



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Técnicas utilizadas para la conservación de alimentos de origen animal mediante biopelículas
a partir de matrices poliméricas naturales

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial.

Autor:

Erika Michelle Taimal Chano

Tutor:

MgS. Diego David Moposita Vásquez

Riobamba - Ecuador

2021

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Erika Michelle Taimal Chano, con cédula de ciudadanía 1804726584, autora del trabajo de investigación titulado: Técnicas utilizadas para la conservación de alimentos de origen animal mediante biopelículas a partir de matrices poliméricas naturales, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 1 de Diciembre 2021.



Erika Michelle Taimal Chano
C.I: 1804726484

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Técnicas utilizadas para la conservación de alimentos de origen animal mediante biopelículas a partir de matrices poliméricas naturales” por Erika Michelle Taimal Chano, con cédula de identidad número 1804726584, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar. De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 10 de diciembre de 2021.

MgS. Fabian Patricio Carrillo Flor
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

MgS. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

MgS. Daniel Alejandro Luna Velasco
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Diego David Moposita Vásquez
TUTOR



Firma



Erika Michelle Taimal Chano
C.I: 1804726584

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Técnicas utilizadas para la conservación de alimentos de origen animal mediante biopelículas a partir de matrices poliméricas naturales” por Erika Michelle Taimal Chano, con cédula de identidad número 1804726584, bajo la tutoría de Mg. Diego David Moposita Vásquez; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar. De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 10 diciembre de 2021.

Presidente del Tribunal de Grado
MgS. Fabian Patricio Carrillo Flor



Firmado electrónicamente por:
**FABIAN
PATRICIO
CARRILLO FLOR**

Firma

Miembro del Tribunal de Grado
MgS. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga



Firmado electrónicamente por:
**SEBASTIAN ALBERTO
GUERRERO LUZURIAGA**

Firma

Miembro del Tribunal de Grado
MgS. Daniel Alejandro Luna Velasco



Firmado electrónicamente por:
**DANIEL
ALEJANDRO LUNA
VELASCO**

Firma

CERTIFICADO ANTIPLAGIO



DIRECCIÓN ACADÉMICA
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.20

CERTIFICACIÓN

Que, **TAIMAL CHANO ERIKA MICHELLE** con CC: **180472658-4**, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Técnicas utilizadas en la conservación de alimentos de origen animal mediante biopelículas a partir de matrices poliméricas**", que corresponde al dominio científico **Desarrollo territorial, productivo y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida** y alineado a la línea de investigación **Obtención y aprovechamiento de recursos biológicos y no biológicos provenientes de la naturaleza**, cumple con el 9%, reportado en el sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 15 de Junio de 2021



DIEGO DAVID
MOPOSITA
VASQUEZ

Mgs. Diego Moposita Vásquez

TUTOR

DEDICATORIA

Dedico mi tesis y toda mi carrera universitaria a los seres que más amo en este mundo, mi familia por su amor incondicional y por ser los inspiradores de mis sueños, gracias por cada día haber confiado y haber creído en mí, pero sobre todo por haber estado en todos los momentos de mi vida.

A mis amigos por el apoyo moral, los consejos brindados, por formar parte de mi vida y convertirse en personas importantes y muy especiales por todo lo que hicieron por mí.

AGRADECIMIENTO

En primer estancia agradezco a Dios por llenarme de bendiciones y sabiduría para afrontar cada obstáculo que se me presentó en el trayecto de mi carrera universitaria.

Le agradezco a mis padres Milton y Beatriz por creer siempre en mí, por apoyarme en todo momento para seguir adelante, no ha sido fácil el camino, pero con su amor, consejos, esfuerzo y confianza han hecho que pueda cumplir con esta meta.

A mi hermana que ha compartido su tiempo junto a mí, porque estuvo día a día en toda mi carrera universitaria siendo mi apoyo, mi fortaleza y sobre todo siendo mi compañera y amiga.

Un profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Agroindustrial por abrirme las puertas y darme la oportunidad de cumplir mis sueños y objetivos, a mis docentes por brindarme sus conocimientos y formarme profesionalmente. De manera especial al Ing. Diego Moposita por su guía y colaboración brindada en el desarrollo de mi tesis.

A una persona muy especial que siempre estuvo apoyándome y alentándome en el proceso.

Y finalmente a todos los que permitieron la culminación de mi proyecto de investigación, siempre los llevare en mi corazón.

INDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	I
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL	II
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	III
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Formulación del problema	4
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. General.	5
1.4.2. Específicos.	5
CAPÍTULO II	6
2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO	6
<u>2.1. Marco Teórico</u>	6
2.1.1. Biopelículas	6
2.1.2. Recubrimientos y películas comestibles	6
2.1.3. Compuestos activos que pueden incorporarse potencialmente a las biopelículas. ..	6
2.1.4. Materiales utilizados para la elaboración de biopelículas o recubrimientos comestibles en alimentos	7
2.1.4.1. Hidrocoloides	7
2.1.4.2. Proteínas	7
2.1.4.3. Lípidos	7
2.1.4.4. Compuestos	8
2.1.5. Tipos de recubrimientos usados en alimentos	8
2.1.6. Uso de recubrimientos comestibles en alimentos	8
2.1.7. Alimentos Perecederos	8
2.1.8. Conservación de alimentos de origen animal mediante biopelículas	9

2.1.9. Tipos de empaques biodegradables	9
<u>2.2.</u> Estado del arte	9
2.2.1. Técnicas para la aplicación de biopelículas	9
2.2.1.1. Las técnicas para Recubrimiento Comestibles (RC).....	9
2.2.1.2. Técnica para Película Comestible (PC).....	10
CAPÍTULO III.	11
3. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo de Investigación	11
3.2. Diseño de Investigación.....	11
3.2.1. Identificación.....	11
3.2.2. Cribado	11
3.2.3. Exclusión.....	12
3.2.4. Inclusión	12
3.3. Técnicas de recolección de Datos.....	13
3.4. Población de estudio y tamaño de la muestra.....	14
3.5. Métodos de análisis y procesamiento de datos	14
CAPÍTULO IV	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	15
4.1. Resultados.....	15
4.1.1. Resultados de las técnicas utilizadas en la aplicación de biopelículas	16
4.1.2. Análisis estadístico descriptivo de la tabla de resultados.....	22
4.1.2.1. Según el tipo de revista	22
4.1.2.2. País	23
4.1.2.3. Idioma.....	23
4.1.2.4. Año de publicación de los artículos	24
4.1.2.5. Tipo de biopelícula.....	24
4.1.2.6. Técnica	25
4.1.3. Resultados de la matriz comparativa de las técnicas más utilizadas en la aplicación de biopelículas.	26
4.2. Discusiones	29
CAPÍTULO V	32
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
5.1. Conclusiones.....	32
5.2. Recomendaciones	32

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXOS.....	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Técnica de Inmersión Empleada en la Aplicación de Biopelículas	16
Tabla 2 Técnica Casting Empleada en la Aplicación de Biopelículas	21
Tabla 3 Matriz Comparativa.....	26
Tabla 4 Conservación de Carne de Cerdo Mediante uso de Biopelículas.....	27
Tabla 5 Técnicas Empleadas en la Aplicación de Biopelículas	38
Tabla 6 Artículos Evaluados Bajo una Revisión de Manuscrito y Aplicación de Criterios de Inclusión	41
Tabla 7 Checklist- Lista de Verificación de Prisma.....	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Flujo. Proceso de Selección de Estudios.....	13
Figura 2 Nombre de la Revista.....	22
Figura 3 País.....	23
Figura 4 Idioma	23
Figura 5 Año de Publicación de los Artículos	24
Figura 6 Tipo de Biopelícula.....	24
Figura 7 Técnica utilizada en la Aplicación de Biopelículas	25

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue desarrollar una revisión bibliográfica de las técnicas empleadas en la aplicación de biopelículas para la conservación de alimentos de origen animal a partir de matrices poliméricas naturales. Esta investigación se inició con la caracterización de las fuentes documentales, recopilando información y por consiguiente se realizó un análisis de cada una de ellas; para ello se realizó una investigación cualitativa, bibliográfica y descriptiva en la cual se analizó cada técnica usada por los autores de los artículos científicos seleccionados, con un total de 16 artículos analizados mediante los criterios de elegibilidad de la declaración PRISMA. De acuerdo con el análisis realizado, se concluye que las técnicas utilizadas son inmersión, casting, spray, procesamiento lecho liofilizado y por barrido, siendo las principales técnicas usadas casting e inmersión y los resultados revelaron que la técnica más eficiente y la más empleada es la de inmersión, en su mayoría con biopelículas elaboradas a base de polisacáridos. La efectividad de usar biopelículas en alimentos de origen animal mejora mediante el uso de compuestos activos como extractos de plantas, aceites esenciales y fuentes de antioxidantes que ayudan a las biopelículas a mantener las propiedades organolépticas de los alimentos de origen animal.

Palabras claves: técnicas, conservación, biopelículas, alimentos de origen animal, matrices poliméricas naturales.

ABSTRACT

The main objective of this research was to develop a bibliographic review of the techniques used in the application of biofilms for the conservation of foods of animal origin from natural polymeric matrices. This investigation began with the characterization of the documentary sources, gathering information, so an analysis of each one of them was carried out as qualitative, bibliographic, and descriptive research, in which each technique used by the authors of the selected scientific articles was analyzed, with a total of 16 articles analyzed using the eligibility criteria of the PRISMA declaration. According to the analysis carried out, it concluded that the techniques used are immersion, casting, spray, lyophilized bed processing, and scanning, the chief procedures used to be casting and immersion, and the results revealed that the most efficient and most used technique is immersion, mostly with biofilms made from polysaccharides. The effectiveness of using biofilms in foods of animal origin has improved through the use of active compounds such as plant extracts, essential oils, and sources of antioxidants that help biofilms to maintain the organoleptic properties of animals 'food origin.

Keywords: techniques, conservation, biofilms, foods of animal origin, natural polymeric matrices.

Reviewed by



Lic. Eduardo Barreno Freire

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604936211

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Los alimentos están constituidos por un conjunto de componentes mayoritarios como las proteínas, carbohidratos, lípidos y agua; y por otros componentes minoritarios como las vitaminas, enzimas, pigmentos y compuestos responsable del aroma. Debido a esta naturaleza química, los alimentos presentan características particulares de sabor, olor, textura y valor nutritivo, pero también pueden alterarse y contaminarse. El proceso de conservación de los alimentos comprende todas aquellas medidas que permiten mantener estas características frente acciones químicas, físicas y microbiológicas no deseadas, ya que son las causantes de dichas alteraciones o contaminaciones (Heras et al., 2016).

En sí, los alimentos conservados son aquellos que, habiendo sido sometidos a tratamientos apropiados de preservación, se mantiene en las debidas condiciones higiénico-sanitaria y de aceptabilidad para el consumo durante lapsos variables. Con estos tratamientos, se pretende prevenir o evitar el desarrollo de microorganismos para que el alimento no se deteriore y así prolongar su vida útil (Heras et al., 2016).

Las biopelículas se utilizaban tradicionalmente para prevenir la aparición de efectos fisiológicos y contaminación microbiana en los productos alimenticios. Durante los siglos XII y XIII, los chinos desarrollaron recubrimientos de cera para aplicar sobre limones y naranjas con el fin de protegerlos del deterioro microbiano (Kumar et al., 2019). También, en Inglaterra, durante el siglo XVI, se utilizó un recubrimiento con manteca para prevenir la pérdida de humedad en alimentos (Doblado et al., 2018).

Las biopelículas se encuentran dentro de los conocidos como “empaques activos” porque interaccionan con el producto o con su entorno para mejorar uno o más aspectos de su calidad o seguridad (Umarawa et al., 2020). Las biopelículas son empleadas con el objetivo de evitar el ataque microbiano indeseable, sin alterar la calidad organoléptica, y nutritiva que pueden provocar el rechazo del consumidor. Por otra parte, las biopelículas son una alternativa para preservar la frescura del alimento incrementando su vida útil. Se define como vida útil al periodo durante el cual presenta niveles aceptables de calidad desde los puntos de vista de inocuidad, valor nutricional y sensorial (Ancos et al., 2015).

Para el desarrollo de una biopelícula es necesario añadir una solución viscosa misma que puede ser elaborada a base de polisacáridos, esta solución debe ser añadida a una superficie nivelada en el cual luego del proceso de secado se obtendrá una capa delgada (Sharma, 2015).

Un recubrimiento o biopelícula se aplica sobre la superficie de un alimento, mediante tres principales técnicas (inmersión, spray o casting), pero dichas técnicas no deben ser aplicadas en cualquier tipo de biopelícula; las técnicas de inmersión y spray son usadas en recubrimientos comestibles, mientras que para películas comestibles se usada la técnica por casting (Parzanese, 2013). Generalmente las biopelículas están formadas por tres componentes: el polímero, el disolvente y finalmente el plastificante (Doblado et al., 2018).

En el estudio desarrollado por Ruan et al., (2019) se demostró que la biopelícula tiene capacidad de conservar carne de cerdo, las cuales inhibieron significativamente el crecimiento de microorganismos y oxidación lipídica durante el almacenamiento a 4 ± 1 ° C. Además de reducir la pérdida de peso, con efecto protector sobre el color de las muestras, evidenciando mejoras en los atributos sensoriales (color, olor, sabor y aceptación); por lo tanto, las biopelículas podrían prolongar la vida útil de la carne de cerdo fresca.

Comercialmente, el primer material de recubrimiento se inventó en 1992 como encerado para aplicaciones en frutas y verduras (CPMA, 2014). En la última década, la conciencia del consumidor se ha incrementado en términos de materiales de empaque comestibles, biodegradables y ecológicos. Las biopelículas y recubrimientos comestibles son utilizadas en el sector de procesamiento de alimentos para preservar la integridad de una amplia gama de productos alimentos como frutas, verduras, lácteos y carne (Huber et al., 2009).

Mediante este estudio se pretende demostrar la importancia de la utilización de biopelículas en la conservación de alimentos de origen animal, satisfaciendo las necesidades y expectativas de consumidores que se preocupan por el medio ambiente y cuidado de su salud. Por otro lado, el sector empresarial tendrá la facultad de incorporar dentro de sus líneas de producción matrices poliméricas naturales con capacidades de reemplazar plásticos sintéticos en la conservación de su producto.

La presente investigación bibliográfica va dirigido a diferentes entidades gubernamentales y no gubernamentales, quienes deseen incursionar en nuevos proyectos o desafíos para minimizar el impacto ambiental que producen los empaques de plásticos de origen petroquímico.

1.2.Planteamiento del problema

Uno de los mayores problemas que enfrenta la industria alimentaria son las pérdidas anuales causadas por el ataque microbiano a los productos alimenticios que pueden ocurrir durante la cadena de suministro. Además, el uso de empaques no apropiados durante el almacenamiento

y transporte puede causar cambios en la calidad e inocuidad del alimento (Fernández et al., 2015).

Es por ello la importancia del uso de alternativas nuevas o métodos tecnológicos que ayuden a disminuir las pérdidas incrementando la vida de anaquel de los alimentos perecibles, sin perjudicar la salud de los consumidores. Entre estas tecnologías se encuentran los tratamientos térmicos, atmósferas controladas, eliminación de agua, entre otros, que suelen ser considerablemente costosas y en muchas ocasiones perjudican las características organolépticas del alimento. Sin embargo, durante la última década la alternativa más viable para la industria alimentaria ha sido el empleo de las biopelículas como una estrategia natural y al mismo tiempo una alternativa ecológica (Ramos et al., 2015)

Los alimentos de origen animal como la carne, el pescado y los productos derivados son alimentos perecederos, así que para tener una óptima conservación requieren una intervención adecuada para prevenir el deterioro y mejora de la vida útil, principalmente para prevenir la proliferación de microorganismo que provoquen el deterioro del alimento. Los principales factores intrínsecos que rigen el deterioro microbiano en alimentos de origen animal son el pH, contenido de humedad, actividad de agua (*aw*), potencial de oxidación /reducción, composición nutricional, componentes antimicrobianos y estructuras biológicas, además otro aspecto relevante que puede influir en la calidad, es el efecto de factores extrínsecos, que dependen de las características del sustrato, y por ello juega un papel importante en el desarrollo de estrategias de conservación de dichos alimentos, por ejemplo la temperatura de almacenamiento, humedad relativa del ambiente, presencia y concentración de gases y la presencia o ausencia de microorganismos (Umarawa et al., 2020).

El enfoque de la utilización de técnicas para la conservación de alimentos de origen animal mediante biopelículas radica en el hecho de que incluso pueden mejorar la calidad de los alimentos dependiendo de la biopelícula o composición de esta, también hay que hacer notar que el empleo de biopelículas elaboradas a partir de matrices poliméricas naturales constituye una alternativa interesante como sustituto del plástico.

Gran cantidad de la población en la actualidad desconoce la utilización de las biopelículas en la conservación de los alimentos, además que las biopelículas minimizan los impactos y fortalecen la competitividad en los mercados cada vez más exigentes, provocando que se realicen nuevas investigaciones de técnicas amigables con el medio ambiente, lo que permitirá el uso de materiales naturales como polisacáridos, proteínas, lípidos y la mezcla de éstos compuestos, aplicados en biopelículas, inhibiendo el crecimiento de microorganismos patógenos que ocasionan defectos en la maduración y vida útil del producto. Sin embargo,

pocos estudios se han llevado a cabo en la aplicación de productos alimenticios de origen animal (Navia et al., 2013). Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación es recopilar información mediante estudios bibliográficos para determinar las técnicas utilizadas para la aplicación de biopelículas en la conservación de alimentos de origen animal.

1.2.1. Formulación del problema

¿De qué manera influyen las técnicas empleadas en la aplicación de biopelículas para la conservación de alimentos de origen animal?

1.3. Justificación

Actualmente la demanda de alimentos mínimamente procesados está en aumento, además las exigencias por parte de los consumidores son el motivo por el cual se ha puesto mayor interés en desarrollar investigaciones necesarias para la conservación de alimentos, sustituyendo a los conservadores químicos por los obtenidos de matrices poliméricas naturales (Mohamed et al., 2020).

Por otra parte, el impacto de los empaques plásticos ha ocasionado uno de los principales problemas de contaminación, por lo cual la aplicación de biopelículas y recubrimientos comestibles se ha desarrollado cada vez más, tomando en cuenta las propiedades mecánicas que pueden llegar a sustituir a empaques sintéticos, protegiendo a los alimentos de daños físicos, químicos y microbiológicos (Arana, 2018).

La conservación de alimentos perecederos en especial los alimentos de origen animal es uno de los principales retos de la industria alimentaria, por lo que la aplicación de biopelículas es una alternativa interesante debido a que es una tecnología moderna que está logrando un gran impacto basada en el uso de determinadas técnicas que ayudan a mantener la calidad de los alimentos y prolongar la vida útil (Heras et al., 2016).

La presente investigación tiene como finalidad encontrar técnicas empleadas en la aplicación de biopelículas que aporten a la conservación y protección del alimento de origen animal, permitiendo una mayor duración de vida útil que las técnicas de conservación convencionales.

1.4. Objetivos

1.4.1. General.

- Desarrollar una revisión bibliográfica de las técnicas empleadas en la aplicación de biopelículas para la conservación de alimentos de origen animal a partir de matrices poliméricas naturales.

1.4.2. Específicos.

- Determinar las técnicas empleadas en la aplicación de biopelículas para la conservación de alimentos de origen animal.
- Realizar una matriz de comparación de las técnicas empleadas en la aplicación de biopelículas para la conservación de alimentos de origen animal.
- Identificar la biopelícula con capacidad de conservar por mayor tiempo un alimento de origen animal desarrollado a partir de matrices poliméricas naturales.

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Biopelículas

Según Paramasivam, (2017) las biopelículas ahora se han reconocido como un estilo de vida predominante de varias bacterias y hongos, en el que los organismos unicelulares adoptan un estilo de vida multicelular temporal”. Una característica distintiva de las biopelículas es la formación de una matriz extracelular o EPS (sustancias poliméricas extracelulares) que forman una capa gruesa que recubre las células microbianas, protegiéndolas de antimicrobianos y de la respuesta inmune del huésped.

2.1.2. Recubrimientos y películas comestibles

Los términos Recubrimientos Comestibles (RC) y Películas Comestibles (PC) son utilizados sin distinción para referirse a la aplicación de matrices transparentes y comestibles sobre las superficies de los alimentos, con el fin de proteger y preservar su calidad, evitando su pronta descomposición en alimentos perecederos. Sin embargo, ambos se distinguen por el modo en que son obtenidos y aplicados sobre el producto. Un RC es una matriz fina y continua que se dispone sobre la superficie del alimento mediante la inmersión o aplicación de un spray de la solución filmogénica formulada. Por otra parte, las PC son matrices preformadas, obtenidas por moldeo, cuyo espesor es siempre mayor al de los RC. Estas son aplicadas sobre la superficie o como separador de los distintos componentes de un alimento, luego de ser producidas (Parzanese, 2013).

2.1.3. Compuestos activos que pueden incorporarse potencialmente a las biopelículas.

Además de su función como barreras inertes para extender la estabilidad de los alimentos, las biopelículas pueden interactuar con el alimento recubierto y el entorno de una manera favorable, convirtiéndose así en un revestimiento activo. Pueden incorporar aditivos alimentarios, como agentes antimicrobianos, aromatizantes, colorantes, anti-pardeamiento y otras sustancias funcionales. Las propiedades activas de las biopelículas pueden estar relacionadas con la liberación lenta de otros compuestos (p.ej., antimicrobianos y agentes de autooxidación) que pueden retrasar la degradación de los alimentos y absorber o eliminar sustancias indeseables que podrían acelerar el deterioro del alimento. Existen varias categorías de compuestos activos que pueden incorporarse potencialmente a las biopelículas, como los ácidos orgánicos (p.ej., benzoico, propiónico, láctico, sórbico y acético), ácidos grasos, esteroides,

polipéptidos, aceites esenciales vegetales (p.ej., canela, orégano y limoncillo) y las bacterias probióticas, son las más comunes (Dehghani et al., 2017).

En un estudio se utilizaron películas comestibles que contenían aceite de canela para proporcionar un efecto antioxidante y antimicrobiano para filetes de pescado, debido a que la canela es rica en cinamaldehído como b-cariofileno, linalol y otros terpenos que reducen el crecimiento de bacterias (Wong et al., 2014).

2.1.4. Materiales utilizados para la elaboración de biopelículas o recubrimientos comestibles en alimentos

2.1.4.1. Hidrocoloides

Son un grupo heterogéneo de polímeros de cadena larga (polisacárido y proteínas) caracterizan por su propiedad de formar dispersiones viscosas y/o geles cuando son aplicados en agua (Raghav, 2016).

Los hidrocoloides pueden ser de origen animal, vegetal, microbiano o sintético, comportándose como polímeros hidrofílicos. Presentan grupos hidroxilo y pueden ser polielectrolitos como el alginato, carragenano, pectina, carboximetilcelulosa, xantano o goma arábiga (Parreidt, 2018). Son usados ampliamente como soluciones formadoras de recubrimientos para proteger y controlar el color, sabor, textura y extender la vida de anaquel en frutas y verduras. Poseen excelentes propiedades de barrera hacia los gases (O_2 y CO_2) generando una atmosfera modificada la cual extiende la vida útil de las frutas sin formar condiciones anaeróbicas. Debido a su naturaleza hidrofílica, este tipo de recubrimientos no posee buenas cualidades de protección contra la humedad (Chambi, 2012).

2.1.4.2. Proteínas

Los recubrimientos a base de proteínas pueden ser derivados de animales o plantas. Entre las proteínas usadas se encuentran la albumina de huevo, el colágeno, la zeína (maíz), el gluten (trigo), etc., destacándose las proteínas presentes en la leche (caseína y suero) como las más nutritivas, además de ser un excelente componente en la preparación de recubrimientos en comparación de otras fuentes alimenticias. Una ventaja es que estos recubrimientos producidos a partir de recursos naturales y son degradados con mayor facilidad que otros tipos de polímeros (Chambi, 2012).

2.1.4.3. Lípidos

Los lípidos son usados como recubrimientos o son incorporados a biopolímeros para formar películas compuestas, proporcionando una excelente barrera contra el vapor de agua gracias a su baja hidrofilia. Estas biopelículas tienen un comportamiento variable contra la transferencia de humedad dependiendo de sus propiedades. Los ácidos grasos insaturados son menos

eficientes para controlar la humedad debido a su mayor polaridad en comparación con los ácidos saturados. Los recubrimientos a base de aceite, grasa y cera no se aplican fácilmente a la superficie de las frutas y verduras debido a su consistencia y grosor (Hassan, 2018).

2.1.4.4. Compuestos

Los recubrimientos compuestos son creados con el objetivo de complementar las ventajas de cada tipo de componente, así como de minimizar sus desventajas. Estos pueden ser creados con una combinación de proteínas, polisacáridos y lípidos. Los polisacáridos y proteínas poseen una menor permeabilidad que los líquidos a los gases; su empleo es útil para reducir las tasas de respiración, mientras que los lípidos reducen la desecación. Las biopelículas se pueden producir como biocapas o emulsiones estables. En los recubrimientos compuestos por doble capa el lípido forma una segunda capa sobre la capa de polisacárido o proteína. Por otro lado, en las biopelículas compuestas el lípido se dispersa y queda atrapado en la matriz del biopolímero de soporte (Silva et al., 2013).

2.1.5. Tipos de recubrimientos usados en alimentos

Un recubrimiento comestible debe de ser inocuo evitando causar algún problema de salud en el consumidor. Éstos pueden estar compuestos por hidrocoloides (polisacáridos o proteínas), compuestos hidrofóbicos (lípidos o ceras) o una combinación de ambos, lo cual permite aprovechar las propiedades de cada compuesto y la sinergia entre ellos. Dependiendo de las sustancias empleadas en los recubrimientos, éstas determinarán las propiedades mecánicas y de barrera con respecto al vapor de agua, oxígeno, actividad antimicrobiana y dióxido de carbono atmosféricos (Navia et al., 2013).

2.1.6. Uso de recubrimientos comestibles en alimentos

Una funcionalidad importante de los recubrimientos y películas comestibles es su habilidad para incorporar ingredientes activos, ya que pueden servir como soporte de aditivos capaces de conservar y mejorar la calidad del producto. Es posible utilizarlos, por ejemplo, en la industria cárnica que mayormente cuenta con alimentos perecederos, utilizándolos para reducir la pérdida de humedad de los productos (Doblado et al., 2018).

2.1.7. Alimentos Perecederos

Según Buisman et al. (2019) alimentos perecederos se refiere a los alimentos a los que se producirá rápidamente el deterioro o descomposición sin mantenerse refrigerados o congelados, comienzan su descomposición de modo sencillo y muy rápido, es decir, su vida útil es limitada, entre los principales alimentos están la carne, lácteos, mariscos, etc. Durante esa descomposición tendrán mucho que ver cuestiones como la temperatura, la humedad y la presión.

2.1.8. Conservación de alimentos de origen animal mediante biopelículas

Las necesidades de consumo de alimentos de origen animal son de mayor demanda, debido a sus aportes nutricionales, pero a causa de la disponibilidad de nutrientes, el crecimiento de microorganismos se efectúa de manera acelerada. Es por ello que el uso de biopelículas en dichos alimentos es cada día mayor por lo que se considera una de las alternativas prometedoras para la conservación, por su capacidad de actuar como barrera para evitar la proliferación de microorganismos, además de cuidar de no alterar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los alimentos, además de ser una alternativa ecológica (González, 2017).

Con el paso de los años se fueron realizando estudios científicos en donde comprobaron que las biopelículas ayudan a conservar mejor los alimentos que son mínimamente procesados, debido a que la función principal de las mismas es formar una barrera semipermeable la cual ayudara a reducir la pérdida de agua, solutos, lo cual ayuda a controlar los intercambios gaseosos incluyendo la parte veloz de respiración (O_2 y CO_2), emisión del etileno y reducir la carga microbiana (Arana, 2018).

2.1.9. Tipos de empaques biodegradables

En el área de los alimentos estos polímeros se aplican en la fabricación de empaques biodegradables, PC y RC sobre frutas, carnes, pescados y otros alimentos, como también para la obtención de estabilizantes y gelificantes. La tecnología de PC y RC es una alternativa favorable ya que cumple con todas las exigencias de los consumidores actuales: productos saludables, mínimamente procesados, calidad y de producción sustentable (Parzanese, 2013).

2.2. Estado del arte

2.2.1. Técnicas para la aplicación de biopelículas.

2.2.1.1. Las técnicas para Recubrimiento Comestibles (RC)

Inmersión: consiste en la aplicación de las matrices comestibles sumergiendo el alimento en la solución filmogénica preparada. Es la inmersión de una muestra de alimento en la dispersión formada de recubrimiento. Esta técnica cuenta con tres pasos:

- i) Inmersión y permanencia
- ii) Deposición
- iii) Evaporación de solventes

En el primer paso, el sustrato se sumerge en la solución de recubrimiento a una velocidad constante, la permanencia asegura una cantidad suficiente de solución para humedecer el sustrato y la interacción completa entre el sustrato y la matriz de recubrimiento. El proceso de

deposición se utiliza para desarrollar capas delgadas de la solución precursora en la superficie de los productos alimenticios. El exceso de líquido de la superficie se drena y se elimina por deposición. Durante la etapa de evaporación, el disolvente y el exceso de líquido se evapora de la superficie de los productos alimenticios mediante el uso de un procedimiento de calentamiento y secado (Kumar et al., 2020).

El producto se seca a temperatura ambiente o con la ayuda de un secador una vez drenado el exceso de recubrimiento. Se ha demostrado que el espesor de la película recubierta de líquido depende de las características de la solución de recubrimiento, como la densidad, viscosidad, tensión superficial. Se utiliza especialmente en aquellos alimentos cuya forma es irregular que requieren de una cobertura uniforme y gruesa. Es importante que el producto a tratar esté previamente lavado y secado, y que una vez retirado de la solución se deje drenar el excedente de solución para lograr un recubrimiento uniforme (Parzanese, 2013)

Spray: esta técnica se basa en la aplicación de la solución filmogénica presurizada. Permite obtener RC más finos y uniformes. Se usa en alimentos de superficie lisa o para la separación de componentes de distinta humedad de un alimento compuesto, por ejemplo, en platos preparados como pizzas u otros (Andrade et al., 2012).

2.2.1.2. Técnica para Película Comestible (PC)

Casting: mediante esta técnica se obtienen películas o films premoldeados. Consiste básicamente en la obtención de una dispersión uniforme compuesta por biomoléculas (proteínas, polisacáridos, lípidos), plastificante y agua. Luego se vierte sobre una placa de material inocuo (acero inoxidable) donde se deja secar para que se forme el film o película. La velocidad de secado junto con la temperatura y humedad son condiciones determinantes para la calidad del film (transparencia, consistencia, propiedades mecánicas), por lo tanto, deben ser controladas correctamente. Una vez finalizado el secado se tiene un film de gran tamaño, el cual es fraccionado para ser aplicado sobre los alimentos a tratar (Fitch et al., 2016).

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

En el presente trabajo de investigación se realizó una revisión bibliográfica, de las principales fuentes y base de datos de investigación, de: Science Direct, Proquest y Scielo, tomando como referencia artículos más relevantes publicados en los 8 últimos años, todos relacionados con el tema de estudio. Se inició con la caracterización de las fuentes documentales, recopilando información y por consiguiente se realizó un análisis de cada una de ellas; para ello se realizó una investigación cualitativa, bibliográfica y descriptiva en la cual se analizó cada técnica usada por los autores de los artículos científicos seleccionados, con el objetivo de identificar las técnicas más empleadas en la aplicación de biopelículas para la conservación en productos de origen animal. La búsqueda en la base de datos se desarrolló con las palabras “application of biofilms in foods of animal origin”.

3.2. Diseño de Investigación

En la presente revisión bibliográfica se utilizó métodos de análisis y síntesis como PRISMA, la cual manifiesta una estructura de mejora de la información en 4 fases, detalladas a continuación:

3.2.1. Identificación

En la revisión bibliográfica se aplicó 3 criterios de selección

- a. De información: los cuales manifiesten que los artículos científicos seleccionados para la investigación estuvieron estrictamente relacionados con el tema de estudio.
- b. Exhaustividad: se seleccionaron ciertos artículos que ayudaron a la búsqueda de información con sus técnicas empleadas en la aplicación de biopelículas y que aportaron soluciones basadas en la conservación de alimentos de origen animal.
- c. Rango: los artículos científicos elegidos cumplieron con el criterio de no menos 8 años de publicación con información actualizada.

3.2.2. Cribado

Los artículos elegidos para la revisión bibliográfica pasaron por los siguientes filtros; el primer filtro fue por el título de cada artículo científico elegido, el cual debía estar relacionado con la aplicación de biopelículas en alimentos de origen animal descartando artículos relacionados con alimentos de origen vegetal, en segundo lugar se filtró por resumen, el mismo que una vez leído cumplió con los criterios de selección y así se fue eliminando artículos

irrelevantes, a continuación el filtro fue por el rango de año de publicación el que correspondía entre el 2013 al 2020 y finalmente al analizar los artículos elegidos a texto completo debían especificar la técnica que se usó para aplicar las biopelículas en los alimentos depurando así artículos que no especificaron una técnica específica en el estudio.

3.2.3. Exclusión

Los criterios de exclusión fueron artículos que no tienen relación con la procedencia de los alimentos, de igual manera, se descartó revistas, libros y documentos que no presentaban relevancia e importancia sobre el tema.

3.2.4. Inclusión

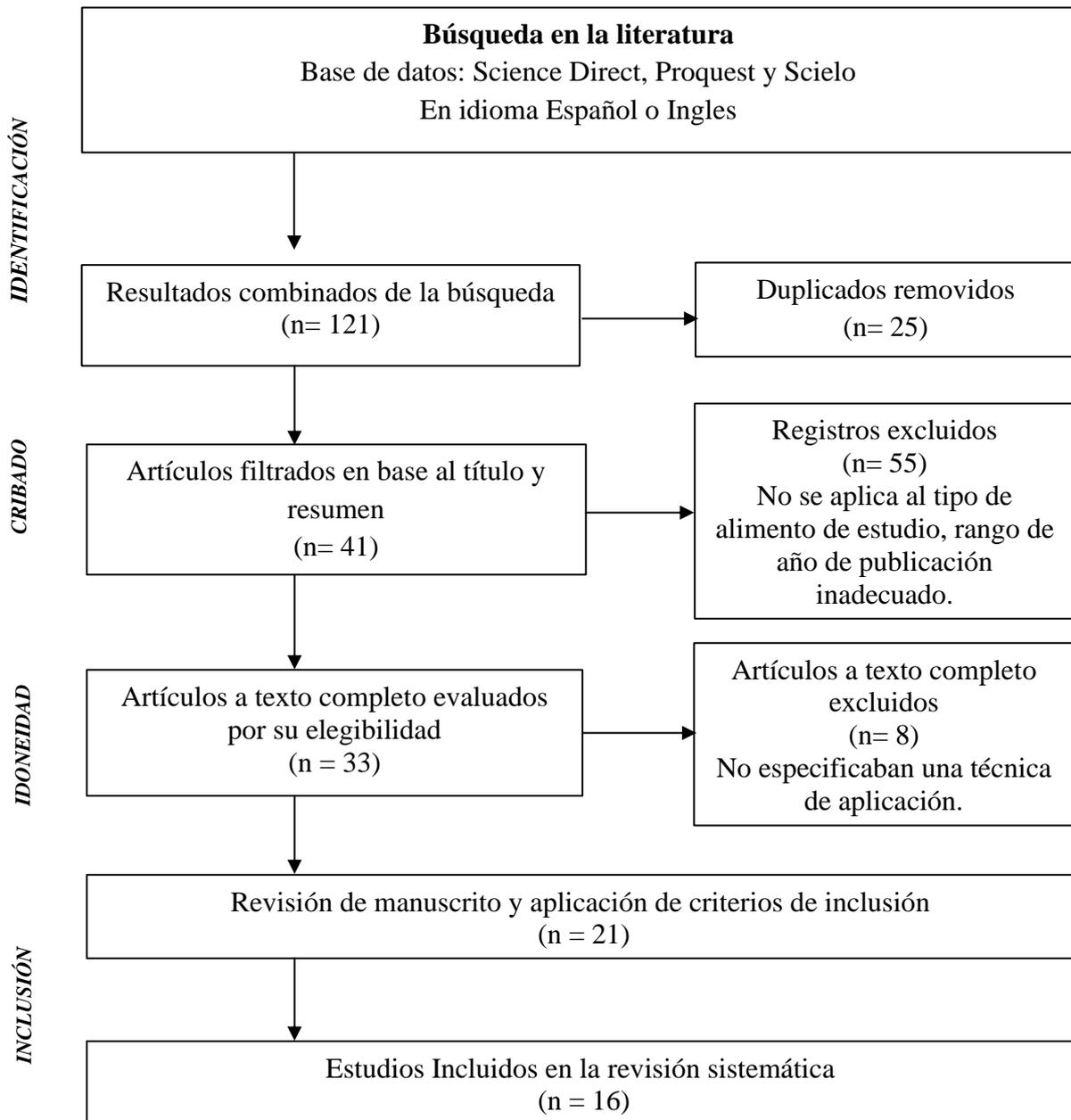
Los criterios para la inclusión de los artículos científicos a la revisión bibliográfica exclusivamente fueron los que se encuentran publicados en los idiomas inglés y/o español con su respectivo resumen y metodología. Se realizó una rigurosa selección de artículos más relevantes, actualizados y en lo preferible revisiones bibliográficas.

Los estudios fueron sintetizados en un diagrama de flujo, Grafico 1, el cual es un resumen de toda la búsqueda bibliográfica que se realizó, aplicando la declaración PRISMA.

3.3. Técnicas de recolección de Datos

Figura 1

Diagrama de Flujo. Proceso de Selección de Estudios



Nota: Diagrama de flujo según la metodología PRISMA para la selección de artículos a incluir en la revisión sistemática.

Adaptado de PRISMA (2009). Elaborado por Taimal E., 2021

El diagrama de flujo adaptado del método PRISMA para la selección de artículos a incluir en la revisión sistemática, donde “n” es el número de artículos en cada una de las etapas del estudio y la búsqueda de información en las bases de datos Science Direct, Proquest y Scielo arrojó un resultado total de 121 artículos más relevantes, de los cuales 25 fueron removidos por estar duplicados, es decir, ya formaban parte de los artículos seleccionados, quedando un total de 96, los mismos que al ser filtrados en base al título y resumen fueron eliminados 55 porque las biopelículas no fueron aplicadas al tipo en alimento de estudio y no cumplía con los criterios de inclusión en base a los años de publicación. De los 41 artículos seleccionados fueron evaluados a texto completo por su elegibilidad, se descartaron 8 por no especificar una técnica de aplicación, por consiguiente, se seleccionaron de 33 artículos, simultáneamente se realizó la revisión de los manuscritos y aplicación de criterios de inclusión y se obtuvieron 21 artículos, de los cuales solo 16 fueron incluidos en la revisión sistemática por cumplir con todos los filtros de inclusión y exclusión. En la tabla 5 se evidencia el cumplimiento de la metodología PRISMA bajo una revisión de manuscrito y aplicación de criterios de inclusión.

3.4. Población de estudio y tamaño de la muestra

En el presente trabajo de investigación se analizó la información de 16 artículos científicos obtenidos de los gestores de datos ya antes mencionados, los mismos que contribuyeron a la fundamentación teórica.

3.5. Métodos de análisis y procesamiento de datos

En esta investigación se aplicó el método PRISMA, el mismo que cuenta con una lista de 27 ítems de aprobación como se evidencia en la tabla 7 de los anexos y un diagrama de flujo (Figura 1), los cuales permitieron elegir los 16 artículos resultantes. Se realizó un análisis porcentual de cada una de las bases de datos seleccionadas, país, idioma, año, el tipo de biopelícula y la técnica utilizada dentro de la investigación.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

Luego de realizar un análisis minucioso de cada una de las bases de datos, se evidencia que la temática abarca varias técnicas entre ellas las ya mencionadas en el marco teórico, como son las técnicas de inmersión, casting y spray. Dentro de las técnicas utilizadas para la conservación de alimentos de origen animal mediante biopelículas a partir de matrices poliméricas naturales, se encontró que las principales técnicas usadas fue la de casting e inmersión, siendo esta última la más usada en artículos científicos de los últimos años, como se evidencia en las tablas 1 y 2.

4.1.1. Resultados de las técnicas utilizadas en la aplicación de biopelículas

Tabla 1

Técnica de Inmersión Empleada en la Aplicación de Biopelículas

Autor	Tema	Técnica	Tipo de Biopelícula	Producto	Resultado
(Jagus, et al., 2019)	Recubrimientos comestibles sobre queso Gouda como barrera contra la contaminación externa durante la maduración.	Inmersión	Almidón	Queso Gouda sin madurar	La aplicación del recubrimiento comestible a base de almidón de tapioca y glicerol que contiene natamicina y nisina, como antimicrobianos en el queso gouda actúa como barrera microbiológica sin afectar los recuentos de Lactobacilos en la maduración, además de permitir el progreso de los cambios bioquímicos que son parte de esta. Sin embargo, el queso con recubrimiento era más duro, gomoso y mejor masticable que el queso de muestra. Se redujo la contaminación microbiana del queso, asegurando la micro calidad biológica, extendiendo en 8 días la vida útil en comparación a la muestra.
(Xia, et al., 2020)	Efectos del recubrimiento de quitosano comestible sobre la estabilidad de almacenamiento de la salchicha roja Harbin a temperatura ambiente	Inmersión	Polisacáridos	Salchicha roja de Harbin	Aplicar un recubrimiento de quitosano en salchicha rojas resulto con un efecto muy beneficioso para mejorará la estabilidad de almacenamiento a temperatura ambiente, principalmente disminuyendo la inhibición del pH, ralentizando el crecimiento de bacterias aerobias y las del ácido láctico, además de mantener las características de textura. El efecto bacteriostático del recubrimiento consiguió conservar por 6 días ante la muestra.
(Zhang, et al., 2018)	Efectos antioxidantes y antimicrobianos del recubrimiento comestible a base de quitosano y vinagre de bambú en chuletas de cerdo listas para cocinar	Inmersión	Polisacáridos	Chuletas de cerdo listas para cocinar.	El tratamiento fue eficaz para inhibir el crecimiento microbiano contra recuentos vitales totales, bacterias ácido lácticas, enterobacterias y pseudomonas spp. Los resultados de la evaluación sensorial indicaron que el tratamiento no tuvo ningún efecto adverso sobre los atributos sensoriales originales de las chuletas de cerdo y mejoro el olor, color y la aceptabilidad general de las mismas. Basado principalmente en datos microbiológicos y sensoriales el recubrimiento aplicado a las chuletas de cerdo almacenadas a 4 ± 1 °C por 12 días, mejoró la vida útil en 3 a 6 días, respectivamente.

Tabla 1 (continuación)

Autor	Tema	Técnica	Tipo de Biopelícula	Producto	Resultado
(Baltia, et al., 2020)	Recubrimientos comestibles a base de exopolisacáridos activos enriquecidos con extracto de algas rojas (<i>Gracilaria gracilis</i>) para mejorar la conservación del camarón durante el almacenamiento refrigerado	Inmersión	Exopolisacáridos activos	Camarón	<p>La aplicación del recubrimiento a base de exopolisacáridos activos enriquecidos con extracto de algas rojas en camarones para mejorar la conservación en almacenamiento demostró efectividad al extender la vida útil de los camarones, mantener todos los atributos sensoriales mientras conservaba los niveles de bacterias relativamente bajos. Generalmente, el recubrimiento en los camarones mejoró significativamente la dureza y el color, además, la evaluación sensorial mostro que los atributos sensoriales iniciales del camarón no se vieron afectados por el recubrimiento. Los resultados mostraron que la aplicación del recubrimiento condujo a una mejora de la calidad y una vida útil de 8 días, minimizando la tasa de crecimiento de varias bacterias</p>
(Zhang, et al., 2020)	Efecto del recubrimiento de quitosano-gelatina que contiene aceite esencial de estragón nanoencapsulado sobre la conservación de las lonchas de cerdo	Inmersión	Polisacáridos	Lonchas de cerdo	<p>El recubrimiento de quitosano por sí solo retraso eficazmente el deterioro de la calidad de las lonchas de cerdo al reducir los cambios de pH, inhibir la oxidación de lípidos y prevenir la proliferación microbiana durante el almacenamiento a 4 °C durante 16 días. La vida útil de las lonchas de cerdo se amplió de 8 a 12 días aplicando el recubrimiento de quitosano-gelatina con aceite esencial de estragón. La combinación de quitosano y gelatina mejoro el efecto de conservación del recubrimiento, mientras que la adición de aceites esenciales de estragón al recubrimiento de gelatina de quitosano mejoro aún más el efecto de conservación de los recubrimientos en lonchas de cerdo.</p>
(Abbaszadeh, et al., 2020)	Aplicación de un recubrimiento activo comestible a base de quitosano- nanoemulsión de aceite esencial <i>Ferulago angulata</i> para prolongar la vida útil de los filetes de trucha arcoíris almacenados a 4 °C	Inmersión	Polisacáridos	Filetes de trucha arcoíris	<p>Los resultados de este estudio mostraron que la nano emulsificación tiene potencial para mejorar las propiedades funcionales de la solución de recubrimiento, conjuntamente mejoró su actividad antioxidante y potencial antimicrobiano contra organismos de descomposición específicos en los peces (<i>Shewanella putrefaciens</i> y <i>Pseudomonas fluorescens</i>). La aplicación del recubrimiento retardo con éxito el crecimiento bacteriano en los filetes de trucha almacenados en refrigeración y en base a los resultados sensoriales, se sugiere una vida útil mínima de 16 días.</p>

Tabla 1 (continuación)

Autor	Tema	Técnica	Tipo de Biopelícula	Producto	Resultado
(Liang, et al., 2019)	Efecto del recubrimiento comestible de alginato de sodio y carboximetilcelulosa con galato de epigallocatequina sobre la calidad y la vida útil de la carne de cerdo fresca	Inmersión	Polisacáridos	Carne de cerdo fresca	<p>Los recubrimientos comestibles inhibieron significativamente el crecimiento de microorganismos y oxidación de lípidos durante el almacenamiento a 4 °C durante 7 días. Además de tener un efecto protector sobre el color de las muestras. Los resultados de la evaluación también mostraron que el tratamiento no tuvo efectos adversos sobre los atributos sensoriales de las muestras y mejoró el color, olor y la aceptación general de la carne de cerdo. Por lo tanto, los recubrimientos comestible de alginato de sodio y carboximetilcelulosa con galato de epigallocatequina podrían prolongar eficazmente la vida útil de la carne de cerdo fresca en relación con las muestras sin recubrimiento.</p>
(Fernández, et al., 2014)	Eficiencia antimicrobiana de recubrimientos comestibles en la preservación de filetes de pechuga de pollo	Inmersión	Proteína de suero	Filetes de pechuga de pollo	<p>Los recubrimiento comestible a base de aislado de proteína de suero y aceites esenciales de orégano, se aplicaron como una segunda piel en la pechuga de pollo y se encontró que eran estables homogéneos y continuos durante 13 días de almacenamiento refrigerado, capaces de controlar la liberación de los compuestos activos antimicrobianos en la superficie del alimento de tal manera que su efecto perduro durante todo el periodo de almacenamiento. Demostraron su eficiencia al duplicar el tiempo de almacenamiento de 6 a 13 días, manteniendo a la mayoría de los grupos microbiológicos por debajo de los límites recomendados para la distribución y consumo de pechuga de pollo.</p>
(Hashemi, et al., 2016)	Efecto del recubrimiento de alginato de sodio incorporado con nisina, Cinnamomum zeylanicum y aceites esenciales de romero en la calidad microbiana de la carne de pollo y el destino de <i>Listeria monocytogenes</i> durante la refrigeración	Inmersión	Polisacáridos	Carne de pollo	<p>El efecto resultante del estudio demuestra una reducción en la degradación de compuestos bioactivos y mantuvo la calidad nutricional, también el recubrimiento tuvo un efecto inhibitor sobre el crecimiento microbiano, mostro la capacidad de retrasar los cambios microbianos en base a los recuentos vitales totales y psicotrópicos, conjuntamente de extender la vida útil de la carne de pollo aproximadamente 6 días en comparación con la muestra control. Por lo tanto, con base en los resultados de este estudio, se recomienda la aplicación de soluciones de recubrimiento de alginato que contenga aceite esencial de romero, canela y nisina como conservantes naturales en productos cárnicos, especialmente en carnes de pollo.</p>

Tabla 1 (continuación)

Autor	Tema	Técnica	Tipo de Biopelícula	Producto	Resultado
(Mohamed, et al., 2017)	Mejora de la calidad sensorial, fisicoquímica y microbiológica de pastirma (producto cárnico curado en seco tradicional) con recubrimiento de quitosano	Inmersión	Polisacáridos	Pastirma	Los datos obtenidos en el tratamiento revelaron que el recubrimiento de quitosano resultó en una mejora en los atributos sensoriales con un efecto antioxidante distintivo y actividades antibacterianas pronunciadas, menor pérdida de humedad, efecto antioxidante pronunciado con valores de fuerza de corte más bajos en muestras recubiertas de quitosano almacenadas durante 2 semanas. Por tanto, se puede aplicar como alternativa al revestimiento tradicional en pastirma. La aplicación del recubrimiento de quitosano ayudará a los procesadores de carne a superar los problemas que surgen del recubrimiento tradicional con la producción de pastirma de alta calidad.
(Shariatifar, et al., 2018)	Efectos de los recubrimientos de quitosano que se incorporan con aceite esencial de planta Satureja libre o nano-encapsulado en características de calidad de la carne de cordero	Inmersión	Polisacáridos	Carne de cordero	Los resultados de los análisis microbiológicos y químicos indicaron que el recubrimiento de quitosano en la carne de cordero puede conducir a la retención de las características de buena calidad, la mejora de la seguridad microbiológica y la extensión de la vida útil durante el almacenamiento refrigerado en un periodo de 20 días a 4 °C. Todas las muestras recubiertas disminuyeron significativamente los recuentos microbianos en comparación con las muestras no recubiertas.
(Duran, et al., 2020)	El efecto del recubrimiento de quitosano y el envasado al vacío en las propiedades microbiológicas y químicas de la carne de vacuno	Inmersión	Polisacáridos	Carne de vacuno	Los resultados mostraron que el quitosano previno el aumento de bacterias aeróbicas mesofílicas totales y los recuentos de bacterias del ácido láctico. Además, el quitosano inhibió completamente el crecimiento de <i>Staphylococcus aureus</i> , extendiendo la vida útil de la carne de cordero durante el almacenamiento 4 ± 1 °C por 45 días. Se entiende que el envasado al vacío es más eficaz, pero dicho estudio determinó que el quitosano es más eficaz. En conclusión, el estudio proporcionó pruebas de las propiedades antimicrobianas y de barrera del quitosano.
(Fanga, et al., 2019)	Incorporación de nisina y extracto de semilla de uva en recubrimiento comestible de quitosano-gelatina y su efecto en el almacenamiento en frío de cerdo fresco	Inmersión	Polisacáridos	Carne de cerdo fresco	El recubrimiento de quitosano por sí solo extendió eficazmente la vida útil de la carne de cerdo al minimizar el cambio de pH, prevenir la oxidación de lípidos y proteínas e inhibir el crecimiento microbiano durante los 20 días de almacenamiento en frío a 4 °C. Estos efectos conservantes se mejoraron combinando quitosano con gelatina, posiblemente debido a la estructura compacta formada entre el quitosano y la gelatina. La incorporación de extracto de semilla de uva mostro mayor actividad

Tabla 1 (*continuación*)

(Wang, et al., 2020)	Efectos de los recubrimientos comestibles a base de nanoemulsión con mezcla compuesta de extracto de romero y -poli-l-lisina en la vida útil del pollo carbonado listo para comer	Inmersión	Polisacáridos	Pollo carbonado	<p>antioxidante contra la oxidación de proteínas y lípidos, también confería un mejor color, lo que puede atribuirse a los compuestos fenólicos de dicho extracto. Sin embargo, la incorporación de nisina no tuvo un efecto significativo.</p> <p>La microestructura del recubrimiento comestible a base de nanoemulsión mostró superficies lisas y homogéneas y una excelente integridad estructural sin poros. El recubrimiento a base de nanoemulsión podría inhibir eficazmente el aumento de recuentos bacterianos viables totales y los recuentos de moho y levadura, reducir la oxidación de lípidos y mantener la estabilidad del pH de las muestras. Los resultados muestran que la vida útil del pollo carbonado recubierto por la biopelícula a base de nano emulsión puede prolongarse significativamente durante al menos 6 días en comparación con la de la muestra sin recubrimiento.</p>
----------------------	---	-----------	---------------	-----------------	---

Elaborado por Taimal E., 2021

Tabla 2

Técnica Casting Empleada en la Aplicación de Biopelículas

Autor	Tema	Técnica	Tipo de Biopelícula	Producto	Resultado
(González, et al., 2016)	Control del crecimiento de listeria monocytogenes en salchichones cerveceros mediante la aplicación de biopelículas activas	Casting	Polisacáridos	Salchichones Cerveceros	Las biopelículas elaboradas a base de goma gelana conteniendo como extractos vegetales sábila, eucalipto y toronjil mostraron actividad antimicrobiana contra <i>L. monocytogenes</i> en las rodajas de salchichón cervecero, debido a que lograron disminuir el crecimiento de estas, después de 10 días de incubación en condiciones de refrigeración. Por consiguiente, es posible elaborar una biopelícula activa antimicrobiana eficiente <i>L. monocytogenes</i> con el fin de mejorar la seguridad alimentaria y la vida útil de productos cárnicos.
(Cuello, et al., 2015)	Obtención de Biopelículas Binarias Activas y su Efecto en la Vida Útil Microbiológica del Camarón Blanco (<i>Penaeus vannamei</i>)	Casting	Polisacáridos	Camarón Blanco	Es posible obtener biopelículas activas a base de almidón de maíz y alginato utilizando como componente natural antimicrobiano el extracto acuoso de toronjil. La presencia de las biopelículas activas logra aumentar el tiempo de duplicación de las bacterias mesófilas aerobias que crecen en el camarón blanco, lo cual conlleva a incrementar el tiempo de vida útil microbiológica prolongándose por 17 días a 4°C en comparación con los camarones que no fueron recubiertos.

Elaborado por Taimal E., 2021

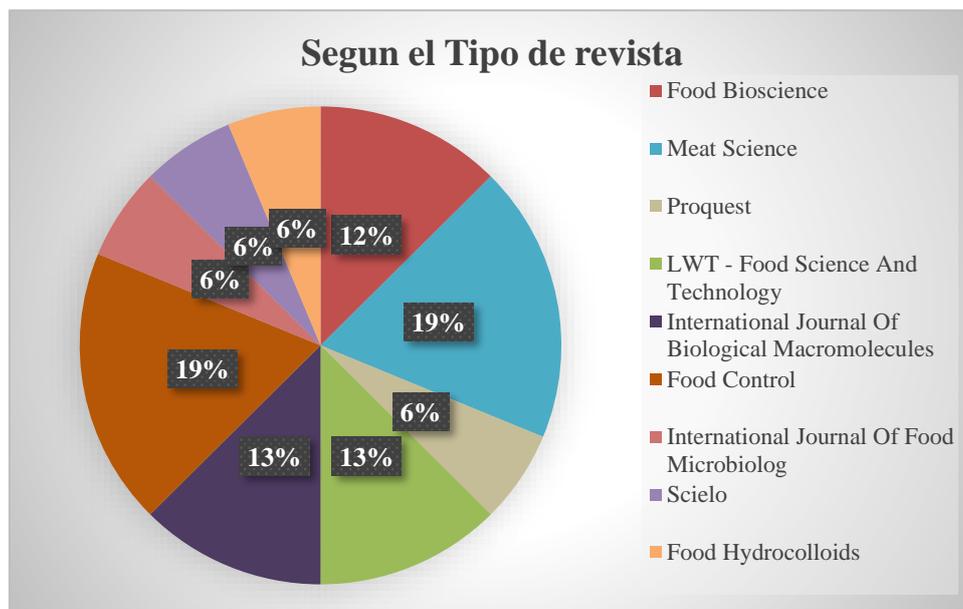
4.1.2. Análisis estadístico descriptivo de la tabla de resultados

Como se evidencia en las tablas 1 y 2, las investigaciones se seleccionaron siguiendo los criterios de inclusión detallada en la metodología, se eligieron 16 manuscritos obtenidos de las diferentes bases de datos disponibles en la web, para poder evidenciar de manera organizada los manuscritos se desarrolló una estadística descriptiva utilizando un gráfico circular, valorando el tipo de revista de más impacto en la investigación, el país de procedencia más relevante en el que se hayan realizado los estudios, el idioma más utilizado, el rango de años y el año en el cual más información fue publicada y finalmente y lo más importante cuales fueron los tipos de biopelículas más utilizadas por los autores de los artículos y la técnica que más emplearon en la aplicación de biopelículas en alimentos de origen animal.

4.1.2.1. Según el tipo de revista

Figura 2

Nombre de la Revista



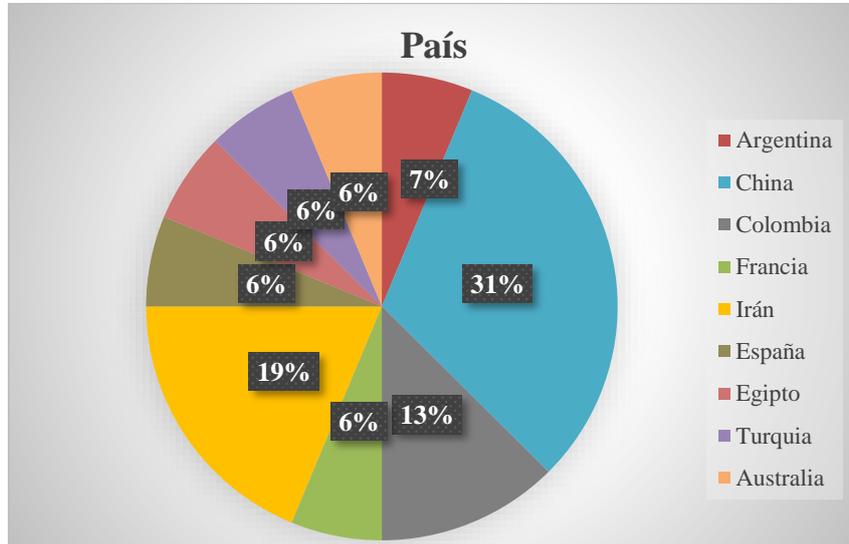
Elaborado por Taimal E., 2021

De un total de 16 artículos científicos analizados el 19% fueron encontrados en las revistas Meat Science y Food Control, el 13% de LWT – Food Science and Technology e International Journal of Biological Macromolecules, el 12% en Food Bioscience, el 6% tanto en International Journal of Food Microbiolog, Scielo y Food Hydrocolloids respectivamente.

4.1.2.2.País

Figura 3

País



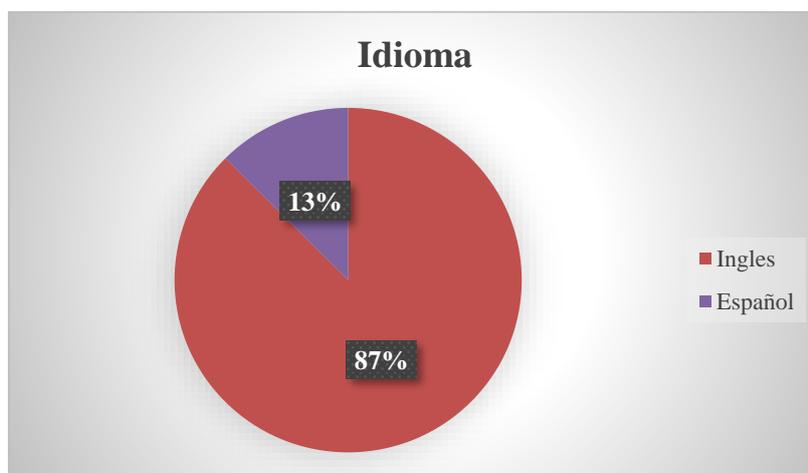
Elaborado por Taimal E., 2021

De un total de 16 artículos científicos analizados por países el 31% corresponde a China, 19% Irán, 13% Colombia, 7% Argentina y el 6% a España, Egipto, Turquía y Australia respectivamente.

4.1.2.3.Idioma

Figura 4

Idioma



Elaborado por Taimal E., 2021

De un total de 16 artículos científicos analizados el 87% fueron en idioma Inglés, mientras que el 13% fueron artículos en idioma Español respectivamente.

4.1.2.4. Año de publicación de los artículos

Figura 5

Año de Publicación de los Artículos



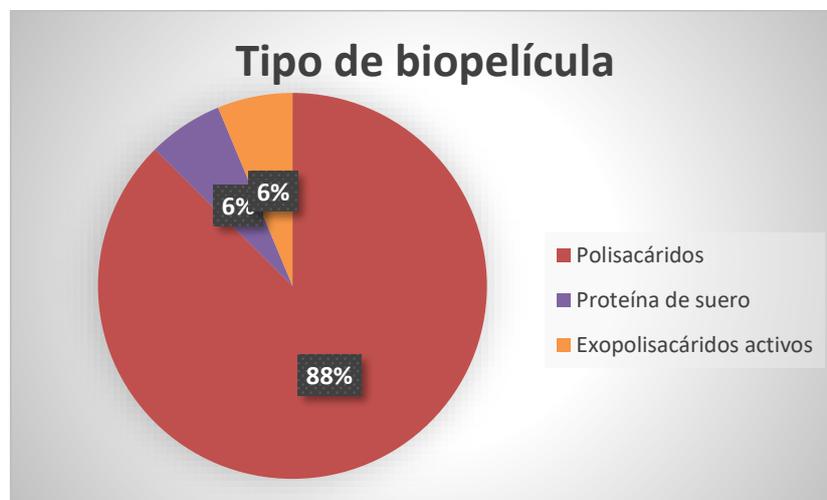
Elaborado por Taimal E., 2021

De un total de 16 artículos científicos analizados el 38% fueron publicados en el año 2020, 19% en el año 2019, 13% en el año 2018, 12% en el año 2016, y el 6% de los artículos restantes pertenecen a los años 2017, 2015 y 2013 respectivamente.

4.1.2.5. Tipo de biopelícula

Figura 6

Tipo de Biopelícula



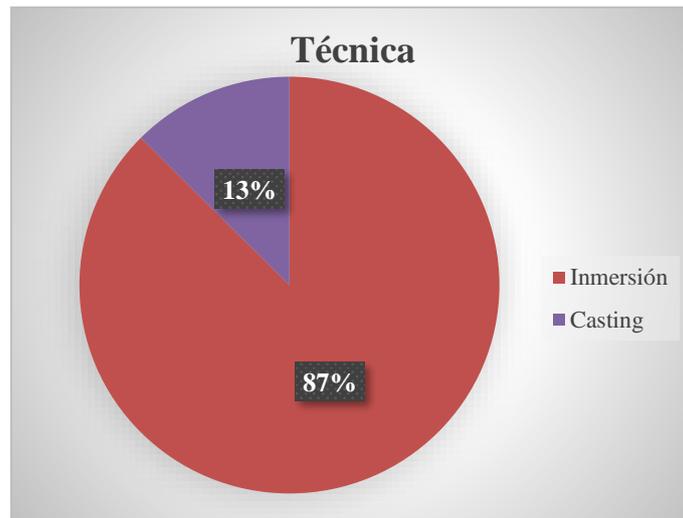
Elaborado por Taimal E., 2021

De un total de 16 artículos científicos analizados el 88% de biopelículas fueron elaboradas a partir de polisacáridos y el 6 % biopelículas de exopolisacáridos activos y proteína de suero respectivamente.

4.1.2.6. Técnica

Figura 7

Técnica utilizada en la Aplicación de Biopelículas



Elaborado por Taimal E., 2021

De un total de 16 artículos científicos analizados el 87% aplicaron la técnica de inmersión y el 13% restante corresponde a la técnica de casting respectivamente.

4.1.3. Resultados de la matriz comparativa de las técnicas más utilizadas en la aplicación de biopelículas.

Tabla 3
Matriz Comparativa

Técnica	Desventajas	Ventajas	Tipo de biopelícula Aplicada	Resultado
Inmersión	<p>Suele proporcionar una capa gruesa que puede presentar dificultades de respiración y almacenamiento de los productos alimenticios.</p> <p>Al momento de aplicar esta técnica surgen varios problemas como la acumulación de residuos o suciedad y el desarrollo de microbios en la tina de inmersión.</p> <p>El inconveniente principal de esta técnica es la dilución de la capa externa y grado de su funcionalidad es decir después de la inmersión la biopelícula podría desprenderse.</p>	<p>Cubre en su totalidad la superficie del alimento, asegurando una buena uniformidad.</p> <p>Es una técnica fácilmente de usar.</p> <p>Es el principal método de aplicación de biopelículas a nivel de laboratorios.</p> <p>Son utilizadas como método de conservación.</p>	<p>Esta técnica es principalmente utilizada para la aplicación como recubrimientos comestibles y generalmente es usada para elaborar biopelículas a base de polisacáridos y proteínas.</p>	<p>Su eficiencia máxima se remonta a extender la vida útil de un determinado producto de 5 - 10 días.</p> <p>Esta técnica es efectiva porque al ponerlo en contacto con el producto cubre completamente la superficie, además de asegurar una buena uniformidad.</p> <p>Ha demostrado ser menos eficaz en aplicaciones directas de agentes antimicrobianos sobre la superficie del alimento ya que la inactivación es causada por la lixiviación en el alimento, la actividad enzimática y la reacción con constituyentes alimentarios adicionales.</p>
Casting	<p>Restringen las formas, generalmente son laminas y tubos simples.</p> <p>Posible atrapamiento potencial de solvente toxico dentro del polímero.</p> <p>Desnaturalización de proteínas y otras moléculas que se introducen en los polímeros mediante el uso de disolventes.</p> <p>Requiere un tiempo de secado prolongado que no es factible para producción comercial.</p> <p>Diferentes niveles de evaporación y temperatura pueden generar películas con diferentes características.</p>	<p>Pueden sustituir a los empaques plásticos.</p> <p>Es fácil de fabricar, no necesita de un equipo especializado de alto costo.</p> <p>Es un procedimiento húmedo que permite una mejor interacción partícula por partícula haciendo que el empaque de partículas sea más homogéneo, generando pequeños y menos defectos.</p>	<p>Esta técnica es especialmente utilizada para la aplicación como películas comestibles, en su mayoría con biopelículas elaboradas a base de polisacáridos.</p>	<p>Al elaborar biopelículas con esta técnica, el uso de plastificantes y una matriz cohesiva para la formación ayudan a que esta biopelícula sea fácilmente plegable con una excelente resistencia mecánica, estabilidad térmica y microestructura uniforme.</p> <p>Posee características especiales como pureza superior óptica, sin manchas, transparencia excepcional, excelente planitud y orientación isotrópica.</p> <p>Su uso es potencial a para el control de pérdidas postcosecha y descomposición por contaminación microbiana.</p>

Elaborado por Taimal E., 2021

Tabla 4*Conservación de Carne de Cerdo Mediante uso de Biopelículas*

Tema	Tipo de biopelícula	Producto	Técnica	Resultados	Tiempo de conservación
Efectos antioxidantes y antimicrobianos del recubrimiento comestible a base de quitosano y vinagre de bambú en chuletas de cerdo listas para cocinar	Polisacáridos	Chuletas de cerdo listas para cocinar.	Inmersión	El tratamiento fue eficaz para inhibir el crecimiento microbiano contra recuentos vitales totales, bacterias ácido lácticas, enterobacterias y pseudomonas spp. Los resultados de la evaluación sensorial indicaron que el tratamiento no tuvo ningún efecto adverso sobre los atributos sensoriales originales de las chuletas de cerdo y mejoró el olor, color y la aceptabilidad general de las mismas. Basado principalmente en datos microbiológicos y sensoriales el recubrimiento aplicado a las chuletas de cerdo almacenadas a 4 ± 1 °C por 12 días, mejoró la vida útil en 3 a 6 días, respectivamente.	3 - 6 días a 4 ± 1 °C
Efecto del recubrimiento de quitosano-gelatina que contiene aceite esencial de estragón nanoencapsulado sobre la conservación de las lonchas de cerdo	Polisacáridos	Lonchas de cerdo	Inmersión	El recubrimiento de quitosano por sí solo retrasó eficazmente el deterioro de la calidad de las lonchas de cerdo al reducir los cambios de pH, inhibir la oxidación de lípidos y prevenir la proliferación microbiana durante el almacenamiento a 4 °C durante 16 días. La vida útil de las lonchas de cerdo se amplió de 8 a 12 días aplicando el recubrimiento de quitosano-gelatina con aceite esencial de estragón. La combinación de quitosano y gelatina mejoró el efecto de conservación del recubrimiento, mientras que la adición de aceites esenciales de estragón al recubrimiento de gelatina de quitosano mejoró aún más el efecto de conservación de los recubrimientos en lonchas de cerdo.	8 - 12 días a 4 °C
Efecto del recubrimiento comestible de alginato de sodio y carboximetilcelulosa con galato de epigallocatequina sobre la calidad y la vida útil de la carne de cerdo fresca	Polisacáridos	Carne de cerdo fresca	Inmersión	Los recubrimientos comestibles inhibieron significativamente el crecimiento de microorganismos y oxidación de lípidos durante el almacenamiento a 4 °C durante 7 días. Además de tener un efecto protector sobre el color de las muestras. Los resultados de la evaluación también mostraron que el tratamiento no tuvo efectos adversos sobre los atributos sensoriales de las muestras y mejoró el color, olor y la aceptación general de la carne de cerdo. Por lo tanto, los recubrimientos comestible de alginato de sodio y carboximetilcelulosa con galato de epigallocatequina podrían prolongar eficazmente la vida útil de la carne de cerdo fresca en relación con las muestras sin recubrimiento.	7 días a 4 °C

Tabla 4 (continuación)

Tema	Tipo de biopelícula	Producto	Técnica	Resultados	Tiempo de conservación
Incorporación de nisina y extracto de semilla de uva en recubrimiento comestible de quitosano-gelatina y su efecto en el almacenamiento en frío de cerdo fresco	Polisacáridos	Carne de cerdo fresco	Inmersión	El recubrimiento de quitosano por sí solo extendió eficazmente la vida útil de la carne de cerdo al minimizar el cambio de pH, prevenir la oxidación de lípidos y proteínas e inhibir el crecimiento microbiano durante los 20 días de almacenamiento en frío a 4 ° C. Estos efectos conservantes se mejoraron combinando quitosano con gelatina, posiblemente debido a la estructura compacta formada entre el quitosano y la gelatina. La incorporación de extracto de semilla de uva mostro mayor actividad antioxidante contra la oxidación de proteínas y lípidos, también confería un mejor color, lo que puede atribuirse a los compuestos fenólicos de dicho extracto. Sin embargo, la incorporación de nisina no tuvo un efecto significativo.	20 días a 4 °C

Elaborado por Taimal E., 2021

4.2. Discusiones

La seguridad y calidad de los alimentos de origen animal es una de las principales preocupaciones de los consumidores en el mercado alimentario actual. Esta revisión investigó las técnicas más empleadas en la aplicación de biopelículas para la conservación de alimentos de origen animal, resultando lo evidenciado en las tablas 1 y 2, con un total de 16 artículos de los cuales 14 aplican la técnica de inmersión siendo esta la más utilizada por los autores, es considerada la principal técnica de aplicación de biopelículas a nivel de laboratorios. Los resultados también demuestran que la efectividad de usar biopelículas en alimentos de origen animal mejora mediante el uso de compuestos activos como extractos de plantas, aceites esenciales y fuentes de antioxidantes que pueden aumentar la vida útil, mantener el sabor, protegiendo contra la rancidez oxidativa, la degradación y la decoloración, además el usar biopelículas elaborados a base de polisacáridos actúan como barrera al oxígeno, para reducir la tasa de respiración de productos frescos como la carne, previniendo la oxidación de lípidos y colorantes en los productos.

Debido a la importancia del crecimiento microbiano en la degradación de la calidad de los alimentos de origen animal, agregar o mejorar la actividad antimicrobiana con la aplicación de biopelículas es una de las mejores estrategias para mejorar la vida útil de los alimentos. Baltia et al., (2020) han demostrado que biopelículas a base de exopolisacáridos activos enriquecidos con extracto de algas rojas inhibió la peroxidación lipídica, descomposición de proteínas y proliferación bacteriana de camarones durante el almacenamiento en refrigeración, del mismo modo (Sajad et al., 2020) al aplicar una biopelícula activa comestible a base de quitosano en filetes de trucha arcoíris mejoró la actividad antioxidante y potencial antibacteriano contra dos organismos de descomposición específicos de los peces. En base a los resultados sensoriales, se podría sugerir la vida útil mínima de 16 días para muestras recubiertas con dichas biopelículas.

Según Cuello et al., (2015) al obtener biopelículas binarias activas determino que es posible obtener biopelículas activas a base de almidón de maíz y alginato utilizando como componente natural antimicrobiano el extracto acuoso de toronjil. La presencia de las biopelículas activas logra aumentar el tiempo de duplicación de las bacterias mesófilas aerobias que crecen en el camarón blanco, lo cual conlleva a incrementar el tiempo de vida útil microbiológica en comparación con los camarones que no fueron recubiertos.

De acuerdo con el análisis estadístico realizado se puede afirmar que si bien en el campo de las biopelículas, se ha generado una amplia investigación en China, Irán y Francia, existe un gran vacío en investigaciones realizadas a nivel país, e incluso en países aledaños, no obstante

existe evidencia de artículos recientes publicados en Colombia y Argentina que han argumentado cierta información a la utilización de biopelículas en alimentos de origen animal, lo que abre campo para la investigación en la temática que dé lugar a generar literatura que sea la más eficiente y oportuna para facilitar la toma de decisiones frente a una posible puesta en práctica de aplicación de las biopelículas en alimentos autóctonos del Ecuador que sean originarios de los animales.

Al comparar las técnicas que se utilizan en la aplicación de biopelículas como se evidencia en la tabla 3, los resultados revelaron que la técnica más empleada es la de inmersión, en su mayoría con biopelículas elaboradas a base de polisacáridos. Esto podría deberse a que esta técnica es fácil de usar y principalmente porque al ponerlo en contacto con el producto cubre completamente la superficie, además de asegurar una buena uniformidad, garantizando así un cubrimiento eficiente para la conservación de los alimentos.

De los 16 artículos científicos seleccionados, existen 4 de ellos que tienen un producto en común, que es la carne de cerdo, partiendo de ello se pudo identificar la biopelícula con capacidad de alargar la vida útil, ya que cuentan con características afines por ser procedentes del cerdo y particularmente estar en las mismas condiciones. Como se evidencia en la tabla 4, la biopelícula que logro conservar el alimento de origen animal (carne de cerdo) por mayor tiempo es la que incorporo nisina y extracto de semilla de uva en una biopelícula de quitosano y gelatina, la cual prolongo la vida útil significativamente durante 20 días en comparación con la muestra control. El extracto de la semilla de uva y la nisina desempeña un papel importante en la biopelícula por su capacidad antimicrobiana y actividad antioxidante debido a sus altos niveles de contenido fenólicos que otorgó color más rojo y amarillento a la carne; y la nisina por ser una bacteriocina producida por *Lactococcus lactis* utilizado en la industria alimentaria por su capacidad de inhibir varias bacterias Gram positivas, como las bacterias del ácido láctico, que es una de las principales causas del deterioro de la carne durante el almacenamiento en frío. La biopelícula extendió efectivamente la vida de la carne de cerdo al minimizar el cambio de pH, previniendo la oxidación de lípidos y proteínas e inhibiendo el crecimiento microbiano durante los 20 días de almacenamiento en frío a 4°C. Su producción a gran escala generaría un gran impacto en cuanto a conservación de alimentos de origen animal se refiere.

Por tal motivo, la utilización de biopelículas a base de materiales poliméricos se considera como una técnica para incrementar la vida útil de productos alimenticios además de ser una alternativa al uso tradicional de materiales termoplásticos para el envasado de alimentos. También se presenta como una opción para la industria; mediante el aprovechamiento de los residuos obtenidos por los procesos industriales; por ejemplo en agroindustrias se puede

aprovechar el bagazo, las cascaras de frutas, para la obtención de pectina; en la industria cárnica y acuícolas se puede utilizar las plumas de las aves para obtener la queratina, el tejido conectivo (huesos, cartílagos) para obtener el colágeno, el caparazón de crustáceos para obtener el quitosano, entre otros; los cuales se pueden emplear en la elaboración de biopelículas.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La revisión bibliográfica arrojó como resultados que las técnicas empleadas en la aplicación de biopelículas son inmersión y casting para la conservación de alimentos de origen animal a partir de matrices poliméricas naturales. De un total de 16 artículos científicos seleccionados 14 aplicaron la técnica de inmersión y solo 2 de ellos aplicaron la técnica casting.
- La matriz de comparación especifica las ventajas y desventajas de las técnicas más empleadas en la aplicación de biopelículas las cuales son inmersión y casting, en su mayoría son elaboradas a base de polisacáridos.
- La biopelícula con capacidad de conservar por mayor tiempo la carne de cerdo fue la que incorporó nisina y extracto de semilla de uva elaborado a partir de quitosano y gelatina, la cual prolongo la vida útil significativamente durante 20 días a 4 °C, empleando la técnica de inmersión. El recubrimiento de quitosano por sí solo extendió eficazmente la vida útil de la carne de cerdo al minimizar el cambio de pH, previniendo la oxidación de lípidos y proteínas e inhibiendo el crecimiento microbiano.

5.2. Recomendaciones

- Realizar una investigación experimental para analizar el efecto que produce las biopelículas en los alimentos de origen animal.
- Plantear un proceso estandarizado para la elaboración de biopelículas con la técnica de inmersión para alimentos de origen animal.
- Incentivar el uso de polisacáridos desechados por las industrias para la elaboración de biopelículas como sustituto del plástico con el fin de ayudar al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancos, B., González, D., Colina, C., & Sánchez, C. (2015). USO DE PELÍCULAS/RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN LOS PRODUCTOS DE IV y V GAMA. . *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 8-17.
- Andrade, R., & Skurtys, O. (2012). Atomizing Spray Systems for Application of Edible Coatings. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 323-337.
- Arana, L. S. (2018). *Repositorio Universidad César Vallejo*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35632/arana_ll.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Baltia, R., Mansour, M. B., Zayouda, N., Balc'h, R. L., Brodub, N., Arhaliass, A., & Massé, A. (2020). Active exopolysaccharides based edible coatings enriched with red seaweed (*Gracilaria gracilis*) extract to improve shrimp preservation during refrigerated storage. *Food Bioscience*, 2-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100522>
- Buisman, A., & E, M. (2019). Discounting and dynamic shelf life to reduce fresh food waste at retailers. *International Journal of Production Economics* 209, 274-284. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.07.016>
- Chambi, H. (2012). Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-polysaccharide-based films. *Eur. Food Res. Technol*, 63–69.
- CPMA. (2014). Fresh fruits for industry: protective coating. *Canadian Produce Marketing Association*.
- Cuello, R. G., Bravo, J. C., & Pérez, Y. C. (2015). Obtención de Biopelículas Binarias Activas y su Efecto en la Vida Útil Microbiológica del Camarón Blanco (*Penaeus vannamei*). *Scielo*, 2-6. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000500002>
- Dehghani, E., & Samira, A. (2017). Edible films and coatings in seafood preservation: A review. *Food Chemistry*, 6-20.
- Doblado, S., & Luz, G. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 1-3.
- Duran, A., & Kahve, H. I. (2020). The effect of chitosan coating and vacuum packaging on the microbiological and chemical properties of beef. *Meat Science*, 2-5. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.10796>

- Fanga, Z., Chen, M., Warner, R. D., & Xionga, Y. (2019). Incorporating nisin and grape seed extract in chitosan-gelatine edible coating and its effect on cold storage of fresh pork. *Food Control*, 6-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107018>
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández, D., Ocampo, A., García, A., & Rodríguez, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles una alternativa favorable en la conservación. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 52-56.
- Fernández, I., Granda, X. C., & Maté, J. I. (2014). Antimicrobial efficiency of edible coatings on the preservation of chicken breast fillets. *Food Control*, 70-75. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.07.032>
- Fitch, P., & Vargas, R. (2016). Physicochemical and microstructural characterization of corn starch edible films obtained by a combination of extrusion technology and casting technique. *Journal of Food Science*, 81.
- González, R., Morón, L., & Taron, A. (2016). Control del crecimiento de listeria monocytogenes en salchichones cervenceros mediante la aplicación de biopelículas activas. *ProQuest*, 181-183. Obtenido de <https://search.proquest.com/openview/22c7a93e828c8d1d73fe0c8aa8d930a6/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1806352>
- González, A. A. (Noviembre de 2017). *Repositorio Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42755/Aguilar%20Gonz%C3%A1lez%20Alfredo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hashemi, M., Raeisi, M., Tabaraei, A., & N. B. (2016). Effect of sodium alginate coating incorporated with nisin, Cinnamomum zeylanicum, and rosemary essential oils on microbial quality of chicken meat and fate of listeria monocytogenes during refrigeration. *International Journal of Food Microbiology*, 4-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.08.042>
- Hassan, B. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *Int. J. Biol. Macromol*, 1095–1107.
- Heras, C. L., & Gonzales, J. L. (2016). *Control de la conservacion de los alimentos para el consumo y distribucion comercial*. Madrid: Paraninfo. Obtenido de

https://books.google.com.ec/books?id=Z7bgDQAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- Huber, K. C., & Embuscado, M. (2009). Edible Films and Coatings for Food Applications. *Springer Dordrecht Heidelberg London New York.*, 1-391.
- Jagus, R. J., Bertia, S., Ollé, C., Basanta, F., & Gerschenson, L. N. (2019). Edible coatings on Gouda cheese as a barrier against external contamination during ripening. *Food Bioscience*, 2-7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100447>
- Kumar, N., & Neeraj. (2019). Polysaccharide-based component and their relevance in edible film/coating: a review. *Nutrition & Food Science*, 793-823.
- Kumar, N., Suhag, R., Upadhyay, A., & Petkoska, A. T. (2020). Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International*, 13-18. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>
- Mohamed, H. M., Abdallah, M. R., Mohmaed, M. A., & M.T., M. (2017). Improving the sensory, physicochemical and microbiological quality of pastirma traditional dry cured meat product) using chitosan coating. *LWT - Food Science and Technology*, 5-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.006>
- Mohamed, S. A., El-Sakhawy, M., Abdel, M., & El-Sakhawy, M. (2020). Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review. *Carbohydrate Polymers*, 2-24. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178>
- Navia, C., & Villada, R. (2013). Impacto de la investigación en empaques biodegradables en ciencia, tecnología e innovación. *Bioteconología en el Sector Agropecuario Y Agroindustria*, 173-180.
- Paramasivam, N. (2017). Recent advances in biofilmology and antibiofilm measures. *BioMed Research International*, 1-3. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/5409325>.
- Parreidt, T. (2018). Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications. *Foods*, 7(10), 1–38.
- Parzanese, M. (2013). *Alimentos Argentinos – MinAgri*. Obtenido de http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_07_PelículaComestible.pdf

- Raghav, K. (2016). Edible Coating of Fruits and Vegetables. *International J. Sci. Mod. Educ*, 188–204.
- Ramos, E. M., Cardoso, G. P., Dutra, M. P., Fontes, P. R., Ramos, A. d., & Gomide, L. A. (2015). Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. *Meat Science*, 86 - 96. doi: [https://doi.org/10.1016 / j.meatsci.2015.12.012](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.012)
- Ruan, C., Liang, J., Zhang, Y., Sun, Y., Gao, X., & Xiong, G. (2019). Effect of sodium alginate and carboxymethyl cellulose edible coating with epigallocatechin gallate on quality and shelf life of fresh pork. *International Journal of Biological Macromolecules*, 179-183. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.247>
- Sajad, S., Abbaszadeh, S., Parastouei, K., & Taghdir, M. (2020). Application an edible active coating based on chitosan- *Ferulago angulata* essential oil nanoemulsion to shelf life extension of Rainbow trout fillets stored at 4 °C. *International Journal of Biological Macromolecules*, 847-853. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.080>
- Shariatifar, N., Pabast, M., & Beikzadeh, S. (2018). Effects of chitosan coatings incorporating with free or nano-encapsulated Satureja plant essential oil on quality characteristics of lamb meat. *Food Control*, 6-23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.03.047>
- Sharma, S. (2015). Xanthan gum based edible coating enriched with cinnamic acid prevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut pears. *LWT-Food Science and Technology*, 791-800.
- Silva, C., & Weiss, A. (2013). Natural Additives in Bioactive Edible Films and Coatings: Functionality and Applications in Foods. *Food Engineering Reviews*, 200-216.
- Umarawa, P., Munekatab, P. E., Vermaa, A. K., Barbac, F. J., Kumard, P., & Lorenzob, J. M. (2020). Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. *Trends in Food Science & Technology*, 10 - 24. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.032>
- Valencia, S., & Torres Morales, J. (2016). *Redalyc.org*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81349041004.pdf>
- Wang, H., Huang, M., & Xu, X. (2020). Effects of nanoemulsion-based edible coatings with composite mixture of rosemary extract and ϵ -poly-L-lysine on the shelf life of ready-to-

eat carbonado chicken. *Food Hydrocolloids*, 2-8.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105576>

Wong, Y., & C, Y. (2014). Extraction of essential oil from Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*). *Oriental Journal of Chemistry*, 30, 37-47.

Xia, X., Dong, C., Wang, B., Li, F., Zhong, Q., & Kong, B. (2020). Effects of edible chitosan coating on Harbin red sausage storage stability at room temperature. *Meat Science*, 2-8.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107919>

Zhang, H., He, P., Kang, H., & Li, X. (2018). Antioxidant and antimicrobial effects of edible coating based on chitosan and bamboo vinegar in ready to cook pork chops. *LWT - Food Science and Technology*, 5-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.005>

Zhang, H., Liang, Y., Li, X., & Kang, H. (2020). Effect of chitosan-gelatin coating containing nano-encapsulated tarragon essential oil on the preservation of pork slices. *Meat Science*, 2-6. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108137>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 5

Técnicas Empleadas en la Aplicación de Biopelículas

Item	Título	Nombre de la Revista	País	Idioma	Año	Aplicación	Tipo de biopelícula	Técnica
1	Recubrimientos comestibles sobre queso Gouda como barrera contra la contaminación externa durante la maduración.	Food Bioscience	Argentina	Ingles	2019	Queso Gouda sin madurar	Almidón	Inmersión
2	Efectos del recubrimiento de quitosano comestible sobre la estabilidad de almacenamiento de la salchicha roja Harbin a temperatura ambiente	Meat Science	China	Ingles	2019	Salchicha roja de Harbin	Polisacáridos	Inmersión
3	Control del crecimiento de listeria monocytogenes en salchichones cerveceros mediante la aplicación de biopelículas activas	Proquest	Colombia	Español	2016	Salchichones Cerveceros	Polisacáridos	Casting
4	Efectos antioxidantes y antimicrobianos del recubrimiento comestible a base de quitosano y vinagre de bambú en chuletas de cerdo listas para cocinar	LWT - Food Science And Technology	China	Ingles	2018	Chuletas de cerdo listas para cocinar.	Polisacáridos	Inmersión
5	Efecto del recubrimiento de quitosano-gelatina que contiene aceite esencial de estragón nanoencapsulado sobre la conservación de las lonchas de cerdo	Meat Science	China	Ingles	2020	lonchas de cerdo	Polisacáridos	Inmersión
6	Recubrimientos comestibles a base de exopolisacáridos activos enriquecidos con extracto de algas rojas (Gracilaria gracilis) para	Food Bioscience	Francia	Ingles	2020	camarón	Exopolisacáridos activos	Inmersión

	mejorar la conservación del camarón durante el almacenamiento refrigerado							
7	Aplicación de un recubrimiento activo comestible a base de quitosano- nanoemulsión de aceite esencial <i>Ferulago angulata</i> para prolongar la vida útil de los filetes de trucha arcoíris almacenados a 4 ° C	International Journal Of Biological Macromolecules	Irán	Ingles	2020	filetes de trucha arcoíris	Polisacáridos	Inmersión
8	Efecto del recubrimiento comestible de alginato de sodio y carboximetilcelulosa con galato de epigalocatequina sobre la calidad y la vida útil de la carne de cerdo fresca	International Journal Of Biological Macromolecules	China	Ingles	2019	carne de cerdo fresca	Polisacáridos	Inmersión
9	Eficiencia antimicrobiana de recubrimientos comestibles en la preservación de filetes de pechuga de pollo	Food Control	España	Ingles	2013	filetes de pechuga de pollo	Proteína de suero	Inmersión
10	Efecto del recubrimiento de alginato de sodio incorporado con nisina, <i>Cinnamomum zeylanicum</i> y aceites esenciales de romero en la calidad microbiana de la carne de pollo y el destino de <i>Listeria monocytogenes</i> durante la refrigeración	International Journal Of Food Microbiolog	Irán	Ingles	2016	Carne de pollo	Polisacáridos	Inmersión
11	Obtención de Biopelículas Binarias Activas y su Efecto en la Vida Útil Microbiológica del Camarón Blanco (<i>Penaeus vannamei</i>)	SciELO	Colombia	Español	2015	Camarón Blanco	Polisacáridos	Casting
12	Mejora de la calidad sensorial, fisicoquímica y microbiológica de pastirma (A producto cárnico curado en seco tradicional) con recubrimiento de quitosano	LWT - Food Science and Technology	Egipto	Ingles	2017	Pastirma	Polisacáridos	Inmersión
13	Efectos de los recubrimientos de quitosano que se incorporan con aceite esencial de planta <i>Satureja</i> libre o nano-encapsulado en características de calidad de la carne de cordero	Food Control	Irán	Ingles	2018	Carne de cordero	Polisacáridos	Inmersión

14	El efecto del recubrimiento de quitosano y el envasado al vacío en las propiedades microbiológicas y químicas de la carne de vacuno	Meat Science	Turquia	Ingles	2020	Carne de vacuno	Polisacáridos	Inmersión
15	Incorporación de nisina y extracto de semilla de uva en recubrimiento comestible de quitosano-gelatina y su efecto en el almacenamiento en frío de cerdo fresco	Food Control	Australia	Ingles	2020	Carne de cerdo fresco	Polisacáridos	Inmersión
16	Efectos de los recubrimientos comestibles a base de nanoemulsión con mezcla compuesta de extracto de romero y -poli-l-lisina en la vida útil del pollo carbonado listo para comer	Food Hydrocolloids	China	Ingles	2020	Pollo carbonado	Polisacáridos	Inmersión

Anexo 2

Tabla 6

Artículos Evaluados Bajo una Revisión de Manuscrito y Aplicación de Criterios de Inclusión

N°	Artículos evaluados bajo una revisión de manuscrito y aplicación de criterios de inclusión	Cumplimiento Metodología PRISMA
1	Recubrimientos comestibles sobre queso Gouda como barrera contra la contaminación externa durante la maduración.	SI CUMPLE
2	Efectos del recubrimiento de quitosano comestible sobre la estabilidad de almacenamiento de la salchicha roja Harbin a temperatura ambiente	SI CUMPLE
3	Control del crecimiento de listeria monocytogenes en salchichones cerveceros mediante la aplicación de biopelículas activas	SI CUMPLE
4	Caracterización del recubrimiento activo comestible basado en alginato–aceite de tomillo–ácido propionico para la preservación de filetes de pechuga de pollo fresco.	NO CUMPLE
5	Efectos antioxidantes y antimicrobianos del recubrimiento comestible a base de quitosano y vinagre de bambú en chuletas de cerdo listas para cocinar	SI CUMPLE
6	Efecto del recubrimiento de quitosano-gelatina que contiene aceite esencial de estragón nanoencapsulado sobre la conservación de las lonchas de cerdo	SI CUMPLE
7	Recubrimientos comestibles a base de exopolisacáridos activos enriquecidos con extracto de algas rojas (Gracilaria gracilis) para mejorar la conservación del camarón durante el almacenamiento refrigerado	SI CUMPLE
8	Recubrimiento comestible enriquecido con extractos de romero para mejorar la estabilidad oxidativa y microbiana de los filetes de anguila ahumada.	NO CUMPLE
9	Efectos de recubrimientos comestibles a base de nanoemulsión con mezcla compuesta de extracto de romero y ϵ -poli-l-lisina en la vida útil del pollo carbonado listo para comer	NO CUMPLE
10	Aplicación de un recubrimiento activo comestible a base de quitosano- nanoemulsión de aceite esencial Ferulago angulata para prolongar la vida útil de los filetes de trucha arcoíris almacenados a 4 ° C	SI CUMPLE
11	Películas y recubrimientos comestibles para la inactivación de Listeria innocua en carne de pavo delicatessen listas para comer.	NO CUMPLE
12	Efecto del recubrimiento comestible de alginato de sodio y carboximetilcelulosa con galato de epigalocatequina sobre la calidad y la vida útil de la carne de cerdo fresca	SI CUMPLE
13	Eficiencia antimicrobiana de recubrimientos comestibles en la preservación de filetes de pechuga de pollo	SI CUMPLE

14	Efecto del recubrimiento de alginato de sodio incorporado con nisina, Cinnamomum zeylanicum y aceites esenciales de romero en la calidad microbiana de la carne de pollo y el destino de <i>Listeria monocytogenes</i> durante la refrigeración	SI CUMPLE
15	Obtención de Biopelículas Binarias Activas y su Efecto en la Vida Útil Microbiológica del Camarón Blanco (<i>Penaeus vannamei</i>)	SI CUMPLE
16	Mejora de la calidad sensorial, fisicoquímica y microbiológica de pastirma (A producto cárnico curado en seco tradicional) con recubrimiento de quitosano	SI CUMPLE
17	Efecto del recubrimiento comestible de pectina cargada con nanoemulsión de aceite de orégano y resveratrol sobre la conservación del lomo de cerdo en envases de atmósfera modificada	NO CUMPLE
18	Efectos de los recubrimientos de quitosano que se incorporan con aceite esencial de planta Satureja libre o nano-encapsulado en características de calidad de la carne de cordero	SI CUMPLE
19	El efecto del recubrimiento de quitosano y el envasado al vacío en las propiedades microbiológicas y químicas de la carne de vacuno	SI CUMPLE
20	Incorporación de nisina y extracto de semilla de uva en recubrimiento comestible de quitosano-gelatina y su efecto en el almacenamiento en frío de cerdo fresco	SI CUMPLE
21	Efectos de los recubrimientos comestibles a base de nanoemulsión con mezcla compuesta de extracto de romero y -poli-l-lisina en la vida útil del pollo carbonado listo para comer	SI CUMPLE

Anexo 3

Tabla 7

Checklist- Lista de Verificación de Prisma

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.	
ABSTRACT			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).	
METHODS			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.	
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.	
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.	
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.	
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).	
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.	
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.	
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).	
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., I^2) for each meta-analysis.	
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies).	
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified.	
RESULTS			
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram.	
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations.	
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome level assessment (see item 12).	
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.	
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency.	
Risk of bias across studies	22	Present results of any assessment of risk of bias across studies (see Item 15).	
Additional analysis	23	Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression [see Item 16]).	
DISCUSSION			
Summary of evidence	24	Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., healthcare providers, users, and policy makers).	
Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review-level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias).	
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research.	
FUNDING			
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review.	