. sakei</i>, mientras que la bacteria más sensible fue <i>S. putrefaciens</i>, seguida por <i>P. fragi</i>, <i>L. innocua</i>, <i>E. coli</i> y <i>L. mesenteroides</i>. Los resultados in vivo mostraron que la carga microbiana fue menor en todas las bacterias cuando se combinaron con altas presiones, incluyendo <i>A. hydrophila</i>, mientras que la cocción no logró igualar el efecto inhibidor.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	
<p><b>Producto:</b> Carne cruda de res</p>	<p>Eugenol (83,3%), caryophyllene (10,6%)</p>	<p><i>Pseudomonas spp.</i></p>	<p><b>Concentración:</b> 3% (v/v)</p>	<p>Potential application of corn starch edible films with spice</p>

<p><b>Presentación:</b> Filetes (25 g)</p>	<p>1, 4, 7, - cyclododecatriene, 1,5, 9, 9,-tetramethyl- (2,1%)</p>	<p>enterobacterias y bacterias ácido lácticas.</p> <p><b>Método:</b> TVC</p>	<p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne de res se obtuvo de una planta procesadora de carne, las muestras se filetearon y se dividieron en grupos. La carne se envolvió de acuerdo con el tratamiento establecido y se almacenaron en bolsas de polietileno de baja densidad.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> el presente estudio evidencio que el uso de las películas con AECO dio como resultado una reducción de 0.65 log UFC/g de bacterias ácido lácticas en las muestras. En cambio, para <i>Pseudomonas</i> spp, la disminución fue de 0.57 log UFC/g. Finalmente, para enterobacterias, la reducción fue 0.40 log UFC/g. Por tanto, las películas con AECO redujeron la tasa de crecimiento microbiano en la carne de res cruda.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> las películas que contenían AECO tuvieron un sabor y olor distintivo pero agradable el primer día. Sin embargo, las puntuaciones en la escala hedónica descendieron hasta alcanzar los límites del rechazo (6 puntos) a los 12 días del análisis.</p>	<p>essential oils for the shelf-life extension of red meat</p> <p>(Radha Krishnan et al., 2015)</p>
<p><b>Producto:</b> Pechuga de Pollo</p> <p><b>Presentación:</b> Pechugas en frio</p>	<p>NR</p>	<p>bacterias mesófilas aeróbicas totales, Enterobacteriaceae, bacterias del ácido</p>	<p><b>Concentración:</b> 5-10-20-30 g/Kg</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> las soluciones</p>	<p>Whey protein isolate edible films with essential oils incorporated to</p>

		<p>láctico (LAB), y <i>Pseudomonas</i> spp</p> <p><b>Método:</b> TAMB</p>	<p>formadoras de película (FFS) se elaboraron a partir de soluciones acuosas de 100 g/Kg de WPI y 50 g/Kg de glicerol. Para desnaturalizar la proteína, se calentaron en un baño de agua con agitación a 90 °C durante 30 min. Posteriormente, se añadieron a las formulaciones AECO, con 718,0 g/Kg, eugenol y 198,0 g/Kg acetato de eugenilo), a 5, 10, 20 o 30 g/Kg</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4°C durante 8 días</p> <p><b>Resultados:</b> Las películas comestibles antimicrobianas desarrolladas mostraron una alta efectividad contra los principales spoilers desarrollados en la superficie de pechugas de pollo sin piel almacenadas en frío durante 8 días. Los resultados de esta investigación tienen aplicación directa en la industria alimentaria para potenciar el control del desarrollo de spoilers como <i>Pseudomonas</i> spp. o bacterias del ácido láctico.</p>	<p>improve the microbial quality of poultry</p> <p>(Fernández-Pan et al., 2013)</p>
<p><b>Producto:</b> Sardina (<i>Sardina pilchardus</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> Hamburguesas de pescado (50 g)</p>	NR	<p><i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Salmonella cholerasuis</i>, <i>Listeria innocua</i>, <i>Citrobacter freundii</i>, <i>Escherichia coli</i>, <i>Shigella sonnei</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, <i>Yersinia enterocolitica</i>, <i>Brochothrix thermosphacta</i> <i>Staphylococcus aureus</i>,</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,75 mL/g</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los filetes de sardinas se obtuvieron de una tienda local (Madrid, España). La carne se trituro y se mezcló con sal. La mezcla se dividió en porciones y se prensaron hasta formar discos. Las hamburguesas se colocaron en placas</p>	<p>Sunflower protein films incorporated with clove essential oil have potential application for the preservation of fish patties</p> <p>(Salgado et al., 2013)</p>

		<p><i>Bacillus cereus</i>, <i>Listeria monocytogenes</i>, <i>Clostridium perfringens</i>, <i>Aeromonas hydrophila</i>, <i>Photobacterium phosphoreum</i>, <i>Shewanella putrefaciens</i>, <i>Pseudomonas fluorescens</i>, <i>Vibrio parahaemolyticus</i>, <i>Bacillus coagulans</i>, <i>Bifidobacterium animalis spp lactis</i>, <i>Bifidobacterium bifidum</i>, <i>Enterococcus faecium</i>, <i>Lactobacillus helveticus</i>, <b>Método:</b> difusión en disco</p>	<p>de acrílico que contenían las películas y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 2 ±1 °C 13 días</p> <p><b>Resultados:</b> de todas las bacterias estudiadas, las películas con AECO presentaron mayor inhibición frente a <i>P. phosphoreum</i> y <i>B. thermosphacta</i>, bacterias Gram-negativas y Gram-positivas, respectivamente. Las especies de <i>Pseudomonas</i> fueron las bacterias más predominantes durante el periodo de almacenamiento.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	
<p><b>Producto:</b> bacalao (Gadus morhua)</p> <p><b>Presentación:</b> filetes (100 g)</p>	NR	<p><i>Salmonella Cholerasuis</i>, <i>Listeria monocytogenes</i>, <i>Shigella sonnei</i>, <i>Citrobacter freundii</i>, <i>Yersenia enterocolitica</i>, <i>Brochothrix thermosphacta</i>, <i>Bacillus cereus</i>, <i>Clostridium perfringens</i> <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Pseudomonas fluorescens</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, <i>Shewanella putrefaciens</i>, <i>Photobacterium phosphoreum</i>, <i>Listeria innocua</i>, <i>Escherichia coli</i> y <i>Lactobacillus acidophilus</i>.</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,75 mL/g</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los filetes de bacalao se compraron en el mercado local (Barcelona, España). El pescado se cortó en trozos y se cubrieron con la película con AECO y se envasaron al vacío.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 2 ± 1 °C durante 11 días</p> <p><b>Resultado:</b> en el análisis in vitro, el AECO presentó el mayor efecto inhibitorio, seguido de los aceites esenciales de romero y lavanda. Las bacterias más sensibles fueron <i>C. perfringens</i> <i>B. cereus</i> y <i>S. aureus</i>, mientras que las bacterias más resistentes fueron <i>Pseudomonas spp.</i>, <i>C.</i></p>	<p>Biodegradable gelatin–chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation</p> <p>(Gómez-Estaca et al., 2010)</p>

			<i>freundii</i> , Y. <i>enterocolitica</i> y <i>Listeria spp.</i> Las películas que contienen clavo inhibieron todos estos microorganismos independientemente de la matriz de la película o tipo de microorganismo. Cuando se incorporaban a los peces en refrigeración (almacenamiento) el crecimiento (gramnegativas: enterobacterias) se redujo, pero las bacterias ácido-lácticas fueron constantes <b>Evaluación sensorial: NR</b>	
--	--	--	---	--

*Nota.* No realizado NR. Concentración mínima inhibitoria CMI. Concentración mínima bactericida CMB.

Recuento total de bacterias TVC. Recuento de aerobios en placas PCA. Recuento de psicrófilos PC.

Bacterias aerobias mesófilas TAMB. No realizado NR.

Mediante la extracción de la información, se pudo observar que los resultados de las investigaciones evidenciaron que independientemente de la matriz alimentaria como de los compuestos biodegradables de las películas y recubrimientos, la incorporación del aceite esencial de clavo mejoro aún más la inhibición frente a las muestras recubiertas, pero que no tenían este compuesto bioactivo y las muestras de control.

En el caso de la carne de res, el trabajo de Stoleru et al (2021) mostró que el recubrimiento con ácido poliláctico y quitosano presento un mayor efecto inhibitor en *S. Typhimurium* *E. coli.* y *L. Monocytogenes*. Por otro lado, Saricaoglu & Turhan (2019) realizaron su investigación en un producto cárnico fermentado, en donde evaluaron el recuento de *S. aureus* durante 45 días. El resultado evidenció un crecimiento mínimo hasta los 30 días, sin embargo, no existió presencia de coliformes en la salchicha fermentada. Asimismo, Radha et al. (2015) revelo una inhibición de 0.65 log UFC/g 0.57 log UFC/g para bacterias ácido lácticas y *Pseudomonas spp.*

En cuanto a la carne de cerdo, el trabajo de Jun et al. (2022) obtuvieron resultados favorables sobre la inhibición de *S. aureus*, gracias al mecanismo de acción del eugenol frente a esta bacteria. Según la investigación de Xu et al. (2016), los compuestos mayoritarios del aceite esencial de clavo afectan las paredes celulares de la bacteria, lo que conlleva a una pérdida de sustancias intracelulares, causando la muerte del microorganismo. A su vez, Roy et al. (2022) mostró una inhibición total frente a *L. monocytogenes* y ligeramente menor en *E. coli*. Curiosamente contradice los hallazgos de Stoleru et al. (2021) en donde la actividad antimicrobiana fue mayor en *E. coli* que en *L. monocytogenes*.

Con respecto a la carne de pollo, el trabajo de Shukla et al. (2020) demostraron que la inhibición del recubrimiento de quitosano con aceite esencial de clavo fue mayor en bacterias gram negativas (coliformes), manteniendo su recuento debajo del límite (2 log UFC/g); mientras que en las bacterias gram positivas (*Staphylococcus aureus*) cruzo el límite, sin embargo, la película con mayor concentración sobrepaso el día 35. Otro artículo enfocado en la carne de pollo fue el de Hosseini et al (2021), en donde se evidencio una reducción en bacterias psicotrópicas, enterobacterias y *Pseudomonas*, aunque la película no pudo reducir a las bacterias ácido lácticas. Sin embargo, los resultados presentados por Requena et al. (2019) revelaron efectos prometedores contra *L. innocua* y *E. coli* en el análisis in vitro, pero en el análisis in vivo fue menor. Los autores asumen que esta disminución se debe al contacto con la composición química de la matriz alimentaria empleada. A su vez, Fernández-Pan demostraron que los grupos mesófilos tuvieron menor crecimiento que las bacterias psicrófilas.

Finalmente, en lo que respecta al pescado, Nisar et al. (2019) comprobaron que el recubrimiento comestible de pectina con aceite esencial de clavo de olor con mayor concentración fue más potente para reducir el crecimiento de bacterias psicrófilas, reduciendo 2.3 log UFC/g. Algunos artículos como los de Viera et al (2019) especifican que la actividad antimicrobiana del aceite esencial de clavo se debe a sus compuestos mayoritarios, principalmente al eugenol. Asimismo, en su investigación revelo que el aceite tuvo un fuerte efecto frente a *L. monocytogenes* y un efecto moderado contra *E. coli*, *S. aureus* y *S.*

*enteritidis*. No obstante, no fue eficiente para inhibir *P. aeruginosa*. En cambio, Salgado et al. (2013) presentó mayor inhibición frente a *P. phosphoreum* (gram negativas) y *B. thermosphacta* (gram positivas).

A diferencia de la incorporación directa del aceite a la matriz, las películas y recubrimientos permitieron inhibir el crecimiento de bacterias Gram positivas y Gram negativas. Por tanto, se muestra un incremento sobre la eficiencia del aceite en cuando a la actividad antimicrobiana.

### 3.3.3. Películas y recubrimientos: actividad antifúngica

Los mohos y levaduras también pueden afectar negativamente la calidad y el aspecto visual de los productos cárnicos. Pueden causar cambios en la textura, la apariencia y el color de la carne, lo que resulta en una disminución de la calidad percibida por los consumidores. Además, la presencia de mohos y levaduras puede contribuir a la degradación del producto con el tiempo, lo que reduce su vida útil y afecta la experiencia del consumidor. La actividad antifúngica fue analizada en muestras de hamburguesa de pescado (sardina), la información se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Artículos obtenidos referente a películas y recubrimientos comestibles con aceite esencial de clavo que estudian la actividad antifúngica*

Matriz	Compuestos Mayoritarios	Actividad	Información relevante	Bibliografía
<p><b>Producto:</b> Sardina (<i>Sardina pilchardus</i>)</p> <p><b>Presentación:</b> Hamburguesas de pescado (50 g)</p>	NR	<p><i>Debaryomyces hansenii</i>, <i>Aspergillus niger</i>, <i>Penicillium expansum</i>.</p> <p><b>Método:</b> difusión en disco</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,75 mL/g</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> los filetes de sardinas se obtuvieron de una tienda local (Madrid, España). La carne se trituro y se mezcló con sal. La mezcla se dividió en porciones y se prensaron hasta formar discos. Las hamburguesas se colocaron en placas de acrílico que contenían las películas y se almacenaron.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 2 ±1 °C 13 días</p>	<p>Sunflower protein films incorporated with clove essential oil have potential application for the preservation of fish patties</p> <p>(Salgado et al., 2013)</p>

			<b>Resultados:</b> el mayor porcentaje de inhibición fue en la levadura <i>D. hansenii</i> y los mohos <i>A. niger</i> y <i>P. expansum</i> . <b>Evaluación sensorial:</b> NR	
--	--	--	--	--

*Nota.* Abreviaturas: No realizado NR. Aceite esencial de clavo de olor AECO.

Los autores evidenciaron que hubo un efecto antifúngico por parte del eugenol presente en el aceite de clavo de olor. Sin embargo, a diferencia de las levaduras, los mohos como es el caso de *P. expansum* son más difícil de inactivar. Debido a que son organismos muy resistentes pese a los cambios en su entorno, por lo que el proceso de latencia para este tipo de organismos es débil (Rana et al., 2011).

### 3.4. Encapsulación del aceite esencial

Las aplicaciones del aceite esencial de clavo de olor están limitadas gracias a su baja solubilidad (hidrofobicidad), alta volatilidad e inestabilidad frente a parámetros como luz, temperatura y aire (oxígeno) (Wang et al., 2023). Además, que presenta limitaciones por cuanto al sabor y olor, incluso cuando se añade directamente a películas y recubrimientos comestibles como se mencionan en el apartado anterior. Ante este desafío, algunos autores, incluyendo a Wang et al. (2023), Gasti et al. (2022), Radünz et al. (2019), Wang et al., (2018) y Rajaei et al. (2017) han explorado alternativas como es el caso de la encapsulación de compuestos bioactivos. Esta propuesta busca proporcionar una mayor estabilidad a las partículas al igual que una liberación controlada, permitiendo así trabajar con soluciones o incorporarlas directamente en la carne. Sin embargo, el principal reto es encontrar el material de recubrimiento ideal para incrementar la actividad biológica del aceite esencial.

#### 3.4.1. Encapsulación: Actividad antioxidante

Una de las principales aplicaciones de estudios de la encapsulación del aceite esencial de clavo de olor es medir y comprobar la eficiencia de las capsulas en lo que respecta a la reducción de la oxidación. Por lo que, la información extraída sobre la actividad antioxidante se muestra en la tabla 8

**Tabla 8**

*Artículos obtenidos referente a encapsulación del aceite esencial de clavo que estudian la actividad antioxidante.*

## ENCAPSULACIÓN (PELICULAS Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES)

Matriz	Compuestos Mayoritarios	Actividad	Información relevante	Bibliografía
<p><b>Producto:</b> tocino chino</p> <p><b>Presentación:</b> laminas (150 g)</p>	<p>Eugenol, eugenyl acetate, y <math>\beta</math>-caryophyllene</p> <p>Se detecto mediante picos de absorción</p>	<p><b>Análisis in vitro:</b> DPPH PCL</p> <p><b>Análisis en carne:</b> TBAR VP PCL DPPH</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,05-0,1-0,2-0.5-1-2% (microcápsulas)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> La carne de cerdo fresca se compró en un supermercado local (Tokio, Japón) y se cortó. Las piezas de cerdo se separaron en cuatro grupos y cada uno de ellos se dividieron en 3 grupos. A cada una de las muestras se frotaron el AECO en las concentraciones establecidas y se envolvieron con películas de polietileno y se almacenaron. Las microcápsulas se obtuvieron de la solución liofilizada y pulverizada.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 3 días y a 40 °C durante 15 días.</p> <p><b>Resultados:</b> todos los antioxidantes mostraron un comportamiento similar. A medida que la concentración de AECO aumentaba, la actividad de eliminación de radicales libres también. La actividad eliminadora para radicales superóxidos (PCL) aumento 20.74%, mientras que para radicales hidroxilos (DPPH) fue de 12.84%</p> <p><b>Calidad de la carne:</b> tanto el contenido de malondialdehído como los valores de peróxido de cada grupo con AECO fue inferior al límite permitido según la normativa nacional de la República Popular de China para la inocuidad de alimentos: grasa animal comestible, 2.5 mg/kg y 0.5 g/100g, respectivamente. Se evidenció que la concentración de AECO al 2% inhibió mayormente la oxidación lipídica, por lo que se comprobó que cuanto mayor es la concentración del AECO es mayor el grado de inhibición lipídica (MDA). A pesar de que no hubo disminución de PV en el presente estudio, debido a que la temperatura a la que fueron sometidas las muestras en almacenamiento acelera la tasa de oxidación lipídica. Las muestras que se almacenaron a 40 °C presentaron una estabilidad térmica del 50.23%, por lo que la microencapsulación del mismo ayudo contra la degradación termina.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Enhanced preservation effects of clove (<i>Syzygium aromaticum</i>) essential oil on the processing of Chinese bacon (preserved meat products) by beta cyclodextrin metal organic frameworks (<math>\beta</math>-CD-MOFs)</p> <p>(Wang et al., 2023)</p>
<p><b>Producto:</b> Carne de pollo</p> <p><b>Presentación:</b> Filete (50 g)</p>	<p>NR</p>	<p><b>Análisis in vitro:</b> DPPH</p>	<p><b>Concentración:</b> 2 mL Nanoparticulas, 1-3-5% (p/p) en películas</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> la carne se envolvió en las películas con nanoparticulas de AECO y se almaceno.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 8 <math>\pm</math>1 °C durante 6 días</p> <p><b>Resultados:</b> la película que contenía mayor cantidad de nanoparticulas de AECO presento una mayor actividad antioxidante, mejorando un 35%, 40% y 45% con respecto a las contra muestras durante el periodo de investigación.</p>	<p>Chitosan/pullulan-based films incorporated with clove essential oil loaded chitosan-ZnO hybrid nanoparticles for active food packaging</p> <p>(Gasti et al., 2022)</p>

			<p><b>Evaluación del producto:</b> el ensayo de barrido revelo que las películas con mayor contenido de partículas de AECO tuvo mayor capacidad antioxidante.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	
<p><b>Producto:</b> Chuletas de Res</p> <p><b>Presentación:</b> trozos (10g)</p>	<p>Eugenol (63,4%), caryophyllene (16%) eugenyl acetate (13,1%)</p>	<p><b>Análisis in vitro:</b> DPPH</p>	<p><b>Concentración:</b> 1.7 – 3.3 – 6.7 – 13 ug/mL (partículas de AECO y AECO libre)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> recubrimiento a través de la encapsulación de aceites esenciales de clavo por nanogel de quitosano y ácido mirístico. (AECO encapsulado).</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 12 días</p> <p><b>Resultados:</b> los resultados del ensayo DPPH revelaron que luego de 1 h, el recubrimiento que contenía AECO encapsulado en su mayor concentración (13 ug/mL) aumento un 40%, mientras que las películas con AECO libre alcanzaron un valor de 8.3%. No obstante, al finalizar las 3 h, el AECO libre y las partículas encapsuladas (ambas en su concentración máxima) alcanzaron valores de 65% y 100%, respectivamente. Cabe recalcar que luego de 3 h, todos los grupos con partículas encapsuladas, alcanzaron el 100%.</p> <p><b>Evaluación del producto:</b> los recubrimientos en cuestión fueron eficaces para preservar el color natural de la carne, ya que no hubo un cambio significativo en el atributo durante el periodo de investigación.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>A coating based on clove essential oils encapsulated by chitosan-myristic acid nanogel efficiently enhanced the shelf-life of beef cutlets</p> <p>(Rajaei et al., 2017)</p>

#### ENCAPSULACIÓN (ADICIÓN DIRECTA)

Matriz	Compuestos Mayoritarios	Actividad	Información relevante	Bibliografía
<p><b>Producto:</b> carne molida</p> <p><b>Presentación:</b> Hamburguesa</p>	<p>Eugenol (56,06%), caryophyllene (39,63%) <math>\alpha</math>-caryophyllene (4,31%)</p>	<p><b>In vitro:</b> TPC DPPH</p>	<p><b>Concentración:</b> 0,304 - 0,0239 - 0,0071 mg/mL (partículas de AECO y AECO libre)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> se elaboró una hamburguesa base y se adicionaron por separado el AECO, las partículas encapsuladas AECO, el nitrato de sodio y 1 mL de una solución inoculada con <i>S. aureus</i>. La carne se moldeo y se almaceno.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 15 días</p> <p><b>Resultados:</b> el contenido de fenoles totales fue bajo (9.07 mg GAE/g) en comparación con valores reportados, los autores presumen que influyó el método de extracción. De igual manera la actividad de eliminación de radicales del aceite (encapsulado y no encapsulado) fue menor en comparación con resultados reportados para AECO encapsulado.</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (<i>Syzygium aromaticum</i>, L.) essential oil</p> <p>(Radünz et al., 2019)</p>

*Nota.* Abreviaciones: Contenido de fenoles totales TPC. Captación de radicales libres DPPH. Aceite esencial de clavo de olor AECO. No realizado NR

Como se menciona anteriormente, el radical hidroxilo es la principal especie reactiva de oxígeno (ROS), ya que se obtienen de la reducción parcial del oxígeno molecular, como resultado de la descomposición de estas moléculas se genera una peroxidación lipídica y daños en su estructura (Dąbrowski, 2017). Esos radicales son altamente activos en los sistemas biológicos, por lo tanto, es necesario inhibir su actividad (Wang et al., 2023). Por tal motivo, el método DPPH es utilizado para examinar los compuestos reductores (Radünz et al., 2019).

Gasti et al. (2022) examinaron la capacidad de eliminar radicales libres de las películas con nanopartículas de aceite esencial de clavo de olor. El estudio sugiere que la actividad antioxidante depende de la dosis en la que se adiciono los nanocompuestos a la película. Los autores explican que los radicales libres DPPH interactúan con los grupos amino del quitosano, lo cual generan radicales estables, aumentando la eliminación de dichos compuestos un 75%, 80% y 85% de las películas bioactivas con el aceite esencial encapsulado al 1%, 3 y 5%, respectivamente.

A su vez Radünz et al. (2019) buscaron analizar el potencial antioxidante del aceite esencial de clavo de olor frente a las nanopartículas de este. Para ello, analizaron la actividad antioxidante de las partículas en diferentes emulsionantes, los resultados evidenciaron que el alginato de sodio tiene una buena compatibilidad con el aceite esencial, por lo que las moléculas con este mostraron una mayor actividad antioxidante.

Otro estudio que realizó la comparativa entre la actividad antioxidante del aceite esencial de clavo libre y encapsulado fue el de Rajaei et al (2017), en donde se utilizó nanogel como material de recubrimiento. Los resultados revelaron que la encapsulación causo un incremento significativo en la actividad antioxidante del aceite, dado que al cabo de tres horas alcanzaron valores de 100% en la actividad de eliminación de los radicales libres. Los autores asumen que existió un efecto sinérgico entre los compuestos, lo que influyo positivamente en las interacciones de las moléculas encapsuladas.

Es necesario comprender que el material de recubrimiento influye en la calidad y estabilidad de las partículas encapsuladas debido a que la compatibilidad del encapsulante

permite proteger de las reacciones de oxidación, la solubilidad o de la liberación no deseada (Castillo Sanabira, 2017).

Por otro lado, en el trabajo de Wang et al. (2023) la capacidad de eliminación del anión superóxido también mostro una tendencia similar a la actividad de eliminación de radicales hidroxilos, es decir, que a medida que aumentaba la concentración de las sustancias activas también incrementaba la actividad eliminadora de radicales. Mediante los resultados se pudo observar una mejora significativa de las películas que contaba con nanopartículas de aceite esencial de clavo, incluso hasta de dos veces más que los antioxidantes sintéticos. La aplicación de dos métodos de prueba se fundamenta en que un solo ensayo no permite describir totalmente el potencial de eliminación de radicales libres de un antioxidante, ya que cada uno se basa en diferentes técnicas para medir la sensibilidad y reacción hacia las moléculas reductoras.

**3.4.1.1. Encapsulación: evaluación de la carne.** Se analizó la influencia de la encapsulación del aceite esencial de clavo de olor frente a la oxidación lipídica. Sin embargo, en los trabajos no evaluaron la evaluación sensorial.

**3.4.1.1.1. Sustancias que reaccionan al ácido tiobarbitúrico (TBAR).** Con respecto al contenido de malondialdehído, la investigación de Wang et al. (2023) evidencio un crecimiento gradual conforme transcurría el tiempo de estudio, dado que existió una oxidación secundaria de los lípidos ya sea por el cambio de temperatura o la presencia de oxígeno del entorno experimental.

De manera general, el contenido de malondialdehído fue menor en las muestras que contenían las microcápsulas del aceite esencial de clavo frente a las muestras de control, además que ninguna de ellas sobrepaso el límite máximo de malondialdehído permitido en la República Popular China, 2.5 mg MDA/Kg; sin embargo, la concentración de 2% fue significativamente menor que las otras concentraciones. Por tal motivo, los autores confirman que cuanto mayor era la concentración de los encapsulados, la oxidación lipídica era menor.

**3.4.1.1.2. Valor de peróxidos.** A su vez Wang et al. (2023) evaluaron el grado de oxidación de los lípidos primarios, en donde se observó un comportamiento similar en todas

las muestras con respecto al incremento gradual de la tasa de oxidación. Los autores sugieren que este aumento se debe a las altas temperaturas en el proceso de fermentación, por lo cual asumen se aceleró la producción de peróxidos. Hu et al. (2015) explican que si la velocidad de síntesis es menor que la tasa de descomposición de los peróxidos ocurrirá una disminución del índice de peróxidos; sin embargo, es más rápida en los procesos de producción. No obstante, las muestras con tratamientos presentaron valores significativamente bajos a diferencia de las muestras de control.

### 3.4.2. Encapsulación: Actividad antimicrobiana

El aceite esencial de clavo de olor presenta una fuerte actividad antimicrobiana debido a los compuestos mayoritarios. Sin embargo, su uso es limitado debido a la volatilidad e inestabilidad en condiciones ambientales, asimismo, para poder inhibir totalmente el crecimiento de microorganismos es necesario aumentar su concentración, lo cual genera alteraciones en la percepción organoléptica del alimento. Por tal motivo, la microencapsulación del aceite es una novedosa alternativa.

**Tabla 9**

*Artículos obtenidos referente a la encapsulación del aceite esencial de clavo que estudian la actividad antimicrobiana*

ENCAPSULACIÓN (ADICIÓN DIRECTA)				
Matriz	Compuestos Mayoritarios	Actividad	Información relevante	Bibliografía
<b>Producto:</b> carne molida  <b>Presentación:</b> Hamburguesa	Eugenol (56,06%), caryophyllene (39,63%) $\alpha$ - caryophyllene (4,31%)	<b>Bacterias in vitro:</b> <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> y <i>Salmonella Typhimurium</i>  <b>Bacterias in vivo:</b> <i>Staphylococcus aureus</i> ,  <b>Método:</b> difusión en disco CMI CBM	<b>Concentración:</b> 3.04-0,304 mg/mL (partículas de AECO)  <b>Incorporación del AECO:</b> se elaboró una hamburguesa base, se adicionaron por separado el AECO, las partículas encapsuladas de AECO, el nitrito de sodio y 1 mL de una solución inoculada con <i>S. aureus</i> . La carne se moldeo y se almaceno.  <b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 15 días  <b>Resultados:</b> las zonas de inhibición para, <i>S. aureus</i> , <i>L. monocytogenes</i> <i>S. typhimurium</i> y <i>E. coli</i> fueron 2.83 cm, 2.47 cm, 2.22 cm y 2.81 cm, respectivamente. Por otro lado, el estudio reveló que la concentración de 3.04 y 0.304 mg/mL inhibió el crecimiento de <i>S. aureus</i> en comparación con el nitrito comercial. <b>Evaluación sensorial:</b> NR	Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove ( <i>Syzygium aromaticum</i> , L.) essential oil  (Radünz et al., 2019)

ENCAPSULACIÓN (PELÍCULAS Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES)				
Matriz	Compuestos Mayoritarios	Actividad	Información relevante	Bibliografía
<b>Producto:</b> Chuletas de Res  <b>Presentación:</b> cortadas (10g)	Eugenol (63,4%), caryophyllene (16%) eugenyl acetate (13,1%)	<b>Bacterias in vivo:</b> Salmonella enteric Ser. Enteritidis <b>Bacterias in vitro:</b> Salmonella enteric Ser. Enteritidis  <b>Análisis in vitro:</b> CMI CBM	<b>Concentración:</b> 5 y 10 ug/mL  <b>Incorporación del AECO:</b> recubrimiento a través de la encapsulación de aceites esenciales de clavo por nanogel de quitosano y ácido mirístico. (AECO encapsulado).  <b>Almacenamiento:</b> 4 °C durante 12 días  <b>Resultados:</b> el recubrimiento con AECO encapsulado fue más efectivo en comparación con su contraparte libre para reducir la población de <i>S. enteric</i> Ser. Enteritidis tanto en ensayos in vitro como in vivo.  <b>Evaluación sensorial:</b> NR	A coating based on clove essential oils encapsulated by chitosan-myristic acid nanogel efficiently enhanced the shelf-life of beef cutlets  (Rajaei et al., 2017)

*Nota.* Abreviaciones: Concentración mínima inhibitoria CMI. Concentración mínima bactericida CMB.

Aceite esencial de clavo de olor AECO. No realizado NR

### 3.4.2.1. Análisis in vitro del aceite esencial.

**3.4.2.1.1. Difusión en disco.** De acuerdo con al tamaño y la presencia de la zona de inhibición se puede saber la susceptibilidad de las bacterias. Para ello, Arora & Kaur (1999) establecen que si el diámetro de la zona es mayor a 1.2 cm se logra una inhibición satisfactoria. Conforme a los resultados del trabajo de Radünz et al. (2019) obtuvo resultados prometedores en cuanto a la inhibición de patógenos que se pueden transmitir por alimentos. Los autores mencionan que el aceite esencial de clavo de olor mostro un efecto inhibitorio en todas las bacterias evaluadas, los autores asumen que este efecto antimicrobiano se debe a las características lipofílicas del aceite esencial, ya que provoca una alteración en la permeabilidad de los lípidos de la membrana celular de la bacteria.

**3.4.2.1.2. Concentración mínima inhibitoria y concentración mínima bactericida.** A su vez las microcápsulas de aceite esencial evidenciaron un efecto mínimo inhibitorio en todas las bacterias, la concentración de 0.304 mg/mL inhibió completamente el crecimiento de los patógenos, independientemente de las características de sus membranas. Los autores asumen que la acción del eugenol provoco una ruptura de la membrana citoplasmática en las bacterias, lo cual condujo a la muerte celular, ya que aumento la permeabilidad, ocasionando la extravasación de iones (fuga de electrolitos) y la perdida de

proteínas intracelulares. De igual manera, la concentración bactericida mínima fue igual que la concentración mínima inhibitoria. Desde el punto de vista del mecanismo de acción, los compuestos fenólicos, principalmente eugenol, actúan transportando protones a través de las bicapas lipídicas, lo que causa una pérdida de fuerza motriz en el protón (Rajaei et al., 2017).

Por otro lado, el trabajo de Rajaei et al. (2017) investigó el efecto antimicrobiano para *Salmonella enterica* Ser. Enteritidis, en donde evidencio que existió un incremento en el efecto inhibitor del aceite esencial libre y las microcápsulas, ya que los valores de la concentración mínima inhibitoria y la concentración mínima bactericida de las partículas libres fueron 100 mg/mL y 200 mg/mL, respectivamente. Mientras que las moléculas encapsuladas presentaron valores más bajos, 5 mg/mL y 10 mg/mL. Este hallazgo indicó que hubo mayor interacción entre la superficie de las microcápsulas y la pared celular de las membranas, lo cual causó la muerte bacteriana.

**3.4.2.2. Análisis en carne.** Radünz et al. (2019) realizaron una comparación entre el nitrito comercial (conservante) y las moléculas encapsuladas del aceite esencial de clavo de olor, para determinar el efecto inhibitor de ambos aditivos, en donde se comprobó que, independientemente de la concentración, el aceite esencial fue más efectivo para inhibir el crecimiento microbiano de *Staphylococcus aureus* que el nitrito comercial. Sin embargo, los autores descartan la idea de sustituir completamente el nitrito, ya que a pesar de que este aditivo genera compuestos potencialmente cancerígenos, nitrosaminas, también favorece a la formación de atributos sensoriales característicos de los productos cárnicos, como aroma y color, por lo que recomiendan una combinación entre ambos aditivos (Sayas Barberá et al., 2007).

Asimismo, los resultados de la investigación de Rajaei et al. (2017) revelaron resultados prometedores desde el primer día, ya sea en moléculas encapsuladas o de forma libre, el aceite esencial de clavo redujo 3 log UFC/g de la población de *Salmonella enteritidis* Ser. Enteritidis. De igual manera, se comprobó que se las partículas encapsuladas del aceite esencial fueron más efectivas frente a al aceite libre, ya que se necesitó menor concentración, pero presentó un mayor efecto a lo largo del periodo de prueba. Los autores asumen que en

los análisis in vitro e in vivo los compuestos bioactivos encapsulados pueden aumentar su dispersión en el entorno, lo que incrementa su mecanismo de adsorción. No obstante, ambos tratamientos fueron mejores resultados en comparación con las muestras de control.

### 3.4.3. Encapsulación: actividad antifúngica

Si bien es cierto las películas y recubrimientos comestibles son una opción para aumentar la vida útil de la carne en general. Sin embargo, los compuestos bioactivos presentan limitaciones debido a su volatilidad al igual un efecto declinante, ya que se agota conforme pasa el tiempo, por lo que su eficiencia no es constante. Por tal motivo, la encapsulación es una alternativa para proteger a estas moléculas de parámetros como luz o calor o a su vez siendo posible su uso en matrices a las que se les aplico un tratamiento térmico, manteniendo su actividad biológica (Wang et al., 2018).

**Tabla 10**

*Artículos obtenidos referente a encapsulación del aceite esencial de clavo que estudian la actividad antifúngica*

Producto	Compuestos Mayoritarios	Genero	Información relevante	Bibliografía
<p><b>Productos:</b> Pescado, pollo, cerdo y carne de res</p> <p><b>Presentación:</b> Cocidos (20 x 20 x 20 cm)</p>	NR	Niveles de moho y esporas de moho	<p><b>Concentración:</b> 0.1–0.09–0.08–0.07–0.06–0.05–0.04–0.03–0.02–0.01–0% (p/p)</p> <p><b>Incorporación del AECO:</b> Las muestras se compraron en un supermercado local (Nanjing, China). Se evaluaron 2 tratamientos térmicos en la carne:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las carnes se picaron y se colocaron en placas Petri que contenían soluciones con microcápsulas de AECO (el tiempo de inmersión fue 30 min). Los pedazos fueron retirados y escurridos, luego se incubaron.</li> <li>2. Las soluciones con AECO se calentaron durante 30 min y luego se enfriaron. Luego se realizó el procedimiento anterior.</li> </ol> <p><b>Almacenamiento:</b> 37 °C durante 4 días</p> <p><b>Método:</b> placa cilíndrica</p> <p><b>Resultado:</b> el estudio reveló que hubo presencia de moho en los tratamientos sin AECO y en bajas concentraciones. Las concentraciones fungicidas efectivas para fueron <math>\leq 0.07\%</math> (pescado), <math>\leq 0.06\%</math> (pollo y cerdo) y <math>\leq 0.05\%</math> (carne de res). Para el caso de los recubrimientos tratados térmicamente, se evidencio que la concentración efectiva fue <math>\leq 0.08\%</math> (en todas las muestras).</p> <p><b>Evaluación sensorial:</b> NR</p>	<p>Antifungal effects of clove oil microcapsule on meat products</p> <p>(Wang et al., 2018)</p>

Nota. AECO: aceite esencial de clavo de olor, NR: no realizado.

Las esporas de moho son difíciles de eliminar ya que pueden soportar altas temperaturas o pH extremos (ácidos y base) y aun así reproducirse. Si bien los conservantes permiten reducir el crecimiento fúngico, existen ciertos problemas cuando son sometidos a tratamientos a altas temperaturas, perdiendo así su efectividad debido a su alta volatilidad Wang et al. 2009. La investigación de Wang et al. (2018) se centró en evaluar el efecto antifúngico del aceite esencial de clavo de olor encapsulado tanto en temperatura ambiente como en temperatura de cocción al igual que determinar la concentración fungicida efectiva en ambos tratamientos térmicos.

El resultado del estudio reveló que conforme pasaban los días, el nivel de moho empezó a crecer en las muestras cocidas que contaban con bajas concentraciones o en su defecto no contenían moléculas encapsuladas en su superficie, mientras que las muestras con concentraciones más altas del aceite esencial reportaron una reducción significativa de los niveles de moho. De tal forma que se comprobó que la concentración mínima efectiva para el pescado fue 0.07% para inhibir completamente el crecimiento de mohos y esporas, mientras que para el pollo y carne de cerdo fue de la concentración de 0.06%. La carne de res reportó mejores resultados ya que su concentración mínima efectiva fue 0.05%.

En el caso de las soluciones con microcápsulas tratadas a altas temperaturas, se evidenció una disminución del efecto antifúngico. Sin embargo, el estudio comprobó que después de un procesamiento térmico severo, la microencapsulación proporcionó una resistencia térmica a las partículas, por lo que la concentración mínima efectiva aumentó a 0.08% en cada muestra tratada. Los autores asumieron que una gran cantidad de partículas encapsuladas mantuvieron su actividad antifúngica, ya que el material de recubrimiento,  $\beta$ -ciclodextrina, sirvió como una capa protectora tolerante al calor.

## Conclusiones

En conclusión, existe diversa información sobre la aplicación del aceite esencial de clavo de olor, debido a su capacidad antioxidante, antimicrobiana y antifúngica.

Asimismo, el aceite esencial de clavo de olor presenta una fuerte actividad antioxidante, debido a sus compuestos mayoritarios, principalmente eugenol, ya que permite la donación de un átomo de hidrogeno para estabilizar el radical fenoxilo, formando así moléculas estables.

De igual manera, la principal limitación de la incorporación directa del aceite esencial de clavo de olor en carne y productos cárnicos se debe a los cambios organolépticos que genera en el alimento. Especificando que, mientras más alta sea su concentración su efecto inhibidor es mayor.

Mediante la extracción de la información, se pudo determinar que las películas y recubrimientos comestibles con la incorporación de aceite esencial de clavo de olor como compuesto bioactivo, se encuentran dentro de los mejores tratamientos en lo que respecta a reducir procesos oxidativos en la carne y productos cárnicos al igual que en la inhibición de microorganismos en las matrices alimentarias. Sin embargo, existen diferentes biopolímeros, condiciones de almacenamiento, métodos de recuento, así como, propiedades intrínsecas en la composición del aceite que pueden influir en la eficiencia de su aplicación.

La adición directa del aceite esencial de clavo repercutió negativamente en los atributos de sabor y olor en algunas investigaciones. Se observó que la adición directa de este componente a cualquier matriz alimentaria en concentraciones mayores a 1% influyo en ciertos atributos sensoriales y en la aceptabilidad general de producto. No obstante, se evidencio que a medida que el aceite esencial se encontraba en menor concentración tuvo una mejor aceptación por parte de los panelistas.

### **Recomendaciones**

Se recomienda que la información recabada con respecto al clavo de olor continúe siendo sintetizada a efecto de que se determine la viabilidad y eficiencia de este aceite esencial y su aplicación en carnes y productos cárnicos.

Se recomienda a la comunidad científica continuar con las investigaciones en relación con la actividad antioxidante del aceite esencial de clavo de olor y su aplicación en carnes y productos cárnicos para prevenir las reacciones de oxidación tanto de manera directa como indirecta.

En el caso de la adición directa, es necesario comprender que conforme se aumenta la concentración del aceite esencial su efecto inhibitor es mayor, sin embargo, genera repercusiones en cuanto a la percepción sensorial. Por tal motivo, se recomienda no exceder concentraciones mayores al 1%.

En sí la presente revisión consiste en transmitir la información sintetizada, por lo que sirve como una referencia general hacia los estudios realizados sobre la influencia del aceite esencial. Por esta razón, se recomienda enfocarse en una sola actividad o en una sola forma de aplicación.

Debido a la inestabilidad y limitaciones sensoriales del aceite esencial de clavo, es recomendable que su adición sea mediante películas o recubrimientos comestibles, ya que permiten disminuir las reacciones sensoriales negativas. Asimismo, para maximizar el uso del aceite esencial de clavo de olor la encapsulación del aceite de clavo se propuso como un medio para disfrazar su fuerte olor que limita sus usos en la industria alimentaria.

## Bibliografía

- Albertos, I., Rico, D., Diez, A. M., González-Arnáiz, L., García-Casas, M. J., & Jaime, I. (2015). Effect of edible chitosan/clove oil films and high-pressure processing on the microbiological shelf life of trout fillets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(14), 2858–2865. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7026>
- Ansarian, E., Aminzare, M., Hassanzad Azar, H., Mehrasbi, M. R., & Bimakr, M. (2022). Nanoemulsion-based basil seed gum edible film containing resveratrol and clove essential oil: In vitro antioxidant properties and its effect on oxidative stability and sensory characteristic of camel meat during refrigeration storage. *Meat Science*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108716>
- Bandoni, A. (2003). *Los Recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores* (Segunda). [el autor].
- Binsi, P. K., Ninan, G., & Ravishankar, C. N. (2017). Effect of curry leaf and clove bud essential oils on textural and oxidative stability of chill stored sutchi catfish fillets. *Journal of Texture Studies*, 48(3), 258–266. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12237>
- Borges Vieira, B., Araújo de Carvalho, E., Simões da Rocha Bispo, A., Alves Ferreira, M., & Evangelista-Barreto, N. S. (2020). Efficiency of chitosan synergism with clove essential oil in the coating of intentionally contaminated Tambaqui fillets. *Semina: Ciências Agrarias*, 41(6), 2793–2802. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2793>
- Calo, J. R., Crandall, P. G., O'Bryan, C. A., & Ricke, S. C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food systems – A review. *Food Control*, 54, 111–119. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2014.12.040>
- Ceballos Toro, V., & Londoño Giraldo, L. M. (2017). Aceites esenciales en la conservación de alimentos. *Universidad Libre*, 6, 38–49.

- Coutinho De Oliveira, T. L., Das Graças Cardoso, M., De, R., Soares, A., Ramos, E. M., Piccoli, R. H., Maximiliano, V., & Tebaldi, R. (2013). *Inhibitory activity of Syzygium aromaticum and Cymbopogon citratus (DC.) Stapf. essential oils against Listeria monocytogenes inoculated in bovine ground meat*. [www.sbmicrobiologia.org.br](http://www.sbmicrobiologia.org.br)
- de Abreu Martins, H. H., Simões, L. A., Isidoro, S. R., de Souza Nascimento, S., Alcântara, J. P., Ramos, E. M., & Piccoli, R. H. (2021). Preservative of Essential Oil Blends: Control of Clostridium perfringens Type a in Mortadella. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021200106>
- Dehghani, P., Hosseini, S. M. H., Golmakani, M. T., Majdinasab, M., & Esteghlal, S. (2018). Shelf-life extension of refrigerated rainbow trout fillets using total Farsi gum-based coatings containing clove and thyme essential oils emulsions. *Food Hydrocolloids*, 77, 677–688. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.11.009>
- dos Santos, L. R., Alía, A., Martin, I., Gottardo, F. M., Rodrigues, L. B., Borges, K. A., Furian, T. Q., & Córdoba, J. J. (2022). Antimicrobial activity of essential oils and natural plant extracts against Listeria monocytogenes in a dry-cured ham-based model. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(4), 1729–1735. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11475>
- Echeverría, I., López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, M. C., 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. *International Journal of Food Microbiology*, 266, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.10.003>
- Feiner, G. (2018). *Manual de productos cárnicos. Ciencia práctica y tecnología* (Vol. 1).
- Fernández-Pan, I., Mendoza, M., & Maté, J. I. (2013). Whey protein isolate edible films with essential oils incorporated to improve the microbial quality of poultry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(12), 2986–2994. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6128>

- Gasti, T., Dixit, S., Hiremani, V. D., Chougale, R. B., Masti, S. P., Vootla, S. K., & Mudigoudra, B. S. (2022). Chitosan/pullulan based films incorporated with clove essential oil loaded chitosan-ZnO hybrid nanoparticles for active food packaging. *Carbohydrate Polymers*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118866>
- Ghasemi, B., Varidi, M. J., Varidi, M., Kazemi-Taskooh, Z., & Emami, S. A. (2022). The effect of plant essential oils on physicochemical properties of chicken nuggets. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(1), 772–783. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01204-1>
- Gibriiel, A. Y., Abdeldaiem, M. H., & Ali, H. G. M. (2017). Antibacterial Activity of Clove (*Syzigium aromaticum* L.) Essential Oil and Gamma Irradiation against Some Food-Borne Pathogens in Minced Chicken Meat. *Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications*, 50(1), 179–193.
- Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, M. C., & Montero, P. (2010). Biodegradable gelatin-chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food Microbiology*, 27(7), 889–896. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.012>
- Guran, H. S., Oksuztepe, G., Coban, O. E., & Incili, G. K. (2015). Influence of different essential oils on refrigerated fish patties produced from bonito fish (*Sarda sarda* Bloch, 1793). *Czech Journal of Food Sciences*, 33(1), 37–44. <https://doi.org/10.17221/188/2014-CJFS>
- Habashy, A. H. A., Darwish, W. S., Hussein, M. A., & El-Dien, W. M. S. (2019). Prevalence of different mould genera in meat and meat products with some reduction trials using essential oils. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 7(Special Issue 2), 79–85. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2019/7.s2.79.85>

- Haro-González, J. N., Castillo-Herrera, G. A., Martínez-Velázquez, M., & Espinosa-Andrews, H. (2021). Clove essential oil (*Syzygium aromaticum* L. myrtaceae): Extraction, chemical composition, food applications, and essential bioactivity for human health. In *Molecules* (Vol. 26, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules26216387>
- Hernández Sánchez, P. (2011). *Encapsulación de Aceite Esencial de Clavo para su Aplicación en la Industria Alimentaria*. Universidad Católica San Antonio.
- 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), 957–963. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0598-3>
- Hetta, H. F., Meshaal, A. K., Algammal, A. M., Yahia, R., Makharita, R. R., Marraiki, N., Shah, M. A., Hassan, H. A. M., & Batiha, G. E. S. (2020). In-vitro antimicrobial activity of essential oils and spices powder of some medicinal plants against bacillus species isolated from raw and processed meat. *Infection and Drug Resistance*, 13, 4367–4378. <https://doi.org/10.2147/IDR.S277295>
- 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). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14946>
- Hu, J., Xu, Y., Majura, J. J., Qiu, Y., Ding, J., Hatab, S., Miao, W., & Gao, Y. (2021). Combined Effect of the Essential Oil and Collagen Film on the Quality of Pacific Mackerel (*Pneumatophorus japonicus*) Fillet during Cold Storage. *Foodborne Pathogens and Disease*, 18(7), 455–461. <https://doi.org/10.1089/fpd.2021.0007>

- Jalali, N., Ariyai, P., & Fattahi, E. (2016). Effect of alginate/carboxyl methyl cellulose composite coating incorporated with clove essential oil on the quality of silver carp fillet and *Escherichia coli* O157:H7 inhibition during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*, *53*(1), 757–765. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2060-4>
- Jun, L., Changzhu, L., Ce, S., Javad, A., Haiying, C., & Lin, L. (2022). Antibacterial mechanisms of clove essential oil against *Staphylococcus aureus* and its application in pork. *International Journal of Food Microbiology*, *380*.
- 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*, *74*, 219–223. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.042>
- Khodaei, N., Houde, M., Bayen, S., & Karboune, S. (2023). Exploring the synergistic effects of essential oil and plant extract combinations to extend the shelf life and the sensory acceptance of meat products: multi-antioxidant systems. *Journal of Food Science and Technology*, *60*(2), 679–691. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05653-4>
- Lekjing, S. (2016). A chitosan-based coating with or without clove oil extends the shelf life of cooked pork sausages in refrigerated storage. *Meat Science*, *111*, 192–197. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.003>
- Loizzo, M. R., Tundis, R., Menichini, F., & Duthie, G. (2015). Anti-rancidity effect of essential oils, application in the lipid stability of cooked turkey meat patties and potential implications for health. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *66*(1), 50–57. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.953454>
- Moscoso Mora, A. G. (2014). *Diseño de una planta para la extracción del aceite esencial de palo santo (Bursera graveolens) mediante destilación por arrastre de vapor*. Escuela Politécnica Nacional.

- Nadal Moncadas, B. (2015). *Métodos de conservación cadavérica y sus aspectos legales y sanitarios*. Universidad Complutense de Madrid .
- Naveena, B. M., Muthukumar, M., Sen, A. R., Babji, Y., & Murthy, T. R. K. (2006). Improvement of shelf-life of buffalo meat using lactic acid, clove oil and vitamin C during retail display. *Meat Science*, *74*(2), 409–415. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.020>
- Navikaite-Snipaitiene, V., Ivanauskas, L., Jakstas, V., Rüegg, N., Rutkaite, R., Wolfram, E., & Yildirim, S. (2018). Development of antioxidant food packaging materials containing eugenol for extending display life of fresh beef. *Meat Science*, *145*, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.015>
- Nisar, T., Yang, X., Alim, A., Iqbal, M., Wang, Z. C., & Guo, Y. (2019). Physicochemical responses and microbiological changes of bream (*Megalobrama amblycephala*) to pectin based coatings enriched with clove essential oil during refrigeration. *International Journal of Biological Macromolecules*, *124*, 1156–1166. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.005>
- Nunes Barbosa, L., Lucia, V., Rall, M., Angé, A., Fernandes, H., Ushimaru, P. I., Da, I., Probst, S., & Fernandes, A. (2009). Essential Oils Against Foodborne Pathogens and Spoilage Bacteria in Minced Meat. *FoodBorne Pathogens and Disease*, *6*(6), 725–728.
- Ordóñez Pereda, J. A., Cambero Rodríguez, M. I., Fernández Álvarez, L., García Sanz, M. L., García de Fernando, de la Hoz Perales, L., & Selgas Cortecero, M. D. (1999). *Tecnología de los Alimentos* (Síntesis, Vol. 2).
- Pino, J. A., & Aragüez, Y. (2021). Conocimientos actuales acerca de la encapsulación de aceites esenciales. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, *52*(1), 10–25.
- Radha Krishnan, K., Babuskin, S., Rakhavan, K. R., Tharavin, R., Azhagu Saravana Babu, P., Sivarajan, M., & Sukumar, M. (2015). Potential application of corn starch edible films

- with spice essential oils for the shelf life extension of red meat. *Journal of Applied Microbiology*, *119*(6), 1613–1623. <https://doi.org/10.1111/jam.12932>
- Radünz, M., da Trindade, M. L. M., Camargo, T. M., Radünz, A. L., Borges, C. D., Gandra, E. A., & Helbig, E. (2019). Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (*Syzygium aromaticum*, L.) essential oil. *Food Chemistry*, *276*, 180–186. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.173>
- Rajaei, A., Hadian, M., Mohsenifar, A., Rahmani-Cherati, T., & Tabatabaei, M. (2017). A coating based on clove essential oils encapsulated by chitosan-myristic acid nanogel efficiently enhanced the shelf-life of beef cutlets. *Food Packaging and Shelf Life*, *14*, 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.10.005>
- Ramezani-Fard, E., Romano, N., Goh, Y.-M., Oskoueian, E., Ehteshami, F., & Ebrahimi, M. (2016). The effect of different cooking methods on fatty acid composition and antioxidant activity of n-3 fatty acids fortified tilapia meat with or without clove essential oil. *Journal of Environmental Biology*, *37*(4), 775–784.
- Requena, R., Vargas, M., & Chiralt, A. (2019). Eugenol and carvacrol migration from PHBV films and antibacterial action in different food matrices. *Food Chemistry*, *277*, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.093>
- Rounds, L., Havens, C. M., Feinstein, Y., Friedman, M., & Ravishankar, S. (2012). Plant extracts, spices, and essential oils inactivate *Escherichia coli* O157:H7 and reduce formation of potentially carcinogenic heterocyclic amines in cooked beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(14), 3792–3799. <https://doi.org/10.1021/jf204062p>
- Roy, S., Priyadarshi, R., & Rhim, J. W. (2022). Gelatin/agar-based multifunctional film integrated with copper-doped zinc oxide nanoparticles and clove essential oil Pickering

emulsion for enhancing the shelf life of pork meat. *Food Research International*, 160.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111690>

Salgado, P. R., López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, M. C., Mauri, A. N., & Montero, M.

P. (2013). Sunflower protein films incorporated with clove essential oil have potential application for the preservation of fish patties. *Food Hydrocolloids*, 33(1), 74–84.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.02.008>

Saricaoglu, F. T., & Turhan, S. (2019). Performance of mechanically deboned chicken meat protein coatings containing thyme or clove essential oil for storage quality improvement of beef sucuks. *Meat Science*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107912>

Sayas Barberá, E., Pérez Álvarez, J. Á., & Fernández López, J. (2007). *Industrialización de productos de origen animal*. Departamento de Tecnología Agroalimentaria, Universidad Miguel Hernández.

Selim, S. (2011). ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS AGAINST VANCOMYCIN-RESISTANT ENTEROCOCCI (VRE) AND ESCHERICHIA COLI O157:H7 IN FETA SOFT CHEESE AND MINCED BEEF MEAT. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42, 187–196.

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), 279–292. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2461-z>

Shukla, V., Mendiratta, S. K., Zende, R. J., Agrawal, R. K., & Kumar Jaiswal, R. (2020). Effects of chitosan coating enriched with *Syzygium aromaticum* essential oil on quality and shelf-life of chicken patties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14870>

- Stoleru, E., Vasile, C., Irimia, A., & Brebu, M. (2021). Towards a bioactive food packaging: Poly(lactic acid) surface functionalized by chitosan coating embedding clove and argan oils. *Molecules*, 26(15). <https://doi.org/10.3390/molecules26154500>
- Tajik, H., Farhangfar, A., Moradi, M., & Razavi Rohani, S. M. (2014). Effectiveness of Clove Essential Oil and Grape Seed Extract Combination on Microbial and Lipid Oxidation Characteristics of Raw Buffalo Patty During Storage at Abuse Refrigeration Temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 31–38. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00736.x>
- Turgis, M., Han, J., Millette, M., Salmieri, S., Borsa, J., & Lacroix, M. (2009). Effect of selected antimicrobial compounds on the radiosensitization of Salmonella Typhi in ground beef. *Letters in Applied Microbiology*, 48(6), 657–662. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2009.02587.x>
- Ugalde, M. L., de Cezaro, A. M., Vedovatto, F., Paroul, N., Steffens, J., Valduga, E., Backes, G. T., Franceschi, E., & Cansian, R. L. (2017). Active starch biopolymeric packaging film for sausages embedded with essential oil of *Syzygium aromaticum*. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 2171–2175. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2624-6>
- Venkatachalam, K., & Lekjing, S. (2020). A chitosan-based edible film with clove essential oil and nisin for improving the quality and shelf life of pork patties in cold storage. *RSC Advances*, 10(30), 17777–17786. <https://doi.org/10.1039/d0ra02986f>
- Vieira, B. B., Mafra, J. F., Bispo, A. S. da R., Ferreira, M. A., Silva, F. de L., Rodrigues, A. V. N., & Evangelista-Barreto, N. S. (2019). Combination of chitosan coating and clove essential oil reduces lipid oxidation and microbial growth in frozen stored tambaqui (*Colossoma macropomum*) fillets. *LWT*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108546>
- Wang, Y., Du, Y. T., Xue, W. Y., Wang, L., Li, R., Jiang, Z. T., Tang, S. H., & Tan, J. (2023). Enhanced preservation effects of clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil on the

processing of Chinese bacon (preserved meat products) by beta cyclodextrin metal organic frameworks ( $\beta$ -CD-MOFs). *Meat Science*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108998>

Wang, Y. F., Jia, J. X., Tian, Y. Q., Shu, X., Ren, X. J., Guan, Y., & Yan, Z. Y. (2018). Antifungal effects of clove oil microcapsule on meat products. *LWT*, 89, 604–609. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.042>

Winther, J. R., & Thorpe, C. (2014). Quantification of thiols and disulfides. In *Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects* (Vol. 1840, Issue 2, pp. 838–846). <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2013.03.031>

Xiong, Y., Kamboj, M., Ajlouni, S., & Fang, Z. (2021). Incorporation of salmon bone gelatine with chitosan, gallic acid and clove oil as edible coating for the cold storage of fresh salmon fillet. *Food Control*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107994>

Yu, D., Regenstein, J. M., Zang, J., Xia, W., Xu, Y., Jiang, Q., & Yang, F. (2018). Inhibitory effects of chitosan-based coatings on endogenous enzyme activities, proteolytic degradation and texture softening of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets stored at 4 °C. *Food Chemistry*, 262, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.070>