



Universidad Católica de Santa María

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas
Escuela Profesional de Ingeniería de Industria Alimentaria**

**Evaluación de la vida en anaquel de asado de tira de res refrigerada con una
biopelícula activa con capacidad antimicrobiana y antioxidante a partir de
aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*)**

Tesis presentada por:

Chavez Cruz, Margory Rocio

ORCID: 0009-0009-1595-3457

para optar el Título Profesional de Ingeniero de Industria Alimentaria

Asesor (a):

Dra. Arenas Rodriguez, Martha Beatriz

ORCID: 0000-0001-7380-0461

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA DE INDUSTRIA ALIMENTARIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 11 de Diciembre del 2025

Dictamen: 011794-C-EPIDA-2025

Visto el borrador del expediente 011794, presentado por:

2016245692 - CHAVEZ CRUZ MARGORY ROCIO

Titulado:

EVALUACIÓN DE LA VIDA EN ANAQUEL DE ASADO DE TIRA DE RES REFRIGERADA CON UNA BIOPELÍCULA ACTIVA CON CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIOXIDANTE A PARTIR DE ACEITE ESENCIAL DE CLAVO DE OLOR(SYZYGIUM AROMATICUM)

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO DE INDUSTRIA ALIMENTARIA

**29662393 - FLORES AGUILAR EDILBERTO
DICTAMINADOR**



**29273052 - GARCIA LAZO HELARD ARTURO
DICTAMINADOR**



**29637633 - SALAS CASTRO JORGE ENRIQUE
DICTAMINADOR**



EVALUACIÓN DE LA VIDA EN ANAQUEL DE ASADO DE TIRA DE RES REFRIGERADA CON UNA BIOPELÍCULA ACTIVA CON CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIOXIDANTE A PARTIR DE ACEITE ESENCIAL DE CLAVO DE OLOR (SYZYGIUM AROMA

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.researchgate.net Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	bovinosparacarne.uprm.edu Fuente de Internet	1%
4	dalspace.library.dal.ca Fuente de Internet	1%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unaj.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

A la divinidad, mi eterna roca, por conducir de forma constante cada etapa de este recorrido formativo y concederme la fortaleza necesaria para sostener el esfuerzo continuo. Expreso mi gratitud por constituirse en el origen de mi vigor interior y claridad reflexiva en la consecución de este propósito académico.

A mi madre: Por ser el fundamental pilar de mi existencia y la fuente inagotable de mi perseverancia. A ti, madre, te agradezco el haberme enseñado que la excelencia no es un acto, sino un hábito nacido del amor y la entrega. Gracias por tu presencia constante, por abrazar mis incertidumbres y convertirlas en certezas, y por ser el refugio espiritual que me permitió conservar la calma en los instantes de mayor exigencia. Este título profesional es, en esencia, un tributo a tu fe inquebrantable en mi futuro y a la nobleza con la que has guiado mi vida.

A mi padre: Con profunda admiración y gratitud. Por ser el ejemplo vivo de integridad, esfuerzo y dignidad que ha moldeado mi visión del mundo. Gracias, padre, por los sacrificios silenciosos que cimentaron mi educación y por transmitirme la disciplina necesaria para culminar este proceso académico. Tu confianza en mis capacidades ha sido el motor de mi determinación; en cada palabra de esta tesis reside el eco de tus consejos y el valor del trabajo honrado que siempre me inculcaste. Honro tu esfuerzo con este logro, que es tanto tuyo como mío.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Creador por ser la luz divina que alumbró mis noches de estudio y el refugio donde encontré descanso en medio del cansancio. Gracias por otorgarme la perseverancia necesaria para llegar a este día y por colocar en mi camino a las personas adecuadas para cumplir este sueño.

Expreso mi agradecimiento a mis mentores y docentes, cuya guía crítica y sabiduría moldearon mi rigor académico. A mi familia, por el sacrificio y el aliento constante que cimentaron este camino. Asimismo, agradezco a mis colegas y amigos, por los debates y el apoyo que enriquecieron mi visión. Este trabajo es el resultado de la confianza y las enseñanzas que generosamente compartieron conmigo.

RESUMEN

Se evaluó la eficacia de una biopelícula activa incorporada con aceite esencial de clavo de olor para prolongar la vida útil del asado de tira de res refrigerado mediante el control microbiológico y la mitigación de la oxidación lipídica. Se optimizó una matriz polimérica a base de almidón y se determinó la concentración mínima efectiva del aceite esencial mediante ensayos físico-químicos (humedad, solubilidad, espesor, permeabilidad al vapor de agua y opacidad), análisis microbiológicos y determinación de índices de oxidación (acidez e índice de peróxidos), complementados con evaluación sensorial de olor y color a temperaturas de almacenamiento de 0, 3, 5 y 7 °C.

La formulación óptima de la biopelícula fue 8 % almidón, 2.75 % glicerina y 7 % ácido acético, y la concentración de aceite esencial que mostró efecto significativo fue 0.8 % (p/p). La aplicación de la biopelícula redujo de manera significativa los recuentos microbianos y retardó la peroxidación lipídica, traduciéndose en vidas útiles estimadas según criterios fisicoquímicos y sensoriales: por índice de acidez, 38.46 días (0 °C) a 17.98 días (7 °C); por índice de peróxidos, 60 días (0 °C) a 30.7 días (7 °C); y vidas útiles sensoriales de 30 días por olor y 40 días por color.

Estos resultados indican que la biopelícula activa con aceite esencial de clavo de olor constituye una alternativa prometedora para la conservación de carnes refrigeradas, alargando el tiempo de anaquel y reduciendo la dependencia de conservantes sintéticos.

Palabras clave: Biopelícula activa, aceite esencial de clavo de olor, asado de tira de res.

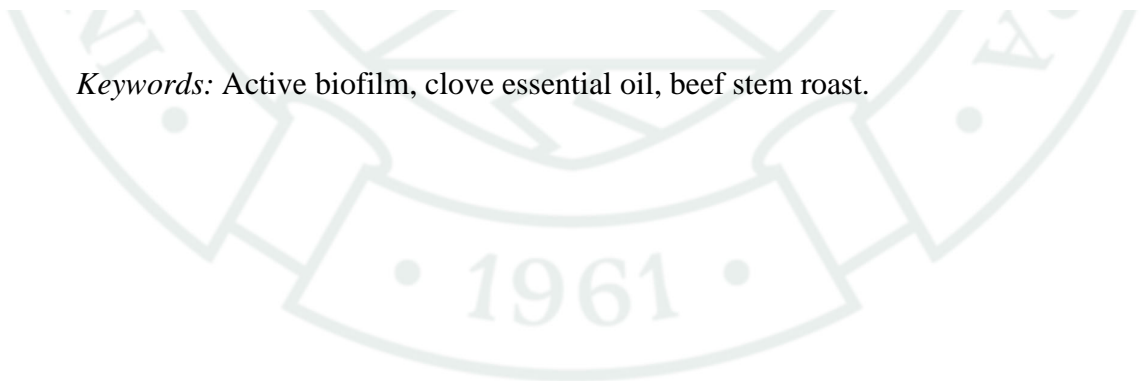
ABSTRACT

The efficacy of an active biofilm incorporating clove essential oil was evaluated to extend the shelf life of chilled beef short ribs through microbiological control and mitigation of lipid oxidation. A starch-based polymer matrix was optimized, and the minimum effective concentration of essential oil was determined using physicochemical tests (moisture, solubility, thickness, water vapor permeability, and opacity), microbiological analyses, and oxidation indices (acidity and peroxide value), complemented by sensory evaluation of odor and color at storage temperatures of 0, 3, 5, and 7 °C.

The optimal biofilm formulation was 8% starch, 2.75% glycerin, and 7% acetic acid, and the essential oil concentration that showed a significant effect was 0.8% (w/w). The application of the biofilm significantly reduced microbial counts and slowed lipid peroxidation, resulting in estimated shelf lives based on physicochemical and sensory criteria: by acidity index, from 38.46 days (0 °C) to 17.98 days (7 °C); by peroxide value, from 60 days (0 °C) to 30.7 days (7 °C); and sensory shelf lives of 30 days for odor and 40 days for color.

These results indicate that the active biofilm with clove essential oil is a promising alternative for preserving refrigerated meats, extending shelf life and reducing dependence on synthetic preservatives.

Keywords: Active biofilm, clove essential oil, beef stem roast.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

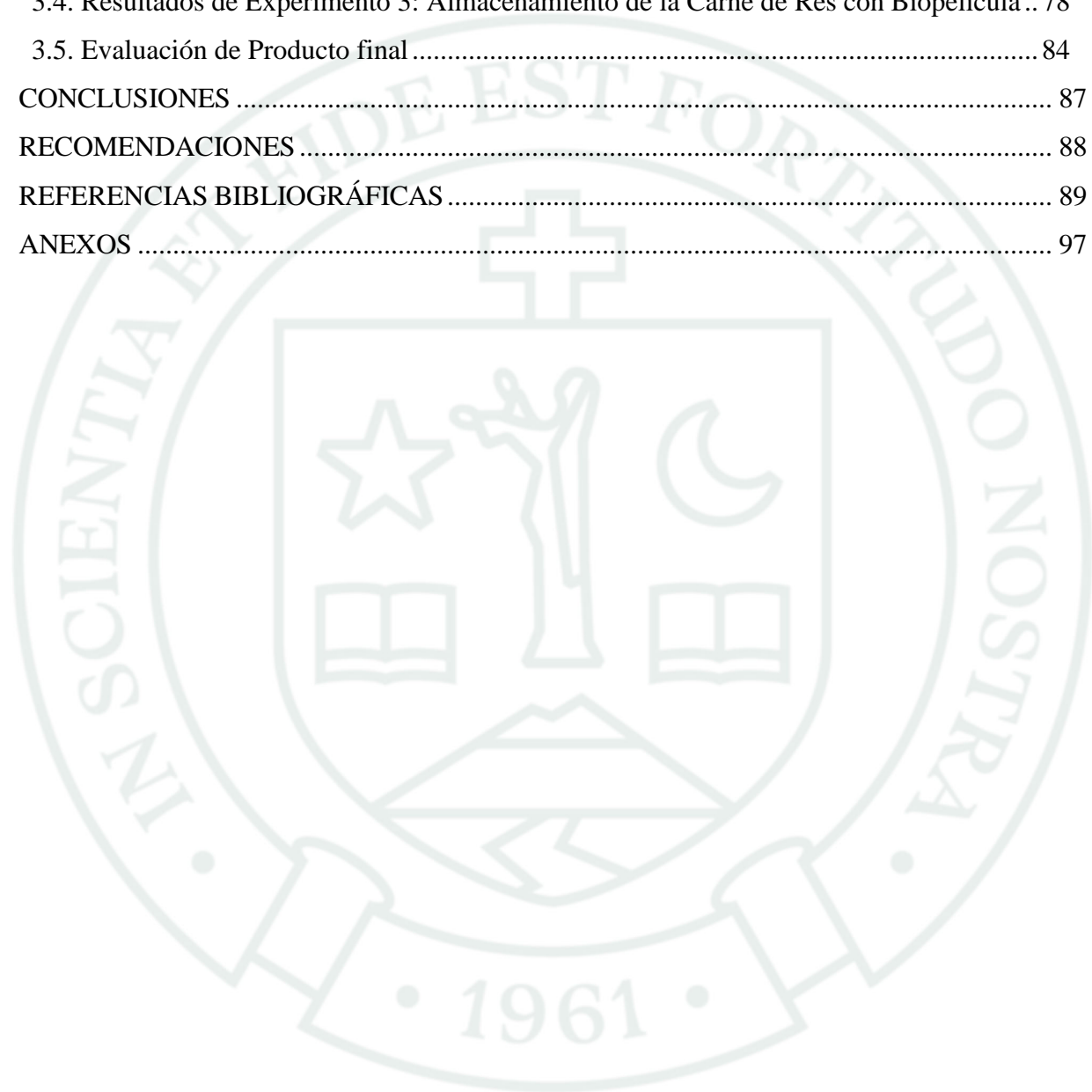
AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del Problema	3
1.2. Justificación del Problema	3
1.2.1. <i>Aspecto Social</i>	3
1.2.2. <i>Aspecto Científico</i>	4
1.2.3. <i>Aspecto Económico</i>	4
1.3. Estado del Arte	4
1.4. Bases Teóricas de la Indagación	9
1.4.1. <i>Carne de Res</i>	9
1.4.2. <i>Clavo de Olor</i>	21
1.4.3. <i>Aceites Esenciales</i>	23
1.4.4. <i>Biopelículas</i>	26
1.4.5. <i>Actividad Antioxidante</i>	29
1.4.6. <i>Actividad Antimicrobiana</i>	31
1.4.7. <i>Vida en Anaquel</i>	31
1.5. Objetivos de la Indagación	37
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	37
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	37
1.6. Hipótesis	37
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	38
2.1. Ubicación Espacial y Temporal.....	39
2.2. Metodología	39
2.2.1. <i>Descripción General</i>	39
2.2.2. <i>Diseños Experimentales</i>	43

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
3.1. Características de Materia Prima.....	50
3.2. Resultados de Experimento 1: Formulación de la Biopelícula.....	53
3.3. Resultados de Experimento 2: Concentración de Aceite esencial de clavo.....	67
3.4. Resultados de Experimento 3: Almacenamiento de la Carne de Res con Biopelícula..	78
3.5. Evaluación de Producto final	84
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS	97



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Carne de Res en el Perú.....	12
Tabla 2 Patrones de DPPH.....	42
Tabla 3 Curva de Calibración para DPPH.....	42
Tabla 4 Resultados del Análisis Organoléptico de la Carne de Res (Asado de Tira).....	50
Tabla 5 Resultados del Análisis Químico Proximal de la Carne de Res (Asado de Tira) Fresca	51
Tabla 6 Resultados del Análisis Microbiológico de la Carne de Res (Asado de Tira) Fresca	53
Tabla 7 <i>Resultados de la Evaluación de la Biopelícula Elaborada con Aceite esencial de clavo Analizando las Formulaciones de la misma.....</i>	56
Tabla 8 ANOVA para la Humedad de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas.....	56
Tabla 9 ANOVA para la Solubilidad de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas.....	58
Tabla 10 Prueba de Tukey para las Solubilidades de Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas.....	59
Tabla 11 ANOVA para el Espesor de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas.....	61
Tabla 12 ANOVA para la Permeabilidad al vapor de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas.....	62
Tabla 13 Prueba de Tukey para las Permeabilidades al Vapor de Agua de las Biopelículas	63
Tabla 14 ANOVA para la Opacidad de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas.....	64
Tabla 15 Prueba de Tukey para las Opacidades de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas.....	65
Tabla 16 Resultados de la Actividad Antioxidante y Actividad Antimicrobiana de las Concentraciones de Aceite esencial de clavo Adicionados a las Biopelículas.....	67

Tabla 17 ANOVA para la Actividad Antioxidante de las Biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo utilizadas	68
Tabla 18 Prueba de Tukey para la actividad antioxidante de las biopelículas en función de las concentraciones de aceite esencial de clavo evaluadas	69
Tabla 19 ANOVA para la Actividad Antimicrobiana de las Biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo utilizadas.....	70
Tabla 20 Prueba de Tukey para las Actividades Antimicrobianas de las Biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo utilizadas	71
Tabla 21 Resultados del Análisis Sensorial de las Biopelículas Elaboradas Evaluando la Concentración de Aceite esencial de clavo	74
Tabla 22 Prueba de Friedman para el Olor de las biopelículas Elaboradas Evaluando la cantidad de Aceite esencial de clavo.....	75
Tabla 23 Prueba de Friedman para el Color de las Biopelículas Elaboradas Evaluando la cantidad de Aceite esencial de clavo.....	77
Tabla 24 Resultados del Índice de Acidez e Índice de Peróxidos de la Carne de Res Envasada con Biopelículas con Adición de Aceite esencial de clavo	78
Tabla 25 Resultados del Análisis Sensorial (Color y Olor) de la Carne de Res Almacenada Durante 70 Días a Diferentes Temperaturas.....	82
Tabla 26 Resumen de la Evaluación Sensorial del Color y Olor de las Muestras de Carne Almacenadas a Diferentes Temperaturas	83
Tabla 27 Resultados del Análisis Químico Proximal de la Carne de Res (Asado de Tira) después del Almacenamiento	84
Tabla 28 Resultados del Análisis de la Biopelícula con adición de aceite esencial de clavo de olor	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de Músculo en la Carne	13
Figura 2 Clasificación de los Polímeros.....	27
Figura 3 Principales Funciones de las Biopelículas	29
Figura 4 Etapas de Vida de un Producto Alimenticio.....	34
Figura 5 Esquema Metodológico para la Evaluación de la Actividad Antimicrobiana Mediante la Técnica de Difusión en Medio Agarizado	41
Figura 6 Diagrama Experimental de la Indagación.....	48
Figura 7 <i>Biopelícula a Base de Almidón Elaborada en la Presente Investigación</i>	58
Figura 8 Gráfico para la Prueba Tukey para las Solubilidades de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de la misma.....	60
Figura 9 Gráfico para la Prueba de Tukey para las Permeabilidades al Vapor de Agua de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas	63
Figura 10 Gráfico para la Prueba Tukey para las Opacidades de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas	65
Figura 11 Biopelícula Elaborada con la Formulación 3 que considera 8 % de Almidón, % de Glicerina y 7 % de Ácido Acético.....	2.75 66
Figura 12 Gráfico correspondiente a la Prueba Tukey de la actividad antioxidante de las biopelículas según las concentraciones de aceite esencial de clavo evaluadas	69
Figura 13 Gráfico de la Prueba Tukey para las Actividades Antimicrobianas de las Biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo utilizadas	72
Figura 14 Gráfico de la Prueba de Bonferroni para el Olor de las biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo utilizadas	76
Figura 15 Gráfico de la Prueba de Bonferroni para el Color de las biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo	77
Figura 16 Asado de Tira al Inicio de la Etapa de Almacenamiento	79
Figura 17 Asado de tira finalizando la etapa de almacenamiento	79
Figura 18 Desempeño del Índice de Acidez de la Carne de Res Envasada con Biopelícula Durante la conservación	80
Figura 19 Desempeño del Índice de Peróxidos de la Carne de Res Envasada con Biopelícula Durante la conservación	81

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Curva de calibración del método DPPH.....	98
Anexo 2 Metodología para la determinación de índice de acidez.....	100
Anexo 3 Metodología para determinación de Índice de peróxidos	101
Anexo 4 Formato de Análisis Químico del Asado de Tira.....	102
Anexo 5 Formato de Análisis Microbiológico del Asado de Tira	103
Anexo 6 Formato de Análisis Químico de la Biopelícula con aceite esencial de clavo de olor (Humedad, solubilidad, espesor, permeabilidad al vapor de agua, opacidad).....	104
Anexo 7 Formato de Análisis Químico de la Biopelícula con aceite esencial de clavo de olor (Actividad antioxidante, actividad antimicrobiana)	105
Anexo 8 Formato de Análisis Químico del asado de tira (Índice de acidez e índice de peróxidos)	106
Anexo 9 Formato de Análisis Químico del Asado de Tira después de Almacenamiento	107
Anexo 10 Ficha Técnica de Asado de tira de res envasado con biopelículas con aceite esencial de clavo de olor	108
Anexo 11 Fotografías.....	110
Anexo 12 Artículo Científico.....	119

INTRODUCCIÓN

El aumento sostenido en la preferencia por productos alimenticios frescos, inocuos y con poco grado de transformación ha propiciado la exploración de estrategias de conservación orientadas a extender su periodo de consumo sin depender de compuestos sintéticos. En este escenario, la industria alimentaria enfrenta la exigencia de garantizar la inocuidad y la conservación de las cualidades sensoriales en matrices de elevada perecibilidad, como la carne bovina, al mismo tiempo que incorpora principios de sostenibilidad y reduce el uso de materiales plásticos de la petroquímica. En respuesta a ello, se ha incentivado la indagación de opciones biodegradables con funcionalidad añadida, concebidas no solo como elementos de protección física, sino también como sistemas activos con capacidad de incidir en los mecanismos de degradación microbiológica y oxidativa.

Las biopelículas elaboradas a partir de polímeros naturales representan una de las estrategias más prometedoras en el campo del envasado activo. La aptitud de estos sistemas para integrar sustancias con actividad biológica, en particular aceites esenciales vegetales, posibilita dotarlos de funciones antimicrobianas y antioxidantes que favorecen la conservación de matrices de origen animal. Dentro de este conjunto de compuestos, el aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) destaca por su elevada concentración de eugenol, sustancia reconocida por su eficacia frente a microorganismos del deterioro y por su capacidad para inhibir la oxidación lipídica. En este marco, el estudio desarrollado examina el efecto de un recubrimiento biopolimérico activo, formulado con aceite esencial de clavo, sobre la estabilidad en almacenamiento del corte bovino tipo asado de tira bajo condiciones de refrigeración. A través de la caracterización fisicoquímica de la biopelícula, la determinación de su actividad antioxidante y antimicrobiana, y el análisis del desempeño del producto cárnico bajo diferentes condiciones de almacenamiento, se busca establecer una alternativa tecnológica viable, biodegradable y funcional para la conservación de carnes. Los resultados obtenidos aportan evidencia científica relevante para el desarrollo de empaques activos de recursos naturales, contribuyendo tanto a la innovación en la industria alimentaria como a la sostenibilidad ambiental.



CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

Hoy en día los consumidores han incrementado el consumo de productos frescos mínimamente procesados, representando estos los más perecederos de la cadena alimenticia, provocando esto que un pequeño descuido en la cadena de suministro se genere grandes desperdicios, lo cual generaría un daño para el ambiente y también para los mismos consumidores ya que se estaría limitando el acceso a dichos alimentos, debido a la gran demanda de los mismos.

Adicionalmente, la industria de alimentos para lograr la más larga duración de los alimentos está manejando grandes cantidades de plásticos que son derivados del petróleo, los cuales debido a sus características no son degradables fácilmente, además este tipo de envases normalmente son de un solo uso, lo cual genera que los consumidores estén generando una gran cantidad de residuos sólidos que van directamente a dañar el ambiente. Para lograr solucionar este problema se puede obtener plásticos de distinto origen y que no contaminen el ambiente, en este sentido, los bioplásticos se configuran como una opción de intervención viable, dado que, además de mitigar la contaminación, introducen una alternativa innovadora para la preservación de productos cárnicos, contribuyendo así al fortalecimiento de la seguridad alimentaria.

1.2. Justificación del Problema

1.2.1. Aspecto Social

Con la obtención de la biopelícula con aceite esencial de clavo se estará beneficiando a los consumidores, debido a que se les estaría brindando un producto inocuo, de forma adicional, se propiciaría la creación de oportunidades laborales dirigidas a dichos actores. Paralelamente, el sector empresarial resultaría favorecido mediante el suministro de soluciones de envasado para sus bienes, lo que, en última instancia, repercutiría en los usuarios finales al disponer de alternativas con atributos naturales y características funcionales.

1.2.2. Aspecto Científico

La presente indagación tiene como propósito identificar una alternativa de envoltura con carácter sostenible y capacidad de degradación ambiental destinada al acondicionamiento de carne, con el fin de extender su periodo de conservación sin comprometer sus cualidades nutricionales ni sus funciones inherentes.

1.2.3. Aspecto Económico

Con la obtención de un nuevo empaque para los alimentos, se está generando una nueva opción para el manejo de los costos de las empresas, beneficiándola económicamente, ya que se estaría asegurando de alguna manera la disminución de las pérdidas por deterioro de los alimentos.

1.3. Estado del Arte

Sahraee et al. (2019), mencionan que se pueden utilizar envases comestibles para disminuir el deterioro de los alimentos. La evitación de los procesos oxidativos se sustenta en restringir el contacto de los alimentos con el oxígeno, ya sea mediante la remoción de este gas del espacio de cabeza del envase o a través de la injertación de elementos antioxidantes en películas y recubrimientos, con el propósito de potenciar la capacidad protectora de las superficies alimentarias frente a la oxidación. El impacto de los principales factores, tales como temperatura, humedad ambiental, interacciones de cadenas de polímeros y características hidrofílicas/lipófilas. Se exponen las características de los sistemas de envasado susceptibles de incidir en el desempeño y la calidad de los recubrimientos y películas de naturaleza comestible. Suma la incorporación de compuestos activos a formulaciones de películas es una forma fundamental de mejorar la resistencia mecánica y química, de películas al oxígeno. Además, utilizar materiales de embalaje adecuados para diferentes condiciones ambientales, y para diferentes productos alimenticios es importante evitar el oxígeno. Muchos estudios, como el uso de poliéster de baja densidad, películas de etileno (LDPE)/almidón que contienen ácido cítrico (CA) para carne de vacuno, películas de zeína de maíz que contienen hidroxianisol butilado (BHA) para pavo, láminas de gelatina que incorporan nanoestructuras de quitosano

vehiculizando compuestos fenólicos derivados del té, destinadas a su aplicación en aceite de pescado, y se han investigado películas de proteína de leche que contienen orégano y pimienta para empaquetar músculo de res. su potencial para funcionar como polímeros degradables para transportar antioxidantes para proteger los alimentos.

Ghanbarzadeh & Almasi (2011), en su estudio centrado en las características físico-mecánicas de láminas comestibles emulsionadas formuladas con carboximetilcelulosa y ácido oleico, incorporaron glicerol y ácido oleico (OA) a películas de carboximetilcelulosa (CMC) mediante un método de emulsificación. Se examinaron películas que contenían diferentes cantidades de glicerol y OA en busca de características mecánicas, permeabilidad al vapor (WVP), absorción de humedad, características ópticas y térmicas. La adición de OA a las películas de CMC mejoró significativamente la propiedad de barrera. No obstante, la influencia atribuida al ácido oleico sobre el comportamiento mecánico resultó menor en comparación con la observada para el glicerol. Al aumentar el contenido de OA, aumentó la turbidez del CMC. Las películas se intensificaron y el valor de Hunter (b) de las películas aumentó (aproximadamente 35.8 %).

Cerqueira et al. (2012) realizaron un estudio para analizar cómo el glicerol y el aceite de maíz influyen en las características de películas hechas a partir de compuestos de origen natural. Para ello, utilizaron galactomanano de *Gleditsia triacanthos* y quitosano como materiales principales. El análisis se desarrolló mediante diferentes técnicas de laboratorio que permiten conocer la estructura y el comportamiento del material. Además, se evaluaron aspectos como el contenido de humedad, la capacidad de disolverse, el paso de vapor de agua, la permeabilidad y la resistencia del material. Se establecieron relaciones estructura- características, relacionando a las estructuras de dos polisacáridos con la forma en que interactúan con el agua, otros componentes de la película (glicerol y aceite) y las características resultantes. La incorporación de glicerol y aceite de maíz hizo que el material presentara cambios en su relación con el agua: en un caso se volvió más afín al agua y, en el otro, mostró menor interacción con ella. Sin embargo, ambos biopolímeros respondieron de manera distinta frente a aspectos como la temperatura a la que cambian de estado, el paso de vapor de agua y su capacidad de estirarse antes de romperse, lo cual

se explica por las variaciones propias de su estructura; mientras que para el galactomanano los sitios de sorción específicos para el agua son los grupos O-H, para el quitosano esos son grupos O-H y/o NH₂. El presente trabajo proporciona información sobre las características fisicoquímicas de las películas de polisacáridos y sus relaciones establecidas con la estructura de los polímeros, lo que demuestra que los dos polisacáridos aquí estudiados tienen características adecuadas para ser utilizados como materiales de embalaje para aplicaciones alimentarias específicas.

Archundia (2019) realizó un estudio para elaborar y probar una película con propiedades biológicas usando residuos agrícolas, buscando mejorar su calidad y asegurar la conservación de la carne de res. Para ello, trabajó con un diseño experimental 3×3, donde evaluó tres mezclas de solvente (etanol:agua 20:80, 50:50 y 80:20) y tres tipos de hojas (guayaba, aguacate y ciruelo). Los resultados mostraron que la mejor combinación fue la mezcla 50:50 de etanol y agua junto con hojas de guayaba, ya que presentó mayores niveles de compuestos beneficiosos y buena capacidad antioxidante. Luego, al evaluar su efecto contra microorganismos, se observó que solo el extracto de hojas de guayaba logró frenar el crecimiento de todos los microorganismos analizados, incluso usando cantidades relativamente pequeñas. A partir de estos resultados, se desarrollaron películas compuestas de gelatina-quitosano, tanto con incorporación del extracto como sin él, las cuales fueron sometidas a caracterización en términos de características ópticas, mecánicas, permeabilidad, morfología y comportamiento térmico. Los resultados indicaron que, en términos generales, ambos tipos de películas exhibieron adecuadas características plásticas. De la misma forma, al añadir el extracto no se observaron cambios importantes en características como el grosor, la capacidad de estirarse antes de romperse, la rigidez, el paso de vapor de agua y oxígeno, la forma del material ni su comportamiento frente al calor, ya que estos valores se mantuvieron similares a los de las películas sin el extracto. Sin embargo, sí se encontró una diferencia significativa en la resistencia al estiramiento, la cual disminuyó. Además, mediante microscopía electrónica se pudo ver que el extracto se distribuyó de manera uniforme dentro del material, formando pequeñas estructuras que ayudan a darle propiedades beneficiosas, como mejorar la conservación, la seguridad y la calidad de la carne durante más tiempo.

Por otro lado, González & Castro (2016) elaboraron recubrimientos con materiales naturales manejando extracto de eucalipto rojo (*Eucalyptus camaldulensis*), el cual fue tratado para mejorar su efecto antimicrobiano, con el fin de conservar mejor trozos de papaya (*Carica papaya* L). Para evaluar cuánto tiempo se mantenía el producto en buen estado, analizaron el crecimiento de microorganismos usando modelos matemáticos y un programa llamado DMFit. También identificaron los principales compuestos del extracto mediante técnicas de laboratorio. Finalmente, aplicaron otro modelo para estimar la vida útil del producto. Los resultados demostraron que estos recubrimientos son efectivos, logrando aumentar la duración de la papaya en aproximadamente 43 días.

León (2021) desarrolló su estudio en tres etapas bien definidas. En la primera, buscó encontrar la mejor combinación para elaborar una película a base de almidón de maíz y papa mezclados con sorbitol, tomando en cuenta principalmente su resistencia y flexibilidad. En la segunda etapa, determinó qué cantidad de aceite esencial de orégano (AEO) era la más adecuada, evaluando su capacidad para frenar el crecimiento de microorganismos. Finalmente, realizó un análisis completo de las características del material obtenido. En la primera fase, las películas se elaboraron mediante un método de vertido, probando distintas combinaciones de sorbitol (60 % y 80 %), temperatura (85 °C y 95 °C) y proporciones de almidón de papa y maíz. La mejor formulación se eligió en función de su resistencia y capacidad de estirarse sin romperse. Los resultados mostraron que la combinación más adecuada fue la de 60 % de sorbitol, 95 °C y una mezcla equilibrada de almidón de papa y maíz (50 % y 50 %), ya que presentó buen desempeño en ambas propiedades. Luego, esta formulación se utilizó como base para agregar aceite esencial de orégano en distintas cantidades (0 %, 1 % y 2.5 %), con el objetivo de evaluar su efecto antimicrobiano. Se encontró que la concentración de 1 % fue la más efectiva. En la etapa final, se analizaron las propiedades del material con esta composición, observándose valores adecuados de resistencia, flexibilidad y espesor. Además, se comprobó que tenía mayor efecto contra la bacteria *Staphylococcus aureus* y, en menor medida, contra *Bacillus cereus*. Todos los resultados fueron analizados estadísticamente (ANOVA) para asegurar su validez ($p < 0.05$).

Quintana (2021) llevó a cabo un estudio con el propósito de elaborar un material tipo plástico a partir de yuca amarilla (*Manihot esculenta*) combinado con aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), pensando en su uso para el envasado de alimentos. Para obtener el almidón, utilizó un método con agua y evaluó distintas condiciones de trabajo, variando la velocidad y el tiempo (30 y 60 segundos), lo que dio lugar a cuatro tratamientos. Con este procedimiento se logró un rendimiento promedio de 22.09 %. Por su parte, el aceite esencial se obtuvo en menor proporción (0.4 %), destacando por su capacidad para inhibir microorganismos. Luego, ambos componentes fueron analizados para conocer sus características. Se prepararon cuatro formulaciones (P1, P2, P3 y P4), cambiando las cantidades de almidón y glicerina, mientras que el agua, el ácido acético (CH_3COOH) y el aditivo se mantuvieron constantes. La mejor opción fue la formulación P3, compuesta por 3.3 g de almidón, 0.9 ml de glicerina, 40 ml de agua destilada, 3 ml de CH_3COOH y una gota de aceite esencial, la cual se dejó reposar en un molde a temperatura ambiente durante aproximadamente 48 horas. Al evaluar el material obtenido, se encontró que tenía bajo contenido de humedad (0.97 %) y baja solubilidad (1.04 %). Además, mostró una buena capacidad de estiramiento (29.68 %) en pruebas de resistencia. En cuanto a su degradación en el ambiente, se observó que se descompone en diferentes medios: 36.88 % en agua, 48.25 % en suelo y 17.63 % al aire, en un periodo de 28 días. Los análisis microbiológicos reportaron ausencia total de carga microbiana (0 %), lo que indica su aptitud para aplicaciones en envolturas biodegradables destinadas a alimentos. De acuerdo con la FAO, resulta fundamental maximizar la extracción de almidón desde la pulpa con el fin de incrementar el rendimiento del proceso.

Yoplac (2019) orientó su investigación a la obtención de películas bioactivas incorporando citral microencapsulado, con el propósito de evaluar su incidencia sobre la carga microbiológica en queso fresco. El proceso de microencapsulación se realizó mediante secado por atomización, ajustando las condiciones para mejorar tanto el rendimiento como la eficiencia del encapsulado. Para ello, se probaron distintas proporciones de citral y dextrina (entre 1:5 y 1:20), así como diferentes temperaturas del aire de entrada, que variaron entre 120 y 200 °C. Las micropartículas obtenidas fueron analizadas para conocer sus propiedades y su capacidad para inhibir microorganismos.

Además, la cantidad de citral presente en la superficie se midió manejando espectroscopía NIR junto con herramientas de análisis de datos. Posteriormente, las películas se elaboraron mediante el método de vertido (casting) y también se optimizaron las condiciones de preparación, con el objetivo de mejorar características como la transparencia, la opacidad y la rigidez. Para esto, se evaluaron distintas proporciones entre caseinato de sodio y sorbitol, así como entre caseinato de sodio y micropartículas, en rangos que iban de 1:0.5 a 1:1.5. Las formulaciones óptimas fueron sometidas a evaluación de atributos cromáticos, mecánicos y microestructurales, evidenciando características apropiadas para su aplicación en sistemas de envasado. Para la validación funcional, los quesos frescos se acondicionaron en tres sistemas: películas con micropartículas, películas con citral libre y envases convencionales de polietileno, efectuándose el seguimiento de parámetros microbiológicos sensoriales, y físicos durante 14 días a 6 °C. Los resultados indicaron que las condiciones más adecuadas de encapsulación correspondieron a una relación Ct:Dx de 1:5 y una TEA de 187 °C, logrando estabilidad fisicoquímica y actividad antimicrobiana de amplio espectro. En la predicción del CSct, los modelos quimiométricos alcanzaron coeficientes de determinación (R^2) entre 0.80 y 0.95, destacando el desempeño superior de las redes neuronales artificiales. En cuanto a la optimización de las películas, las mejores condiciones se establecieron en relaciones CS:Sb de 1:0.91 y CS:MC de 1:0.95. Finalmente, los sistemas de envasado que incorporaron micropartículas de citral evidenciaron una reducción significativa de la carga microbiana, junto con una mejor conservación de las características físicas y sensoriales del queso, permitiendo extender su vida útil hasta 14 días bajo condiciones aceptables de almacenamiento.

1.4. Bases Teóricas de la Indagación

1.4.1. Carne de Res

Se entiende como la fracción apta para el consumo humano proveniente de animales en condiciones sanitarias adecuadas, integrada por diversos tipos de tejidos (muscular, conectivo, epitelial, nervioso y adiposo) cuya proporción varía en función de la especie, la localización anatómica y el sexo, entre otros factores. Esta composición incide directamente en el rendimiento, la calidad, el valor y el costo del producto cárnico (Hui et al., 2006).

1.4.1.1. Valor Nutricional.

La carne constituye un componente esencial dentro de la alimentación humana, particularmente relevante durante las etapas de crecimiento infantil, debido a su elevada densidad proteica. En términos composicionales, el tejido muscular esquelético presenta entre 71 y 76 % de agua, entre 17 y 21 % de proteínas, de 1 a 7 % de lípidos y entre 2,5 y 3 % de compuestos solubles no nitrogenados (Andujar, 2009). De igual forma, aporta micronutrientes con elevada biodisponibilidad, como el hierro hemínico, cuyo rol es clave para un adecuado crecimiento en la población infantil. En cuanto a su fracción proteica, esta se encuentra conformada por largas secuencias de aminoácidos localizadas en el tejido muscular, incluyen compuestos esenciales como arginina e histidina, fundamentales durante la infancia y la gestación, además de lisina, necesaria para el crecimiento y mantenimiento general del organismo. En este sentido, el hierro hemínico resulta especialmente importante porque ayuda al desarrollo del cerebro, lo que resalta el valor de este alimento dentro de la alimentación diaria. En consecuencia, su inclusión debería ocupar un lugar prioritario en el patrón alimentario nacional, especialmente en un contexto caracterizado por bajos niveles de ingesta en comparación con otros países del continente, situación que incide en la persistencia de problemas como la desnutrición y la anemia en edades tempranas.

No obstante, existe la percepción de que este alimento presenta escaso valor nutritivo debido a su contenido lipídico y su asociación con el aumento de peso corporal. Sin embargo, la proporción de grasa resulta relativamente reducida; de hecho, la carne de vacuno es frecuentemente clasificada como carne magra. Respecto a su composición mineral, sobresale por la presencia significativa de hierro, razón por la cual se clasifica dentro del grupo de las carnes rojas y se sugiere su ingesta en individuos que presentan cuadros de anemia.

Adicionalmente, aporta otros micronutrientes relevantes como yodo, zinc y selenio (Dorado, 2011).

En este contexto, puede afirmarse que la carne representa una fuente primordial de hierro hemínico, contribuyendo a la prevención de la anemia, patología que afecta a una cantidad significativa de los niños en el Perú. Si bien sus ventajas nutricionales son ampliamente reconocidas, resulta igualmente crucial considerar las condiciones de preparación. En particular, el tratamiento térmico debe ser controlado, evitando temperaturas excesivas que puedan deteriorar proteínas y minerales. Por tal motivo, se recomienda la utilización de técnicas de cocción que, en términos generales, no excedan los 100 °C o que se mantengan próximas a este límite, con el propósito de inducir la desnaturalización de las proteínas sin afectar su disponibilidad biológica. Del mismo modo, el tiempo de exposición al calor constituye un factor determinante, siendo recomendable evitar periodos prolongados de cocción a altas temperaturas para preservar el contenido de hierro hemínico y proteínas. Finalmente, variables como el tipo de corte y la preparación culinaria también influyen en la conservación de las características nutricionales del alimento.

1.4.1.2. Norma Técnica Peruana 201.055 2021.

La NTP 201.055:2021, establece la tipificación oficial de los cortes cárnicos reconocidos a nivel nacional (tabla 1), junto con sus respectivas definiciones, criterios de clasificación y especificaciones orientadas a garantizar estándares de calidad en bovinos.

1.4.1.3. Tipos de Músculo.

Tejido muscular liso: se caracteriza por la presencia de células fusiformes, con un núcleo central de disposición alargada y miofilamentos carentes de patrón estriado. Este tipo de tejido es propio

de las vísceras, presenta control involuntario y se encuentra orientado al cumplimiento de funciones fisiológicas.

Tejido muscular cardiaco: está constituido por células de morfología cilíndrica que se ramifican en sus extremos, lo que incrementa las conexiones intercelulares; además, contienen miofibrillas organizadas.

Tabla 1

Carne de Res en el Perú

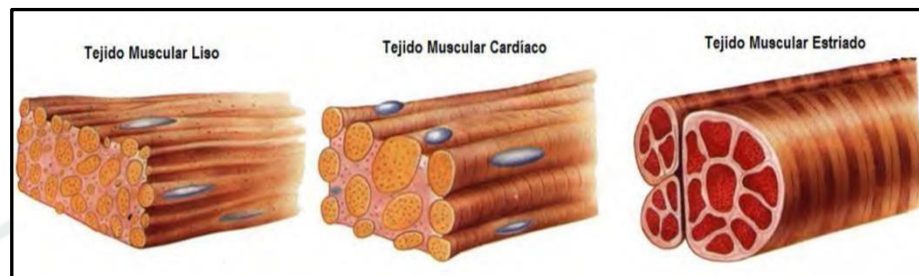
Agujabife ancho	Cuadril	Paleta
Cogote	Lomo fino	Garrón
Osobuco de brazo	Cabeza de lomo	Costillar
Asado redondo	Colita	Tortuga
Entraña fina	Tapa	Churrasco largo
Churrasco parrillero	Huachalomo	Asado ruso
Vacío	Tapa de cuadril	Osobuco
Sancochado	Bife angosto	Garrón
Asado de tira	Asado cuadrado	Matambre
Pescuezo	Asado de pejerrey	Malaya

Nota. Tomado de INDECOPI (2008).

Músculo estriado esquelético: constituye el tipo de mayor relevancia desde la perspectiva alimentaria. Sus células presentan forma cilíndrica y gran longitud, contienen múltiples núcleos dispuestos hacia la periferia y están delimitadas por una membrana celular denominada sarcolema, además de exhibir estructuras con patrón estriado conocidas como miofibrillas. Dentro de este tejido se distinguen la fibra muscular roja, caracterizada por un metabolismo de tipo aerobio y elevada concentración de mioglobina, y la fibra blanca, vinculada a un metabolismo anaerobio y a menores niveles de dicha proteína (Price & Schweigert, 2001).

Figura 1

Tipos de Músculo en la Carne



Nota. Tomado de Ciencia y Tecnología de la carne, por Hui et al., 2006.

1.4.1.4. Características de la Carne.

Las características que definen a la carne son diversas y presentan amplia aplicabilidad, particularmente en el ámbito de la industria cárnica. Entre las más relevantes se consideran las siguientes:

a) Características sensoriales. - En este grupo se consideran aspectos como el color, el aroma, el sabor y la textura. El color es uno de los factores más importantes al momento de vender carne fresca, ya que los consumidores suelen preferir tonos más claros; en el caso de la carne de res fresca, se reconoce por su color rojo brillante tipo cereza. En cuanto al aroma y al gusto, estos se manifiestan con mayor claridad tras el proceso de cocción, y su apreciación suele estar vinculada a la percepción visual. Por su parte, la textura se relaciona con el grado de ternura o suavidad del producto cárnico (Tellez, 2002).

b) Características químicas. - La carne es vista como un alimento muy nutritivo porque contiene una gran variedad de componentes beneficiosos:

- Agua: presente en dos formas, una fracción ligada mediante interacciones químicas que representa aproximadamente el 4 %, mientras que el resto corresponde a agua libre.

- Carbohidratos: se encuentran en concentraciones reducidas; entre ellos destacan el glucógeno, la fructosa, la ribosa y la glucosa, particularmente en carnes en estado de maduración.
- Lípidos: cumplen funciones de protección frente a la deshidratación de las carcasas, además de mejorar la apariencia y conferir mayor aceptabilidad sensorial, siendo un criterio relevante en la clasificación de las carnes.
- Proteínas: desde una orientación funcional, se clasifican en solubles, como el miógeno y las globulinas, e insolubles o estructurales, como la actina y la miosina. Asimismo, se encuentran otras proteínas como la tropomiosina, la actomiosina y las propias del tejido conectivo, tales como el colágeno y la elastina.
- Minerales: entre los más relevantes se incluyen sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, fosfatos y cloruros; además, en cantidades traza, se identifican cobre, manganeso, zinc, cobalto y molibdeno. Estos elementos se presentan mayoritariamente en forma de sales, principalmente cloruros y fosfatos, lo que favorece su solubilidad en agua. Cabe señalar que la carne presenta bajo contenido de calcio y elevada proporción de fósforo.
- Vitaminas: en comparación con frutas y vegetales, su contenido vitamínico es limitado. Las carnes con mayor proporción lipídica aportan vitaminas liposolubles como A, D y en menor medida E; no contienen vitamina C, y las del complejo B se concentran principalmente en vísceras como hígado, corazón y bazo (Cheftel & Cheftel, 2006).

1.4.1.5. Terneza.

La terneza puede entenderse como la aptitud del tejido cárnico para ser seccionado y triturado durante la masticación. En esta característica intervienen diferentes tipos de proteínas, como las miofibrilares, las sarcoplasmáticas y las del tejido conectivo, siendo el

colágeno el más importante. La forma en que se presenta este último depende del tipo de músculo y de las condiciones del animal, sobre todo de su edad al momento del sacrificio. Asimismo, factores como el manejo antes del sacrificio y las condiciones de almacenamiento influyen de manera importante, ya que afectan las proteínas del músculo y los procesos que ocurren después de la muerte (Aberle et al., 2001; Garriz, 2001; Kerr et al., 2000).

Desde el punto de vista del consumidor, la suavidad de la carne es uno de los aspectos más valorados, lo cual se refleja en que los cortes más tiernos suelen tener un mayor precio (Pietrasik & Shand, 2004). Este atributo sensorial se configura a partir de al menos tres dimensiones: en primer lugar, la facilidad con la que los dientes penetran el tejido al inicio de la masticación; en segundo término, la resistencia que ofrece la carne al fragmentarse; y, finalmente, la cantidad de residuos que permanecen tras el proceso masticatorio (Aberle et al., 2001).

La generación de partículas fragmentadas se asocia con la solidez estructural de las fibras musculares, mientras que el volumen de residuos depende de la proporción de tejido conectivo presente (Foundation, 1960). Diversas investigaciones han evidenciado una marcada variabilidad en este atributo tanto entre distintos músculos de un mismo animal como dentro de una misma estructura muscular. De manera general, aquellos músculos con escasa presencia de tejido conectivo, como el Psoas mayor, tienden a exhibir mayor grado de ternura, a diferencia de los situados en zonas distales de las extremidades, donde la concentración de colágeno resulta más elevada. Esta variabilidad ha generado un interés creciente por esclarecer los factores biológicos que determinan dicha propiedad, considerando que su irregularidad constituye uno de los retos principales para la

producción cárnica a escala global, incluyendo escenarios como Estados Unidos y Puerto Rico (Acevedo, 2004).

Los factores que inciden en esta propiedad pueden agruparse en dos grandes categorías: aquellos previos al sacrificio y los posteriores al mismo. Entre los primeros se incluyen aspectos genéticos, condiciones fisiológicas, régimen alimenticio y prácticas de manejo del ganado. Por su parte, los factores postmortem comprenden variables como el tiempo y la temperatura de refrigeración durante el proceso de maduración, así como los métodos de corte, técnicas de cocción y la aplicación de elementos ablandadores (Destefanis et al., 2000; Maher et al., 2004; Olivan et al., 2004).

Los determinantes previos al sacrificio que inciden sobre la suavidad del tejido cárnico comprenden diversos componentes biológicos y de manejo:

Sexo: Diversas investigaciones han evidenciado que los valores de suavidad suelen ser inferiores en machos enteros en comparación con individuos castrados, mientras que los niveles más altos se registran en hembras, debido a su mayor grado de infiltración grasa respecto a los otros grupos a una misma edad (Peluffo & Rodriguez, 2002). No obstante, el contenido lipídico intramuscular (“marbling”) explica en escasa medida la variabilidad de este atributo ($r = 0.2$), asociándose en mayor proporción con la jugosidad tras la cocción ($r = 0.4$). La menor suavidad en machos enteros se atribuye a la acción de andrógenos, los cuales aceleran la maduración del colágeno, incrementando los enlaces intra e intermoleculares de esta proteína (Aberle et al., 2001).

Alimentación: Cuando los animales reciben una alimentación muy intensiva que acelera su crecimiento, se forma colágeno “nuevo”, el

cual es menos resistente al calor en comparación con el colágeno que ha madurado con el tiempo. Este comportamiento se asocia, de manera general, con una mayor ternura del tejido muscular (Depetris, 2000; Peluffo & Rodriguez, 2002). De igual modo, se ha documentado que los animales alimentados a base de pasturas exhiben una mayor proporción de colágeno soluble en ciertos músculos, como el semitendinoso, en relación con aquellos sometidos a dietas con ensilaje (Listrat et al., 1999).

Genética: La heredabilidad corresponde al grado en que un rasgo puede transmitirse entre generaciones. En este sentido, la suavidad presenta una heredabilidad relativamente elevada (50–60 %), lo que indica su potencial de mejora mediante selección y cruzamientos controlados (Foundation, 1960).

Prácticas de manejo: Las condiciones de estrés antes del sacrificio inducen respuestas hormonales que reducen las reservas de glicógeno, ocasionando alteraciones en el descenso del pH. Esto repercute en características como color, aparición de carne DFD (oscura, firme y seca), vida útil y, en menor medida, en la suavidad (Aberle et al., 2001).

Edad: Este factor ejerce una influencia directa y significativa. En animales jóvenes, la carne presenta mayor suavidad debido a una mayor proporción de colágeno soluble y menor grado de enlaces interfibrilares. Conforme avanza la edad, estos enlaces se estabilizan, disminuyendo la solubilidad del colágeno y aumentando la dureza. Las variaciones más evidentes se aprecian entre los 18 y 42 meses, mientras que a edades mayores las variaciones son menos evidentes (Depetris, 2000; Aberle et al., 2001). Este endurecimiento se asocia principalmente a modificaciones en el colágeno más que a cambios en las miofibrillas (Boles & Swan, 2002).

Textura: Este atributo se relaciona con la organización estructural de los haces de fibras musculares y su separación mediante el perimysio. Músculos con haces de mayor tamaño y mayor densidad de tejido conectivo presentan una textura más gruesa y, en consecuencia, menor suavidad. Este patrón es característico de músculos sometidos a mayor actividad física, como los de las extremidades, en contraste con músculos poco ejercitados como el Psoas mayor, que presentan textura fina y mayor suavidad. Aunque el diámetro de las fibras influye, su relación con la suavidad es moderada cuando se considera el contenido de tejido conectivo, lo que evidencia la complejidad de este atributo (Olivan et al., 2004; Aberle et al., 2001).

En conjunto, estos factores reflejan la naturaleza multifactorial de la suavidad de la carne, donde interactúan variables biológicas, productivas y estructurales que determinan la calidad final del producto.

Los factores posteriores al sacrificio que condicionan la suavidad de la carne comprenden una serie de procesos físicos, químicos y bioquímicos que ocurren durante su conservación y transformación:

Tiempo y temperatura de almacenamiento: La suavidad de la carne está muy relacionada con la acción de un sistema de enzimas llamado calpaínas–calpastatinas, que se encarga de descomponer las estructuras del músculo después de la muerte del animal. Dicho sistema exhibe mayor actividad dentro de intervalos térmicos comprendidos entre 10 y 25 °C, lo que, en términos generales, favorece un aumento progresivo de la suavidad del tejido conforme se eleva la temperatura. Sin embargo, condiciones térmicas más altas incrementan la probabilidad de crecimiento microbiano, lo que puede afectar la inocuidad del

producto (Peluffo & Rodriguez, 2002; Aberle et al., 2001).

Maduración: Tras el sacrificio, el músculo experimenta una transición desde un estado inicial flexible hacia una fase rígida conocida como rigor mortis, producto de la formación de enlaces entre miosina y actina en ausencia de ATP. Posteriormente, durante el periodo de maduración, ocurre una degradación progresiva de las proteínas miofibrilares mediante proteólisis enzimática dependiente de calcio, lo que genera fragmentación de las fibras musculares y mejora de la suavidad. Se ha establecido que un periodo aproximado de 14 días a 5 °C resulta adecuado para optimizar este atributo, mientras que tiempos mayores pueden afectar negativamente las características sensoriales (Boles & Swan, 2002; Aberle et al., 2001).

Refrigeración: Este procedimiento posibilita la preservación del tejido muscular al disminuir la velocidad de proliferación microbiana y atenuar la actividad de los procesos enzimáticos. Se recomienda mantener temperaturas cercanas a 0 °C sin sobrepasar los 5 °C, controlando además la humedad relativa para evitar pérdidas de peso por deshidratación superficial. Asimismo, deben considerarse cambios en la coloración por oxidación de la mioglobina y posibles adaptaciones enzimáticas a bajas temperaturas (Aberle et al., 2001; Lawrie, 1991).

Congelación: Constituye un método eficaz para prolongar la conservación, basado en la formación de cristales extracelulares e intracelulares. La velocidad de congelación es determinante: procesos rápidos generan cristales pequeños que preservan mejor la estructura, mientras que congelaciones lentas producen cristales grandes que dañan las fibras musculares. Una congelación inadecuada puede generar pérdidas de jugosidad y alteraciones texturales tras la descongelación. Además, fenómenos como el “cold shortening” pueden

endurecer la carne si se enfría rápidamente en estado pre-rigor (Aberle et al., 2001; Mortensen et al., 2006).

Cocción: La preparación térmica influye directamente en la percepción final de suavidad. Durante este proceso, las proteínas musculares se desnaturalizan y endurecen progresivamente, mientras que el colágeno tiende a ablandarse y, en ciertos casos, gelatinizarse. La aplicación de temperaturas y tiempos adecuados según el tipo de corte resulta fundamental: carnes con alto contenido de tejido conectivo requieren cocciones prolongadas a temperaturas moderadas, mientras que cortes más tiernos se benefician de tratamientos breves a temperaturas elevadas. Las transformaciones proteicas dependen del umbral térmico de cada componente estructural (Fennema, 1996).

Estimulación eléctrica: Consiste en aplicar corriente eléctrica a la canal antes de que se establezca el rigor mortis, acelerando procesos metabólicos como la glicólisis y el descenso del pH. Este procedimiento favorece una activación temprana de enzimas proteolíticas, reduce el acortamiento por frío y contribuye a la fragmentación de las miofibrillas, mejorando la suavidad. Su eficacia depende de variables como voltaje, frecuencia y duración del estímulo, así como del tipo de fibras musculares predominantes (Aberle et al., 2001; Fennema, 1996; Hwang & Thompson, 2001).

En conjunto, estos factores reflejan que la suavidad de la carne no solo depende de condiciones biológicas previas, sino también de una adecuada gestión tecnológica posterior al sacrificio, donde el control de variables físico-químicas resulta determinante para alcanzar una calidad óptima del producto final.

1.4.2. Clavo de Olor

Denominado de esta manera por su semejanza morfológica con un clavo metálico, ha sido históricamente valorado por su intenso aroma especiado, lo que ha favorecido su uso tanto en la gastronomía como en prácticas de medicina tradicional, especialmente para aliviar afecciones como halitosis y odontalgias. Su origen se sitúa en la región oriental de Indonesia, extendiéndose posteriormente a zonas aisladas de Asia, particularmente en las denominadas Islas Molucas o Islas de las Especies (Sánchez, 2013). Con el paso del tiempo, su utilización se difundió progresivamente desde territorios como Malasia e India hacia diversas islas del océano Índico, hasta llegar al continente americano a través de las rutas de expansión europea en el siglo XVII (Geilfus, 1994).

En la actualidad, la producción de esta especie se concentra principalmente en países como Tanzania, Indonesia, Malasia, Madagascar, India y Sri Lanka. En el contexto latinoamericano, Brasil constituye el único país con cultivo significativo, abarcando aproximadamente 8000 hectáreas y generando una producción anual estimada entre 2450 y 2600 toneladas (Cortés-Rojas, de Souza y Oliveira, 2014).

Desde el punto de vista botánico, el árbol puede alcanzar alturas que varían entre 8 y 15 metros, presentando un tronco de tonalidad grisácea y desarrollo cercano al suelo. Sus hojas jóvenes se caracterizan por una forma alargada, brillante y de contorno ovalado-oblongado. Los botones florales, inicialmente de color rosado, adquieren una tonalidad rojiza al madurar; en esta etapa son recolectados, sometidos a secado y destinados a su comercialización. Si no se cosechan, evolucionan hacia flores rojas agrupadas en racimos y posteriormente originan frutos en forma de baya alargada, de color amarillo o rojizo (Ángeles y Veloz, 2011).

1.4.2.1. Composición Química.

El olor característico del clavo de olor se debe principalmente al eugenol, que representa entre el 72 % y el 90 % de su aceite esencial y se obtiene sobre todo de los botones florales. Este compuesto es el

principal responsable de su aroma. Además, el eugenol actúa sobre bacterias como agente antimicrobiano, alterando la membrana celular, desestabilizando la permeabilidad, interfiriendo con enzimas esenciales y provocando fuga de componentes intracelulares, lo que conduce a la inhibición o muerte bacteriana. El efecto del eugenol, es más marcado contra bacterias Gram positivas como el *Staphylococcus aureus*, aunque también se ha demostrado que posee cierto efecto sobre las bacterias Gram negativas. También, el aceite esencial del clavo de olor, contiene otras sustancias importantes como acetil eugenol, beta-cariofileno y vainillina. También se han identificado otros componentes como compuestos fenólicos y sus derivados, entre ellos el ácido cratégico y algunos taninos como el bicornin y el ácido galotánico, así como salicilato de metilo, que tiene efecto analgésico. Asimismo, están presentes flavonoides como eugenina, kaempferol, ramnetina y eugenitin, además de triterpenos como el ácido oleanólico, estigmasterol y campesterol, junto con otros compuestos como los sesquiterpenos (Ceballos et al., 2008).

1.4.2.2. Aplicaciones del Clavo de Olor.

De acuerdo con Aguilar & Lopez (2013), esta especie presenta una amplia diversidad de usos en distintos sectores productivos, debido a las características biológicas atribuidas a sus aceites esenciales y extractos, entre las que destacan efectos bactericidas, antifúngicos y antivirales. Dichas actividades han sido validadas experimentalmente, identificándose al extracto etanólico y al eugenol de *S. aromaticum* como los principales responsables de su acción antimicrobiana. En consecuencia, existe una elevada demanda de sus botones deshidratados y pulverizados.

En el ámbito alimentario, se emplea como agente conservante de origen natural, contribuyendo a prolongar la estabilidad de los productos

frente a microorganismos patógenos. Adicionalmente, sus extractos son utilizados como aromatizantes y elementos odoríferos. De manera paralela, en las industrias de perfumería y cosmética se incorporan sus aceites y derivados por sus características sensoriales.

En el sector agrícola, se ha documentado su utilización como repelente frente a insectos, incluyendo especies como la mosca transmisora de fiebre amarilla y vectores de enfermedades como la filariasis y la malaria, los cuales han mostrado sensibilidad ante soluciones elaboradas con esta especie.

En el campo de la medicina tradicional, su uso se remonta al siglo XIII, especialmente en el ámbito odontológico, donde ha sido empleado como analgésico y antiespasmódico en el tratamiento de dolor dental y articular. Este efecto se debe a que el eugenol actúa sobre ciertos canales de las células, como los de calcio, sodio y cloruro, y también porque puede bloquear la acción de la capsaicina. Por otro lado, el clavo de olor destaca por su gran capacidad antioxidante, gracias a la presencia de compuestos fenólicos como ácidos fenólicos, flavonoides, aceites volátiles (como el eugenol y el acetil eugenol) y taninos. Estos compuestos ayudan a reducir los procesos de oxidación en las células al neutralizar los radicales libres (Cortés-Rojas et al., 2014).

1.4.3. Aceites Esenciales

Los aceites esenciales son mezclas volátiles con una composición química compleja, producidas por algunas plantas y responsables de su aroma característico. Desde el punto de vista técnico, se obtienen principalmente mediante destilación con vapor de agua o por presión en la cáscara de ciertos frutos (Kuklinkski, 2000). Aunque a veces se les llama “esencias”, este término es más general, ya que incluye otras sustancias aromáticas que no siempre son aceites esenciales.

A temperatura ambiente, estos compuestos son líquidos, por lo general transparentes o con un ligero color amarillento. Algunos pueden ser inflamables y, en la mayoría de los casos, son menos densos que el agua, aunque existen excepciones como los aceites de clavo y canela. Se caracterizan por no disolverse bien en agua, pero sí en sustancias como el hexano o el éter. Su disolución en alcohol depende de la concentración de este, siendo mayor en alcoholes más puros. Además, tienen propiedades que les permiten desviar la luz y reaccionan fácilmente con el oxígeno, lo que puede hacer que con el tiempo formen sustancias más espesas o resinosas (Kuklinkski, 2000).

1.4.3.1. Composición Química.

Los aceites esenciales constituyen sistemas multicomponentes variables, integrados en algunos casos por más de 200 sustancias, agrupadas principalmente en dos categorías de origen biogénico diferenciado: los terpenoides y los derivados del fenilpropano, además de otros compuestos secundarios (Bruneton, 2001).

- **Terpenoides:** Dentro de esta categoría se agrupan las sustancias de mayor volatilidad y reducido peso molecular, entre las cuales destacan los monoterpenos (acíclicos como el mirceno, monocíclicos como el p-cimeno y bicíclicos como el pineno) así como los sesquiterpenos, los cuales pueden presentarse en forma de hidrocarburos monocíclicos o policíclicos (β -bisaboleno), alcoholes (farnesol), cetonas (nootkatona), aldehídos (sinensales) y ésteres (acetato de cedrilo) (Bruneton, 2001).
- **Derivados del fenilpropano:** Son menos abundantes y corresponden principalmente a compuestos fenólicos como alil y propenilfenoles, además de algunos aldehídos y lactonas. También pueden hallarse moléculas con estructuras C6-C1, como la vainillina (Bruneton, 2001).
- **Compuestos de origen diverso:** incluyen sustancias que se forman

a partir de cambios en moléculas que inicialmente no eran volátiles. En este grupo se encuentran productos derivados de la degradación de ácidos grasos, como los hexenales y los ácidos jazmónicos, así como compuestos relacionados con los terpenos, como las iononas (que se forman por la oxidación de carotenoides) y las ironas (provenientes de la oxidación de ciertos triterpenos). También pueden aparecer compuestos con nitrógeno, aunque en menor cantidad, como las pirazinas y algunas aminas volátiles (Bruneton, 2001).

Desde el punto de vista de la cantidad, los componentes principales pueden representar hasta el 85 % del aceite, mientras que el resto corresponde a sustancias presentes en cantidades muy pequeñas. Esta composición puede variar dependiendo de factores como el tipo de planta, la parte utilizada, el clima y el suelo, las prácticas de cultivo, la forma de extracción y las condiciones en las que se almacena el producto (Zekaria, 2010) (Zekaria, 2010).

1.4.3.2. Aceite Esencial del Clavo de Olor.

El aceite esencial de clavo se obtiene mediante procesos de destilación aplicados a distintas partes del árbol *Syzygium aromaticum*, como los botones florales, los tallos y las hojas. Este producto ha sido considerado seguro por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos, al clasificarlo como GRAS (Generally Regarded As Safe), siempre que su uso no supere las 1500 ppm en alimentos. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS), junto con el comité de expertos en aditivos alimentarios, ha establecido que su consumo diario seguro en personas es de hasta 2.5 mg por kilogramo de peso corporal (Gülcina et al., 2012).

Desde un enfoque funcional, este aceite presenta una notable

capacidad antioxidante, ya que contribuye a limitar procesos de oxidación lipídica tanto en alimentos como en productos farmacéuticos, retardando la generación de compuestos tóxicos. Este efecto favorece la conservación del valor nutricional y extiende la estabilidad de los productos (Gülcina et al., 2012). Estudios complementarios han evidenciado que, bajo condiciones comparables, su capacidad para neutralizar radicales libres resulta superior a la de antioxidantes sintéticos como BHA y BHT. De igual modo, se ha demostrado su efecto inhibidor sobre radicales hidroxilo y su participación en la supresión de procesos de peroxidación lipídica (Jirovetz et al., 2006).

El eugenol (4-alil-2-metoxifenol), que constituye entre el 90 % y el 95 % de la composición del aceite, es el principal responsable de estas características, destacando por su capacidad de captación de especies reactivas, lo que lo posiciona como un antioxidante de origen natural. Además, el aceite ha mostrado capacidad para inhibir radicales peróxidos y ejercer una función quelante frente a iones de hierro con potencial pro-oxidante (Jirovetz et al., 2006).

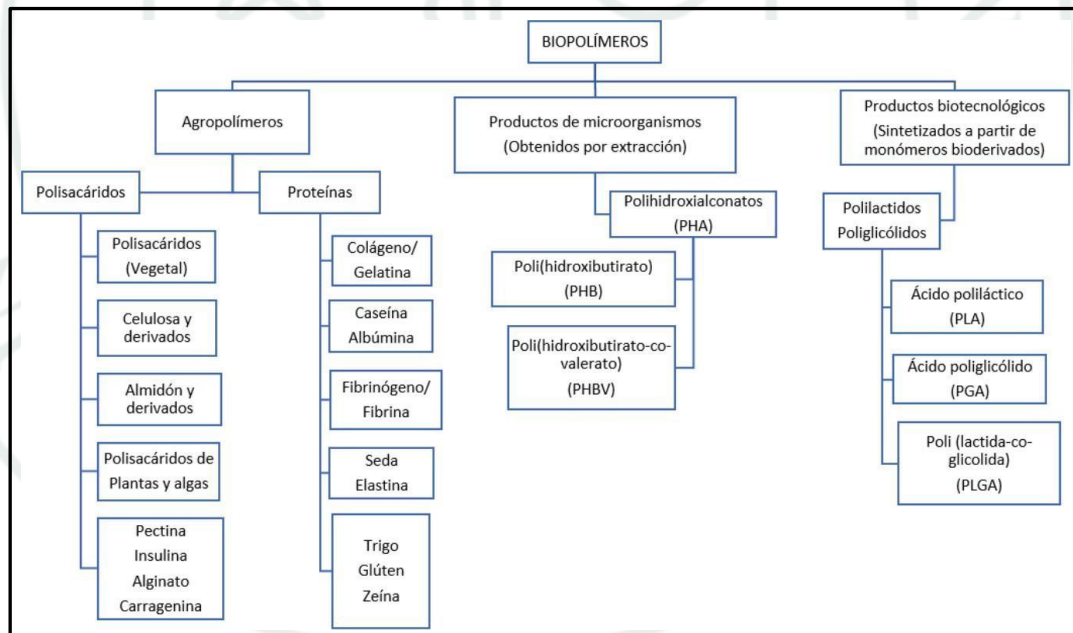
1.4.4. Biopelículas

Los biopolímeros representan alternativas a los materiales plásticos convencionales, contribuyendo a disminuir impactos ambientales y la dependencia de recursos derivados del petróleo. Estos materiales, utilizados como base para soluciones de envasado, presentan características biodegradables que permiten su descomposición completa en condiciones adecuadas, facilitando su compostabilidad (Zhong et al., 2020). Estos compuestos pueden derivarse de fuentes vegetales, tales como almidón, celulosa, hemicelulosa y lignina, así como de origen animal, entre los que se incluyen queratina, colágeno, polímeros de procedencia microbiana y quitina. La selección del material depende, entre otros factores, de su disponibilidad y costo. Su clasificación responde a criterios relacionados con su origen, método de síntesis y proceso de obtención.

Por su parte, los recubrimientos comestibles corresponden a capas delgadas aplicadas sobre los alimentos o entre sus componentes, cuya función principal es actuar como barrera protectora. Estas configuraciones contribuyen a extender el periodo de conservación al restringir la difusión de humedad, dióxido de carbono, oxígeno y otros compuestos. Asimismo, pueden funcionar como matrices portadoras para la incorporación de aditivos, compuestos con actividad antioxidante o elementos antimicrobianos (M. Aguilar, 2005).

En este contexto, una película comestible (PC) se define como una matriz previamente formada y de reducido espesor, destinada a cubrir o interponerse entre los componentes de un alimento, contribuyendo a su protección y conservación (Quintero et al., 2010; Fernandez et al., 2013).

Figura 2
Clasificación de los Polímeros



Nota. Tomado de Renewable and sustainable biobased materials: An assessment on biofibers, biofilms, biopolymers and biocomposites, por Vinod et al., 2020, Journal of Cleaner Production

Un recubrimiento comestible (RC) es una capa delgada que se forma directamente sobre la superficie de un alimento, por lo general al sumergirlo en una solución que luego se seca y se vuelve estable (Fernandez et al., 2013; Quintero et al., 2010).

Para elaborar este tipo de materiales se utilizan diferentes métodos, como el secado en placa (casting), la aplicación de presión o la extrusión. En su preparación, es necesario incluir al menos un componente que permita formar una estructura sólida, junto con un disolvente y un plastificante. Como base, suelen emplearse sustancias de origen proteico, polisacárido o lipídico (Musso, 2017; Ramos et al., 2016).

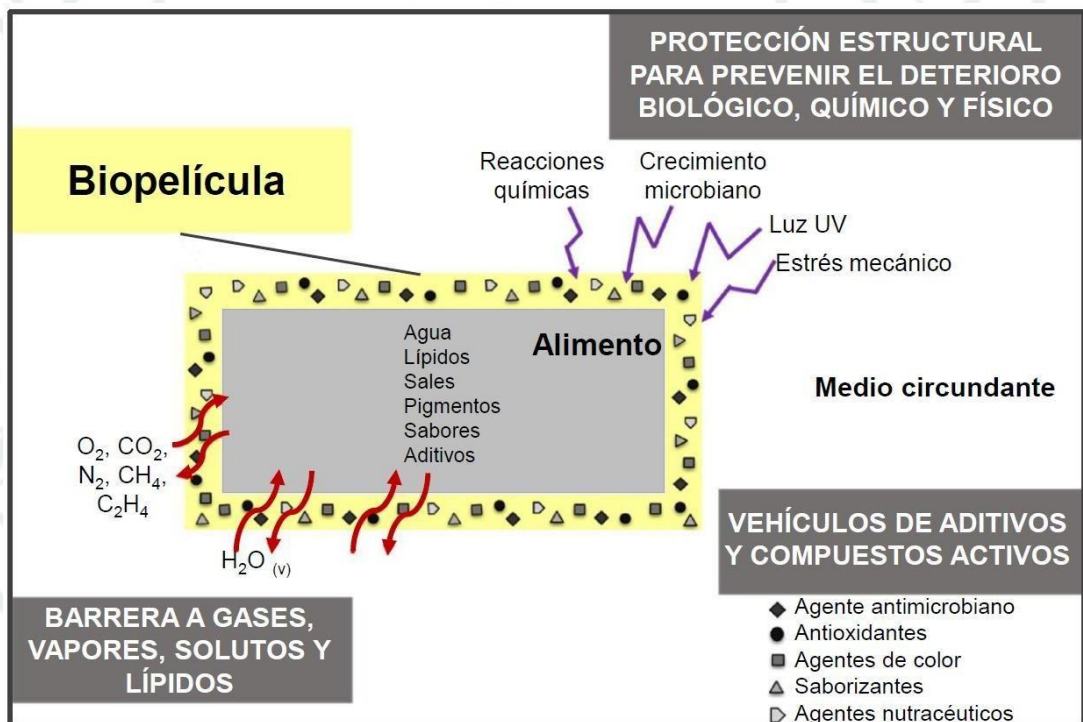
En cuanto a su funcionalidad, estas estructuras desempeñan múltiples roles, tales como la limitación del paso de gases, vapores, lípidos y solutos, así como la provisión de soporte mecánico que reduzca daños durante etapas de transporte y comercialización. Asimismo, contribuyen a restringir procesos de deterioro como la oxidación, la proliferación microbiana y otras transformaciones químicas. De forma complementaria, estas matrices pueden utilizarse para mejorar características sensoriales como la apariencia y la textura, además de funcionar como sistemas portadores de compuestos activos, entre ellos antimicrobianos, antioxidantes, nutraceuticos, colorantes y elementos aromáticos (Salgado et al., 2015; Han & Scanlon, 2014).

Una biopelícula activa puede entenderse como una estructura constituida por biomateriales integrados con tecnologías diseñadas para establecer interacción con el ambiente gaseoso interno y/o con el propio alimento. Este enfoque permite alterar las condiciones del microambiente del envase; particularmente en la interfase con el producto, mediante la remoción o incorporación de gases en el espacio de cabeza. Dicho control puede lograrse a través de compuestos capaces de liberar o captar gases y vapores.

Entre las alternativas más representativas dentro del envasado activo se encuentran los sistemas capaces de captar oxígeno, los dispositivos generadores o absorbentes de CO₂, los reguladores de humedad, los captadores de etileno, así como los retenedores o emisores de compuestos aromáticos, además de aquellos con actividad enzimática y los que presentan acción antimicrobiana. La integración de estas funcionalidades, especialmente aquellas con efecto antioxidante y antimicrobiano, configura una estrategia innovadora en el ámbito del envasado alimentario, orientada a prolongar la estabilidad del producto y a mantener o mejorar sus atributos de calidad e inocuidad (Ahvenainen, 2014).

Figura 3

Principales Funciones de las Biopelículas



Nota. Tomado de Edible films and coatings containing bioactives, por Salgado et al., 2015, Current Opinion in Food Science

1.4.5. Actividad Antioxidante

Desde hace tiempo se sabe que varias especias tienen la capacidad de actuar como antioxidantes. Estudios han mostrado que el romero, la salvia, el orégano, el

tomillo, la albahaca, el clavo de olor y la canela ayudan a evitar procesos de oxidación (Pizzale et al., 2002; Zheng & Wang, 2001).

Tomaino et al. (2005) analizaron aceites esenciales de distintas especias a temperatura ambiente usando una prueba con el radical DPPH. Encontraron que el aceite de clavo fue el más efectivo, seguido por la canela, la nuez moscada, la albahaca, el orégano y, por último, el tomillo. Además, el aceite de *Thymus serpyllus* mostró una acción antioxidante similar a la de un compuesto sintético conocido como BHT, lo cual se relaciona con la presencia de timol y carvacrol.

En el caso del aceite de orégano (*Origanum vulgare* L.), su efecto antioxidante fue parecido al de la vitamina E y al BHT, aunque menor que el de la vitamina C (Kulisic et al., 2004). Esto también se debe a compuestos como el timol y el carvacrol. Por su parte, el aceite de clavo y su componente principal, el eugenol, también mostraron actividad antioxidante en diferentes pruebas, aunque no superaron a compuestos como la vitamina E o el BHT (Lee & Shibamoto, 2001).

Por otro lado, Tepe et al. (2004) demostraron que los aceites de *Salvia cryptantha* y *Salvia multicaulis* pueden neutralizar radicales libres mejor que la vitamina C y el BHT. Sustancias como el timol, carvacrol y eugenol tuvieron un efecto muy alto, logrando reducir casi toda la oxidación en ciertas condiciones. Cuando se usaron en menor cantidad, el eugenol fue el que tuvo mejor resultado. Otros compuestos como el linalol y el cineol mostraron un efecto más limitado.

También se ha comprobado que compuestos como el eugenol (del clavo), el linalol (del cilantro) y el cuminaldehído (del comino) ayudan a evitar la oxidación de las grasas. Lo hacen al neutralizar radicales libres y activar defensas del propio organismo, sin afectar componentes importantes como las grasas o antioxidantes naturales como la vitamina E y la vitamina C (Reddy & Lokesh, 1994).

1.4.6. Actividad Antimicrobiana

Los aceites esenciales pueden ayudar a eliminar muchos microbios que estropean los alimentos o causan enfermedades. Entre ellos hay bacterias como *E. coli*, *Yersinia enterocolitica*, *P. aeruginosa* y *S. choleraesuis*, así como otras como *L. monocytogenes*, *S. aureus* y *B. cereus*. También pueden afectar levaduras como *S. cerevisiae*, *Candida albicans* y *Debaryomyces hansenii*, y hongos como *Alternaria alternata*, *A. niger*, *Botrytis cinerea*, *A. flavus* y *Penicillium roqueforti*.

Penalver et al. (2005) demostraron que los aceites de orégano y tomillo pueden frenar el crecimiento de bacterias dañinas como *E. coli* y varios tipos de *Salmonella*, gracias a sustancias como el carvacrol y el timol. Por otro lado, Viuda et al. (2008) evaluaron aceites de orégano, salvia, clavo, romero y comino frente a diferentes bacterias, encontrando que todos funcionaban, aunque el orégano fue el más efectivo. En el caso del tomillo, la salvia y el romero, su efecto dependía de la cantidad que se utilizaba.

Por último, también se ha comprobado que algunos aceites esenciales pueden actuar contra bacterias que causan enfermedades transmitidas por alimentos, como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni* y *Clostridium perfringens* (Wannissorn et al., 2005).

1.4.7. Vida en Anaquel

El Institute of Food Technologists (IFT) de Estados Unidos conceptualiza la vida en anaquel como el intervalo comprendido entre la elaboración y su disponibilidad en el mercado minorista, durante el cual un alimento mantiene condiciones de calidad aceptables (Vergara, 2006; citado por Estrada, 2017). Por su parte, los lineamientos del IFST (1993), citados por Correa (2015), proponen una definición más integral, señalando que este periodo corresponde al lapso en el cual el producto (a) garantiza su inocuidad, (b) conserva atributos sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos adecuados, y (c) dispone de información nutricional correctamente declarada en su etiquetado. En términos generales, el

término de este periodo se identifica cuando las muestras almacenadas evidencian cambios perceptibles respecto a sus características iniciales.

Correa (2015) indica que la vida útil es el tiempo máximo durante el cual un alimento puede mantenerse en buenas condiciones, bajo condiciones ambientales específicas, mantiene sus atributos de calidad y su aceptabilidad sin presentar deterioros relevantes. Entre los factores externos que influyen en su estabilidad se incluyen la humedad, la disponibilidad de oxígeno, la presencia de compuestos volátiles no deseados, la contaminación física, la exposición lumínica, así como las condiciones de tiempo y temperatura.

Según Labuza, citado por Correa (2015), la duración de este periodo está determinada principalmente por cuatro elementos: La vida útil depende de varios factores, como la forma en que se prepara el producto, el proceso de elaboración, el tipo de envase y las condiciones en las que se almacena. La formulación se refiere a elegir correctamente las materias primas y los ingredientes, de manera que el producto sea seguro, estable y agradable para el consumidor. El procesamiento, por su parte, somete los componentes a condiciones que limitan reacciones de deterioro y favorecen transformaciones fisicoquímicas deseables que definen las características finales del producto. Una vez finalizada esta etapa, la conservación de dichas características dependerá del microambiente generado por el envase. En este contexto, factores como los gases presentes en el ambiente (como oxígeno o dióxido de carbono), la humedad, la presión, la luz y la temperatura son muy importantes, ya que dependen tanto del tipo de envase como de cómo se almacena el producto.

Asimismo, se distinguen diferentes fases en la evolución del producto, que abarcan desde su producción hasta etapas de maduración, envejecimiento y almacenamiento, tanto en envase cerrado como tras su apertura, considerando conceptos como vida útil primaria, secundaria y vida segura.

Por otro lado, Mantis et al. (2005) señalan que la duración y calidad de este

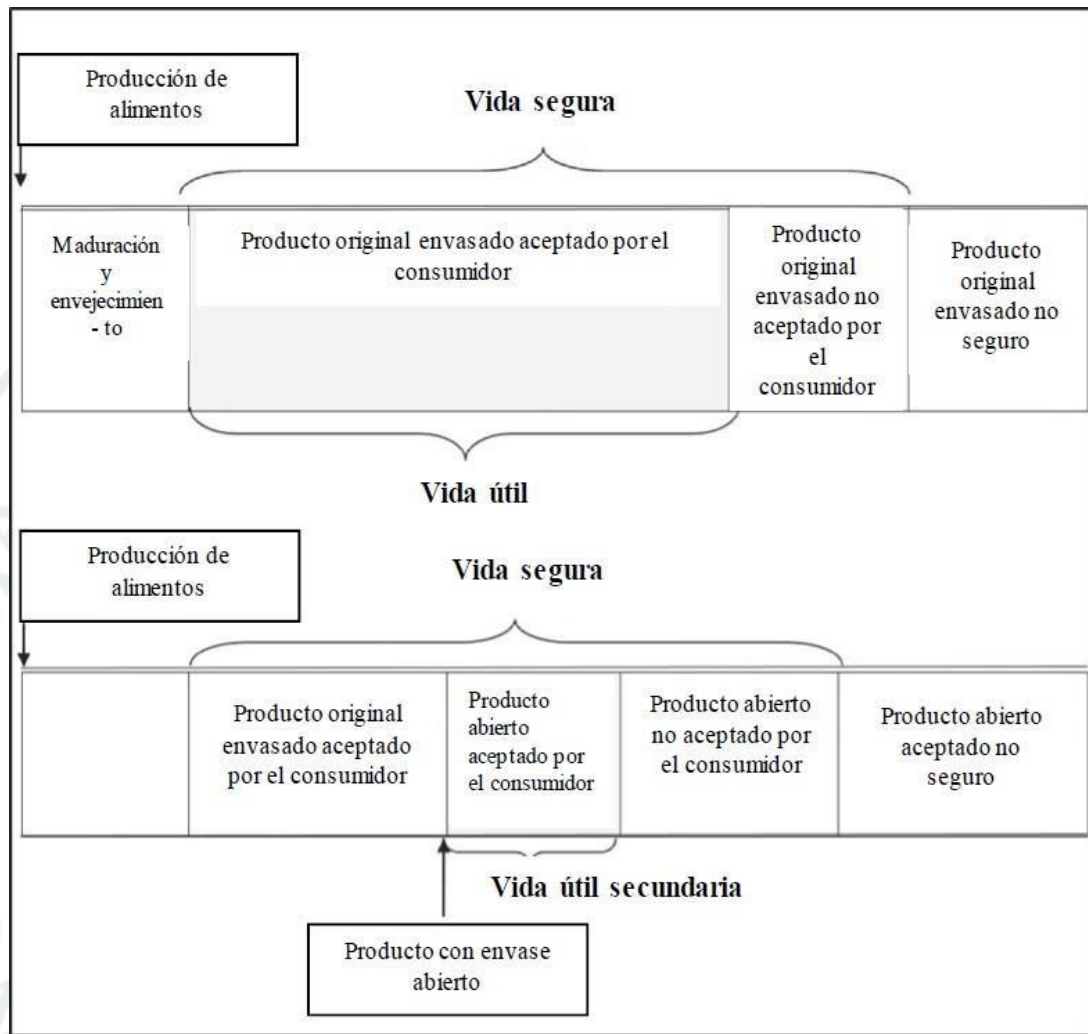
periodo están fuertemente influenciadas por la formulación y las tecnologías aplicadas en el procesamiento. Entre los indicadores de mayor importancia se incluyen la actividad de agua, el pH inicial y la adición de compuestos funcionales. En particular, se establece que, en productos sometidos a tratamientos térmicos prolongados, la actividad de agua debe mantenerse dentro de un intervalo comprendido entre 0.91 y 0.95. Los resultados de dicho estudio evidencian que este parámetro tiene una influencia más determinante que el pH en la estabilidad del producto.

McMillin (2017) señala que, en el ámbito del envasado de productos cárnicos, existe una amplia diversidad de materiales disponibles. Entre estas alternativas, se destacan las películas formuladas a partir de ácido poliláctico (PLA), las cuales presentan restricciones vinculadas a su carácter frágil y a su alta permeabilidad al oxígeno, lo que limita su aplicación en determinados productos. Por el contrario, los materiales hechos a partir de maíz con alto contenido de amilosa dejan pasar menos oxígeno, incluso mejor que el material conocido como Etilen-Vinil-Alcohol (EVOH). Asimismo, se han desarrollado envases termoformables a partir de papel para carne refrigerada en porciones, los cuales poseen la ventaja de ser reciclables; no obstante, su capacidad de estiramiento se limita a 12 mm, lo que condiciona su uso a cortes delgados.

El autor también menciona el desarrollo de envases inteligentes, que están diseñados para liberar poco a poco sustancias que ayudan a evitar el crecimiento de microorganismos o la oxidación de los alimentos. Sin embargo, en la actualidad, la nisina es la única bacteriocina permitida en Estados Unidos, ya que este tipo de compuestos se considera como aditivos alimentarios. En paralelo, se han evaluado sistemas antioxidantes destinados a reducir la oxidación lipídica en productos como hamburguesas de pollo sometidas a procesamiento por alta presión (HPP). Adicionalmente, se contemplan otras estrategias como el uso de absorbentes de humedad, emisores de dióxido de carbono y captadores de oxígeno.

Figura 4

Etapas de Vida de un Producto Alimenticio



Nota. Tomado de Accelerated shelf life testing, por Calligaris et al., 2019, Food Quality and Shelf Life

Por otro lado, Bingöl & Bostan (2007) realizaron estudios en salchichas para reemplazar el nitrito de sodio por lactato de sodio y ver cómo afectaba la duración del producto. Los resultados mostraron que al usar lactato se logró retrasar el crecimiento de microorganismos, especialmente de ciertas bacterias que se desarrollan sin oxígeno, lo que demuestra que puede funcionar como un buen agente antimicrobiano. Asimismo, no se detectaron cambios relevantes en las características sensoriales ni en el pH, observándose incluso una mejora parcial en el sabor. No obstante, se identificó una posible desventaja en términos de aceptación del

consumidor, debido a la ausencia del característico color rojo intenso asociado al uso de nitrito de sodio.

Finalmente, Savic (2012) indica que los materiales de envasado multicapa suelen estructurarse en configuraciones de cinco capas; sin embargo, las alternativas de siete capas han ganado relevancia debido a su mayor eficiencia como barrera. No obstante, el uso de materiales con permeabilidades reducidas no siempre resulta imprescindible, particularmente en productos cocidos con periodos de conservación de 2 a 3 meses, como sucede en gran parte de Europa. En contraste, en zonas con condiciones climáticas más cálidas, como determinadas regiones de América del Sur, Estados Unidos y Europa, se hace necesario emplear envases con mayores características de barrera, con el objetivo de evitar problemas cuando se rompe la cadena de frío y reducir la pérdida de peso durante el almacenamiento prolongado.

1.4.7.1. Tipos de Estudio para Determinar la Vida en Anaquel de un Alimento.

La evaluación de la estabilidad y duración comercial de los alimentos constituye una herramienta esencial dentro del sector alimentario, tanto para la introducción de nuevos productos como para analizar el impacto de modificaciones en los procesos productivos o en la formulación. La prolongación de este intervalo no depende únicamente de las características intrínsecas del alimento, sino también de factores como los tratamientos aplicados para garantizar su inocuidad y conservación, el tipo de envase y las condiciones en las que se guarda el producto, especialmente la temperatura y la humedad (Hough et al., 2003).

- Ensayos en tiempo real: Este enfoque implica conservar el producto bajo las condiciones previstas de almacenamiento, particularmente en lo referente a la temperatura. Entre sus ventajas, permite monitorear de manera progresiva los atributos críticos de calidad hasta alcanzar niveles límite, reproduciendo escenarios cercanos a la realidad. No obstante, este enfoque presenta restricciones relacionadas con la

extensa duración de los estudios, la ausencia de microorganismos patógenos en determinados casos y la dificultad para extrapolar los resultados cuando se modifican las condiciones iniciales.

- Pruebas aceleradas de vida útil: Este tipo de evaluación somete al producto a condiciones más rigurosas que las habituales, tales como temperaturas elevadas, aumentos en la humedad o mayores concentraciones de oxígeno, con la finalidad de intensificar los procesos de deterioro y estimar la vida comercial en un periodo más reducido. Resultan especialmente útiles en productos de larga duración, así como para validar cambios en formulaciones o procesos. No obstante, pueden presentar márgenes de error y generar alteraciones que no se manifiestan en circunstancias normales de conservación (Agrimundo, 2015; Gomez, 1999).
- Challenge tests: Consisten en la inoculación controlada de un alimento con un microorganismo específico considerado de riesgo, con el fin de observar su comportamiento a lo largo de las distintas etapas del producto, desde su elaboración hasta el consumo. Su principal fortaleza reside en la capacidad de analizar de manera directa la interacción entre el microorganismo y el entorno propio del alimento. Sin embargo, se trata de procedimientos complejos, demandantes en recursos y cuyos resultados son aplicables únicamente al sistema evaluado (Carrillo, 2013).
- Microbiología predictiva: Se basa en el modelamiento del crecimiento o inactivación microbiana en función de variables ambientales, permitiendo anticipar el comportamiento de los microorganismos en el producto. Su carácter versátil lo hace útil en etapas preliminares de desarrollo, ya que permite explorar múltiples escenarios sin necesidad de ensayos extensivos. Sin embargo, demanda una verificación posterior mediante ensayos que permitan corroborar su comportamiento bajo condiciones reales del producto (Cabeza, 2013).

1.5. Objetivos de la Indagación

1.5.1. Objetivo General

Evaluar la vida en anaquel de asado de tira de res refrigerada con una biopelícula activa con capacidad antimicrobiana y antioxidante a partir de aceite esencial de clavo

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar la formulación adecuada para la elaboración de la biopelícula para proteger el asado de tira de res
- Establecer la concentración adecuada de aceite esencial de clavo para ser adicionado en la biopelícula para proteger el asado de tira de res
- Encontrar la vida en anaquel del asado de tira de res después de aplicar la biopelícula con aceite esencial de clavo, evaluando diferentes temperaturas de refrigeración.

1.6. Hipótesis

El aceite esencial de clavo aplicado a una biopelícula protege, el asado de tira de res refrigerado, del ataque microbiano y de los procesos de oxidación, alargando su vida en anaquel.



CAPÍTULO II
METODOLOGÍA

2.1. Ubicación Espacial y Temporal

El desarrollo de la indagación se llevó a cabo en la Universidad Católica de Santa María y en la UNSA, ambas ubicadas en Arequipa – Perú.

2.2. Metodología

2.2.1. Descripción General

2.2.1.1. Materia prima e insumos

- Se utilizó como materia prima el corte denominado asado de tira de res, adquirido en el mercado de San Camilo (Arequipa. Perú). La carne correspondía a un ejemplar hembra de aproximadamente 30 meses de edad, sacrificado en el matadero del terminal de la ciudad de Arequipa.
- Se utilizó almidón de papa de la marca Starch soluble AR/ACS, cuyo proveedor es Loba Chemie PVT LTD.
- Se utilizó la glicerina cuyo nombre químico es glicerol/propano-1,2,3-triol. Este insumo es de grado USP, con una pureza mayor al 99.5 %.
- Se utilizó ácido acético glacial con una pureza del 99.5 %, proveído por la compañía química industrial S.R.L.
- Se utilizó aceite esencial de clavo de olor, de procedencia de la ciudad de Lima, proveído por la empresa Fast-Lab.

2.2.1.2. Elaboración de Biopelícula.

Para la obtención de la biopelícula con aceite esencial de clavo se siguió el siguiente proceso:

- Preparado del almidón: se determinó la cantidad de almidón establecida en la formulación y se incorporó en un vaso de precipitado de 250 ml que tenía agua destilada.
- Agitación y calentamiento: el calentamiento se hizo a través de un baño maría con constante agitación hasta alcanzar los 50 °C
- Incorporación del aceite esencial de clavo: una vez alcanzados los 50 °C, se añadió el aceite esencial de clavo, continuando el

calentamiento hasta llegar a los 60 °C.

- Adición de glicerina: cuando se alcanzó la temperatura de 60 °C, se añadió la glicerina y se homogenizó por un tiempo de 1 minuto.
- Adición de ácido acético: después se agregó el ácido acético y se siguió mezclando de forma continua hasta que el almidón alcanzó su temperatura de gelatinización
- Moldeado: después de alcanzar la temperatura de gelatinización del almidón la mezcla se colocó en un pirex, para darle la forma rectangular a la biopelícula.
- Secado: luego de obtenida la biopelícula, se dejó secar por un lapso de 48 horas a temperatura ambiente.
- Almacenamiento: se retiraron los bioplásticos de los moldes para ser almacenados en refrigeración, hasta realizar las pruebas respectivas.

2.2.1.3. Capacidad Antimicrobiana

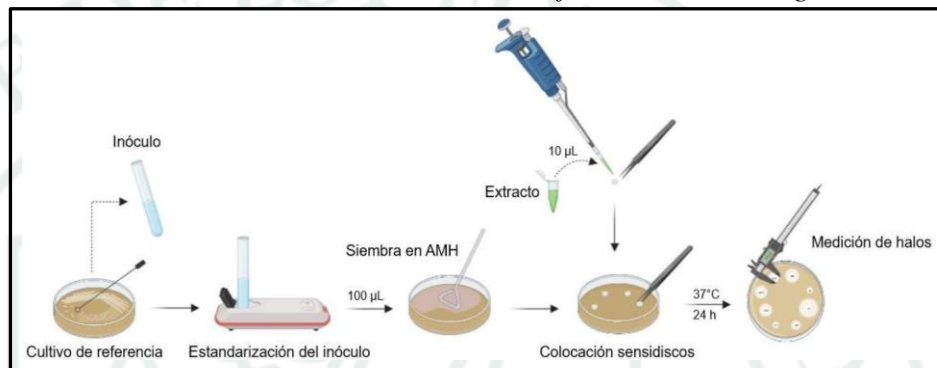
La actividad antimicrobiana fue determinada conforme al procedimiento propuesto por Bauer et al. (1959), incorporando ligeras adaptaciones. Con este propósito, se seleccionaron entre tres y cinco colonias con morfología similar a partir del cultivo de referencia (5.5.1), las cuales fueron suspendidas en una solución de NaCl al 0.9 %. Posteriormente, la turbidez del inóculo se ajustó hasta alcanzar una concentración de 1.5×10^8 células/mL, equivalente a 0.5 en escala McFarland.

Luego, se colocaron 100 μ L de cada suspensión de microorganismos ya preparada sobre la superficie de placas con medio AMH. Después de cinco minutos, se pusieron discos de papel filtro estériles de 6 mm de diámetro, previamente impregnados con 10 μ L del extracto que se estaba evaluando. Como control negativo se utilizó una solución de DMSO al 5 %. Las placas se incubaron a 37 °C durante 18 a 24 horas. Al finalizar este tiempo, se midieron las zonas donde no

crecieron bacterias (halos de inhibición) usando un pie de metro, registrando los valores en milímetros (mm). Cada prueba se realizó tres veces (Figura 5).

Figura 5

Esquema Metodológico para la Evaluación de la Actividad Antimicrobiana Mediante la Técnica de Difusión en Medio Agarizado



Nota. Tomado de Farfan (2024), Universidad de Chile.

2.2.1.4. Capacidad Antioxidante.

- **Reactivo de DPPH (2-2-difenil-picrilhidrazilo)**

La obtención de la solución del radical DPPH se realizó en metanol a una concentración de 300 µM; para su preparación, se cuantificaron 3 mg del reactivo, los cuales fueron disueltos en una fiola de 25 mL, asegurando su resguardo frente a la exposición lumínica.

- **Solución stock de trolox**

La solución principal de trolox, con una concentración de 1598 µM, se preparó usando metanol. Para ello, se pesaron 4 mg del compuesto y se completó el volumen hasta 10 mL en una fiola.

- **Preparación de patrones**

Se procedió a preparar cinco soluciones patrón de trolox en diferentes niveles de concentración, manejando volúmenes que van desde los 25 a los 125 µL, correspondientes a cada concentración establecida.

Tabla 2*Patrones de DPPH*

N° Patrón	Volumen de solución stock de Trolox (μL)	Concentración (μM)
1	25	20
2	50	40
3	75	60
4	100	80
5	125	100

Nota: Tomado de Cardenas & Paye (2021), Universidad Católica de Santa María

- **Curva de calibración**

Para la crear la curva de calibración, se prepararon cinco soluciones estándar en fioas de 10 mL, conforme a lo indicado en la tabla 3. En cada caso, se incorporaron 2,4 mL de las soluciones patrón obtenidas a partir de la solución stock de trolox, junto con 3 mL del radical DPPH, completándose posteriormente el volumen con metanol hasta alcanzar los 10 mL. De manera adicional, se elaboró un blanco constituido por 5 mL de DPPH y metanol.

Tabla 3*Curva de Calibración para DPPH*

N° St	Concentración (μM)	Patrones (mL)	DPPH (mL)	Metanol (mL)	Vol final (mL)
1	20	2,4	3	4,6	10
2	40	2,4	3	4,6	10
3	60	2,4	3	4,6	10
4	80	2,4	3	4,6	10
5	100	2,4	3	4,6	10
Blanco	0	0	5	5	10

Nota: Tomado de Cardenas & Paye (2021), Universidad Católica de Santa María

La mezcla fue mantenida en reposo durante 30 minutos sin luz, tras lo cual se efectuó la lectura a 515 nm mediante un espectrofotómetro (Mettler Toledo UV/VIS).

2.2.1.5. Estudio de Vida en Anaquel.

Para el estudio de vida en anaquel de la carne de res (asado de tira), se realizaron los siguientes pasos:

- Elaborado de envases de aluminio: se elaboró envases con papel aluminio de forma rectangular de acuerdo al tamaño de bioplásticos obtenidos en el procedimiento anterior.
- Envasado de la carne: se realizaron cortes al asado de tira de un tamaño tal que puedan ser introducidos en el envase de aluminio elaborado.
- Colocado de bioplástico: luego de introducir la carne con hueso en el envase de aluminio, se colocó en la parte superior como una tapa el bioplástico elaborado, de tal manera que logre hermetizar el envase.
- Almacenado: los envases con la carne de res serán colocados en una cámara de refrigeración a diferentes temperaturas, en donde se realizarán pruebas químicas para establecer la idoneidad del producto para su consumo.

2.2.2. Diseños Experimentales

2.2.2.1. De la Materia Prima.

- Evaluación organoléptica: se hizo una valoración sensorial del asado de tira de carne bovina al momento de su recepción en las instalaciones del laboratorio de la UNSA.
- Determinación química proximal: se efectuaron análisis correspondientes al contenido de humedad, proteínas, lípidos y cenizas.
- Evaluación microbiológica: se realizaron ensayos según los criterios

microbiológicos determinados por el Ministerio de Salud, incluyendo el recuento de aerobios mesófilos y la detección de Salmonella sp.

2.2.2.2. Experimento N° 1.

Objetivo:

Determinar la formulación adecuada para la biopelícula para asado de tira de res refrigerada de tal manera que se logre las mejores características del mismo.

Variables:

Se consideró una única variable independiente, la cual fue abordada mediante la aplicación de un diseño completamente al azar.

Formulación 1		Formulación 2		Formulación 2	
Ingrediente	Cantidad	Ingrediente	Cantidad	Ingrediente	Cantidad
Almidón de papa	6 %	Almidón de papa	7 %	Almidón de papa	8 %
Glicerina	2.25 %	Glicerina	2.50 %	Glicerina	2.75 %
Ácido acético*	7.5 %	Ácido acético*	8 %	Ácido acético*	7 %

*: El ácido acético en una biopelícula, es un regulador de pH, un antimicrobiano, un plastificante secundario y un estabilizante de la matriz polimérica

Resultado:

La variable previamente referida fue examinada mediante la determinación de parámetros como el contenido de humedad, la solubilidad, el espesor y la permeabilidad al vapor, así como la transparencia de la película obtenida.

Diseño Estadístico:

La información recopilada fue analizada a través de un análisis de

varianza, al 5 % de significancia. Posteriormente, las variaciones entre los tratamientos fueron identificadas mediante la Prueba Tukey, conservando el mismo criterio de significancia.

2.2.2.3. Experimento N° 2.

Objetivo:

Establecer la cantidad óptima de aceite esencial de clavo que permita maximizar la actividad antioxidante y antimicrobiana de la biopelícula.

VARIABLES:

Se consideró una variable independiente con distintos niveles, bajo la aplicación de un diseño completamente al azar. Cabe resaltar que los niveles utilizados para la utilización del aceite esencial de clavo de olor se basan en la investigación realizada por Del Aguila (2019), quien estudio el uso de quien estudio el uso de aceite esencial de clavo de olor para la elaboración de una película comestible.

Concentración de Aceite esencial de clavo

C5=0.9 %

C4=0.8 %

C3=0.7 %

C2=0.6 %

C1=0.5 %

Resultado:

La variable señalada fue evaluada mediante la determinación de la actividad antioxidante manejando el método ABTS, así como a través del análisis de la actividad antimicrobiana conforme al procedimiento descrito por Hanusova et al. (2012). Para este último ensayo, las biopelículas, acondicionadas en forma de discos de 2 cm de diámetro, fueron colocadas sobre medio PLATE COUNT AGAR (PCA)

previamente inoculado con una concentración de 1/10 p/v de *Staphylococcus aureus* y enterobacterias, seguido de una incubación a 37 °C durante 48 horas. La capacidad inhibitoria se estimó a partir de la medición del diámetro del disco junto con el diámetro total del halo generado.

Diseño Estadístico:

La información recolectada fue evaluada mediante un análisis de varianza, considerando un nivel de significación del 5 %. Cuando se evidenciaron discrepancias entre los tratamientos, se recurrió a la Prueba Tukey para realizar comparaciones múltiples, conservando el mismo umbral de significancia.

2.2.2.4. Experimento N° 3.

Objetivo:

Evaluar la duración de conservación del asado de tira de res bajo condiciones de refrigeración a distintas temperaturas, mediante la aplicación de una biopelícula incorporada con aceite esencial de clavo.

Variables:

Se evaluó una variable independiente con sus correspondientes niveles, ejecutándose un diseño completamente al azar

Temperatura de Almacenamiento

A4= 0 °C

A3= 3 °C

A2= 5 °C

A1= 7 °C

Resultado:

La variable anteriormente mencionada fue evaluada a través del índice de

acidez, índice de peróxidos y características sensoriales del asado de tira de res. Los análisis mencionados fueron realizados cada 6 horas en las muestras de asado de tira hasta llegar al límite máximo de aceptación.

Diseño Estadístico:

La información recopilada fue analizada mediante un ANOVA, con un 5 % de significancia. En aquellos casos en que se identificaron diferencias entre los tratamientos evaluados, estas fueron comparadas manejando la Prueba Tukey, manteniendo el mismo criterio de significación.

2.2.2.5. Evaluación de Biopelícula.

- **Caracterización de la Biopelícula**

La biopelícula obtenida fue sometida a una caracterización integral a través de los siguientes ensayos:

- Contenido de humedad
- Solubilidad en agua
- Espesor
- Permeabilidad al vapor
- Biodegradabilidad
- Ensayo de tracción
- Transparencia

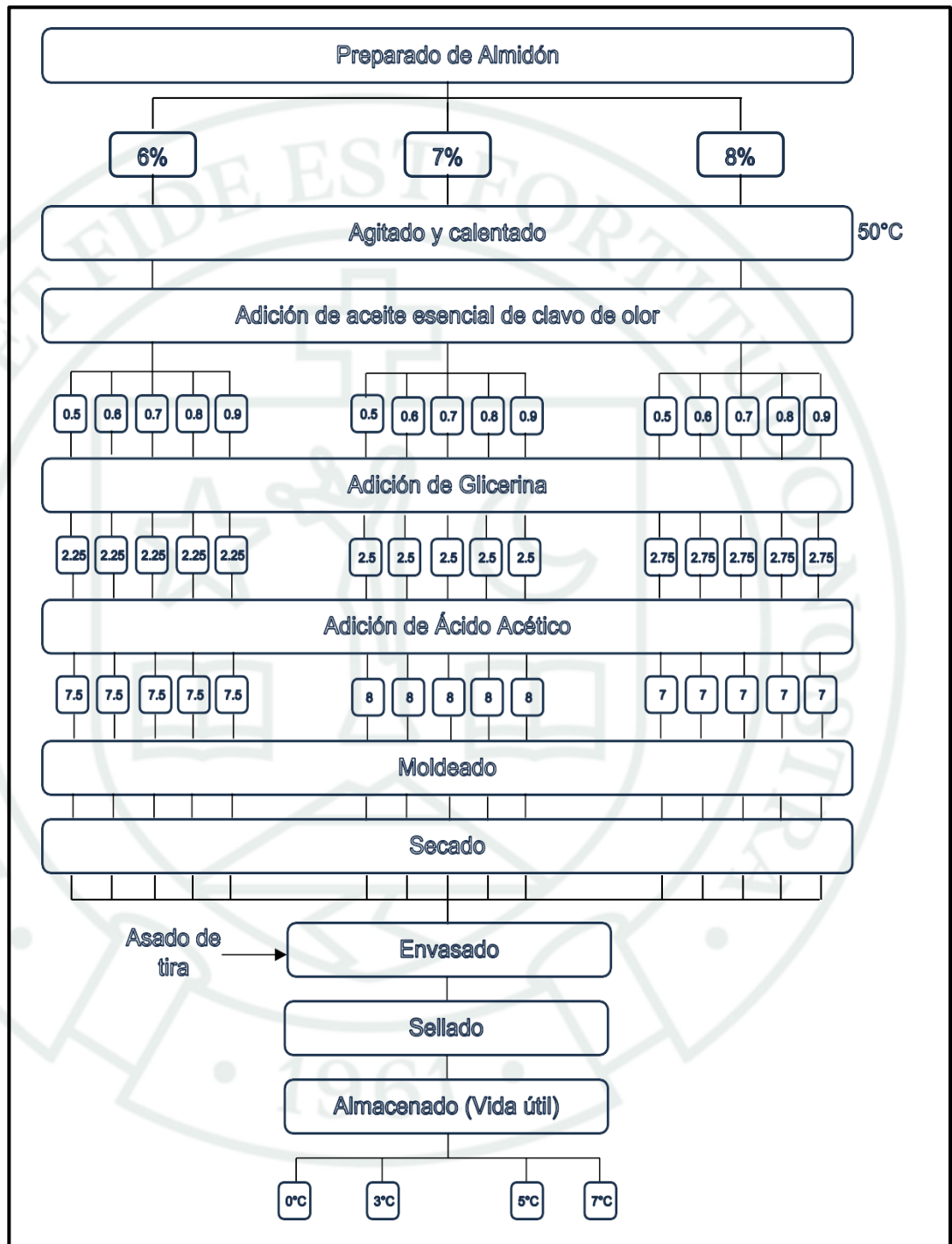
- **Comportamiento de la Biopelícula en el Tiempo**

Para evaluar el comportamiento de la película en el tiempo, esta se dejó en condiciones de almacenamiento por un tiempo de 60 días, evaluándose cada dos días las siguientes características: Permeabilidad al vapor, humedad, grado de transparencia y solubilidad en medio acuoso.

2.2.3. Diagrama Experimental

Figura 6

Diagrama Experimental de la Indagación



Nota. Elaboración propia



CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características de Materia Prima

En el presente estudio, se empleó como insumo principal carne bovina correspondiente al corte asado de tira, la cual fue utilizada en la aplicación de la biopelícula formulada con la incorporación de aceite esencial de clavo. En este contexto, se efectuaron evaluaciones de tipo físico-organoléptico y químico con el propósito de verificar la idoneidad de dicho material dentro del desarrollo de la indagación.

A continuación, se detallan las características organolépticas observadas en la carne de res empleada en este trabajo.

Tabla 4

Resultados del Análisis Organoléptico de la Carne de Res (Asado de Tira)

Atributo evaluado	Resultado encontrado
Textura	La textura de la carne es firme y flexible. Presenta consistencia suave y compacta
Color	Presenta un color rojo intenso con mucho brillo
Grasa	Se puede apreciar poca presencia de grasa
Terneza	La terneza cede sin dejar marca alguna, indicando una textura única
Olor	Aroma suave a fresco y carnoso
Sabor	Al lamer ligeramente la carne cruda, se percibe un sabor suave y natural, con presencia ligera de sabores dulce
Jugosidad	Húmeda

Nota. Elaboración propia

A partir de los resultados de la Tabla 4, se infiere que la calidad y el grado de frescura de la carne empleada en el estudio son óptimos, lo que garantiza que las variables independientes definidas constituyan los únicos factores con incidencia sobre las variables dependientes.

De igual manera, la carne bovina fue sometida a un análisis químico proximal con la finalidad de determinar su composición nutricional. Los resultados obtenidos de dicho análisis se presentan en seguida.

Tabla 5

Resultados del Análisis Químico Proximal de la Carne de Res (Asado de Tira) Fresca

Componente	Cantidad (%)
Humedad	50.88
Proteína	17.14
Grasa	31.15
Cenizas	0.83
Carbohidratos	0.00
pH	5.69

Nota. Tomado de Certificado de conformidad, por Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera (EPIP)-Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA), 2024

En la Tabla 5 se evidencia que la carne de res presenta un contenido proteico de 17.14 %, lo que confirma su carácter como fuente significativa de proteínas. De igual manera, se evidencia una alta proporción lipídica, lo que posibilita considerarla como un alimento graso, condición que podría incidir en la valoración de la actividad antioxidante del aceite esencial de clavo.

En cuanto al pH, los valores indican que la carne se encuentra en etapas finales de autólisis. Estos resultados resultan similares a los reportados por Ortega (2018), quien describe que, tras el sacrificio, el pH de la carne desciende debido a que el glucógeno se transforma en ácido láctico, proceso que tiene lugar aproximadamente entre 15 y 36 horas, alcanzando niveles finales cercanos a 5.5–5.7. De forma comparable, Rimarachin (2016) informó valores de pH entre 5.8 y 6.2 en carne de res comercializada en Cajamarca, señalando que estos pueden estar influenciados por factores como el tiempo de encierro previo al sacrificio. Además, indica que la ausencia de refrigeración en la etapa post mortem acelera el deterioro del producto y afecta sus características sensoriales. En este

contexto, la rapidez con que se enfrían las canales influye directamente en el pH, ya que la actividad de las enzimas está condicionada por la temperatura.

Adicionalmente, la fracción proteica registrada (17.14 %) se sitúa cerca de los intervalos descritos por Rimarachin (2016), quien reporta valores comprendidos entre 19.9 % y 21.37 %. Este resultado también se alinea con lo consignado en las tablas peruanas de composición de alimentos, donde se establece un valor cercano a 21.3 % para carne de vacuno. Del mismo modo, Tellez (2002) señala que el aporte nutricional de este alimento se relaciona con su elevado contenido de proteínas de alta calidad, el cual suele encontrarse entre 18 % y 25 %, lo que respalda que los valores obtenidos se ajustan a los rangos esperados.

Respecto a la fracción grasa, el valor obtenido en la presente investigación se encuentra por encima del valor reportado por Beltrán (2014), quien reportó un contenido lipídico de 21 % en carne de res utilizada para elaborar hamburguesas en la ciudad de Machala en Ecuador. Este resultado guarda concordancia con el comportamiento del tejido adiposo, el cual tiende a acumularse en el músculo en fases más avanzadas del crecimiento, motivo por el cual animales de mayor edad suelen presentar mayores niveles de grasa. Asimismo, la proporción de lípidos en el tejido muscular puede variar en función de distintos factores, como la dieta, el sexo, la edad y la raza del animal (Vestergaard et al., 2000).

Finalmente, la carne de res (asado de tira) fue evaluada desde un enfoque microbiológico, presentándose en la tabla siguiente los resultados correspondientes al recuento microbiano.

Tabla 6*Resultados del Análisis Microbiológico de la Carne de Res (Asado de Tira) Fresca*

Agente microbiano	Cantidad por gramo
Aerobios mesófilos (30 °C)	10 ³
Salmonella sp	Ausencia en 25 gramos

Nota. Tomado de Informe de ensayo, por Universidad Católica de Santa María (UCSM), 2024

Los microorganismos evaluados en la carne de res fueron elegidos siguiendo la normativa del Ministerio de Salud (2008), que establece los criterios microbiológicos para asegurar la calidad e inocuidad de los alimentos. Según lo mostrado en la Tabla 6, el conteo de aerobios mesófilos fue de 10³, lo que indica que la cantidad de microorganismos presentes se encuentra dentro de los límites permitidos por dicha normativa. Este resultado sugiere que el producto presenta condiciones microbiológicas adecuadas, favoreciendo una mayor vida útil en estado fresco, dado que el nivel de contaminación no es suficiente para generar un deterioro acelerado. En el caso del microorganismo patógenos (Salmonella) este no está presente lo cual asegura la inocuidad del producto para su procesamiento y futuro consumo por parte del consumidor.

3.2. Resultados de Experimento 1: Formulación de la Biopelícula

Para analizar las variables dependientes correspondientes a esta fase experimental, se aplicaron los procedimientos que se describen a continuación:

- **Determinación de humedad de las películas**

El contenido de humedad se determinó a partir de la pérdida de peso de las muestras. Para ello, se utilizaron 0.5 g de cada película, que fueron colocadas en una estufa a 110 °C durante 2 horas. Cada medición se realizó tres veces. El porcentaje de humedad (%) se obtuvo usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{Peso inicial de la muestra}}{\text{Peso seco de la muestra}} \times 100$$

- **Determinación de solubilidad de las películas**

La solubilidad se evaluó utilizando trozos de cada película de 2×3 cm. Primero, se mantuvieron en un desecador con muy baja humedad (usando sílica gel) durante 7 días. Luego, se pesaron y se colocaron en vasos de 100 mL con 80 mL de agua destilada. Las muestras se mantuvieron en agitación constante durante 1 hora a temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Después, los fragmentos se secaron en una estufa a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 horas. El porcentaje de material soluble se calculó usando la siguiente fórmula:

$$\%Solubilidad = \frac{Peso\ inicial\ seco - Peso\ final\ seco}{Peso\ inicial\ seco} \times 100$$

- **Determinación de espesor de las películas**

El espesor fue medido manejando un micrómetro con una precisión de ± 0.001 mm, realizando lecturas en cinco puntos seleccionados aleatoriamente sobre cada muestra.

- **Determinación de permeabilidad de vapor de agua de las películas**

La permeabilidad al vapor de agua se evaluó usando un método basado en el cambio de peso a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para ello, las películas se cortaron en forma circular y se colocaron en recipientes que contenían agua destilada, generando un ambiente con 100 % de humedad. Luego, estos recipientes se colocaron en desecadores con sílica gel y se mantuvieron a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. El peso total del sistema (recipiente más película) se registró cada 24 horas durante 9 días.

El flujo de vapor de agua (F_{va}) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$F_{va} = \frac{g}{t \cdot A}$$

Donde:

A = área de permeación

g = ganancia total de masa en el intervalo de tiempo considerado

t = tiempo en horas (g/t determinado mediante regresión lineal en estado estacionario).

Posteriormente, la permeabilidad al vapor (PVA) se estimó según:

$$PVA = \left(\frac{g}{t \cdot A}\right) \cdot \left(\frac{X}{\Delta P}\right)$$

Donde:

X = espesor promedio de la película

ΔP = diferencia de presión de vapor entre el ambiente con sílica gel (0 kPa, 25 °C) y agua pura (3.167 kPa, 25 °C).

- **Determinación de opacidad de las películas**

La opacidad de las películas se midió utilizando un espectrofotómetro. Para ello, se cortaron en forma rectangular y se colocaron en el interior de la cubeta, usando aire como referencia. Las lecturas se realizaron a una longitud de onda de 500 nm. El valor de opacidad se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$Opacidad = A_{500} \frac{500}{T}$$

Donde:

A_{500} = Absorbancia a 500 nm

T = espesor de la película (mm)

Por último, con base en los procedimientos realizados, se evaluaron las propiedades de las biopelículas obtenidas a partir de las diferentes formulaciones. Los resultados de estas mediciones se muestran en el siguiente apartado:

Tabla 7

*Resultados de la Evaluación de la Biopelícula Elaborada con Aceite esencial de clavo
Analizando las Formulaciones de la misma*

Formulaciones para Biopelícula	Humedad (%)	Solubilidad (%)	Espesor (mm)	Permeabilidad al vapor de agua ((gxm³mm)/(Paxhxm²))	Opacidad (%)
Formulación 1	26.21	23.18	0.21	0.07	8.76
Formulación 2	25.73	21.59	0.22	0.05	5.67
Formulación 3	25.28	21.32	0.21	0.04	3.92

Nota. Tomado de Certificado de conformidad, por EPIP-UNSA, 2024.

Con los datos presentados en la Tabla 7, se realizó un ANOVA para cada uno de los parámetros evaluados, con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre las tres formulaciones, considerando un nivel de significancia del 5 %. En primer lugar, se muestra el análisis correspondiente al contenido de humedad de las biopelículas obtenidas.

Tabla 8

ANOVA para la Humedad de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_{calculado}	Valor p
Formulaciones	2	5.96561	2.98281	0.51	0.6156
Error	12	70.8452	5.90376		
Total	14	76.8108			

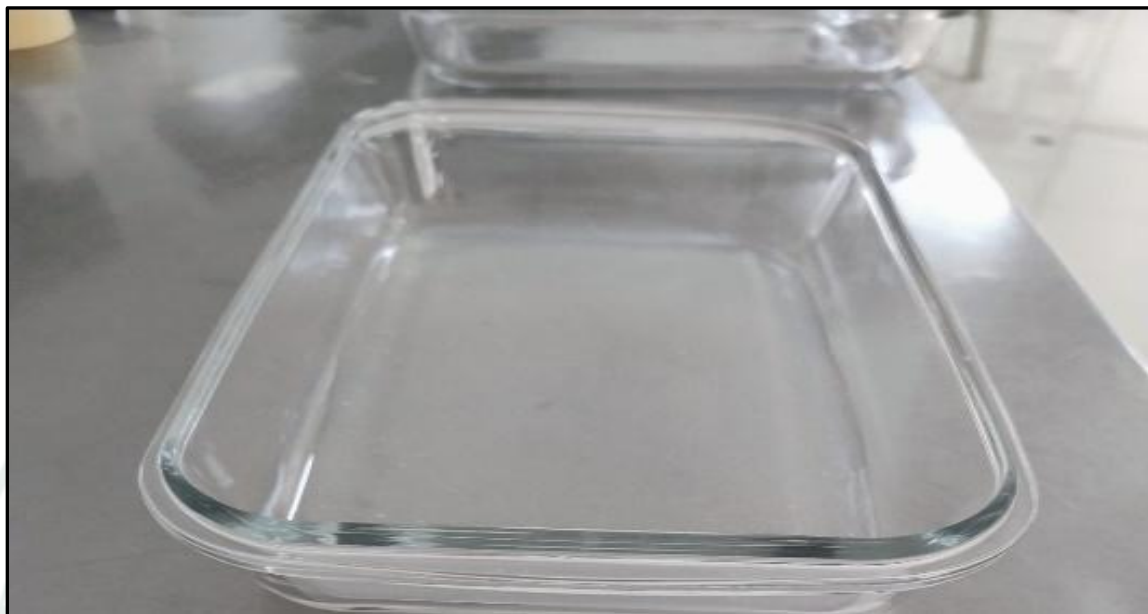
Nota. Elaboración propia

La Tabla 8 presenta la descomposición de la variabilidad del contenido de humedad de las biopelículas en dos fuentes: una asociada a las formulaciones y otra atribuida al error experimental. El valor del estadístico F (0.51) indica la relación entre la variación debida a las diferentes formulaciones y la variación atribuida al error. Como el valor p de la prueba

F es mayor a 0.05, se concluye que no hay diferencias estadísticamente significativas en los promedios de humedad entre las formulaciones evaluadas, considerando un nivel de significancia del 5 %. En otras palabras, se puede establecer que las formulaciones ejercen efectos similares sobre la humedad que alcanza la biopelícula. Los resultados de humedad de las biopelículas están entre 25.28 y 26.21 %, valores que están dentro de lo que encontró Paredes (2022), quien en su investigación de una biopelícula biodegradable a partir de chayote elaboro biopelículas con un contenido de humedad en el rango de 24.55 y 26.399 %. Posiblemente la cantidad de agua retenida en la biopelícula se deba a la presencia de la glicerina, ya que posee características humectantes, en otras palabras, la glicerina aumenta la capacidad hidrofílica, lo que ocasiona que el agua se retenga en la biopelícula por mucho más tiempo (Buensuceso, 2010). Es importante destacar que la humedad de la biopelícula no debe ser muy alta, debido a que valores por encima del 40 % incrementarían la posibilidad del crecimiento de microbiota que afectaría negativamente la funcionalidad y durabilidad de la biopelícula (Jimenez, 2017). Resulta relevante señalar que el nivel de humedad desempeña un papel determinante debido a su efecto antiplastificante sobre los polímeros, lo cual incide en las interacciones entre cadenas poliméricas y, por lo tanto, en las propiedades físicas, químicas y funcionales de las películas durante su elaboración y almacenamiento. En este contexto, se ha demostrado que niveles elevados de humedad modifican la estructura del material, incrementando su vulnerabilidad a la fragilidad o ruptura durante su manipulación y conservación, además de propiciar el crecimiento microbiano (Slade y Levine, 1993; citado por Trujillo, 2014).

Figura 7

Biopelícula a Base de Almidón Elaborada en la Presente Investigación



Nota. Elaboración propia

En segundo lugar, se evaluó la solubilidad de las biopelículas elaboradas, analizando como variable independiente las formulaciones de las biopelículas. Con el fin de comprobar si existían diferencias importantes entre las formulaciones, se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5 %, cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla 9

ANOVA para la Solubilidad de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_{calculado}	Valor p
Formulaciones	2	11.479	5.7395	431.54	0.0000
Error	12	0.1596	0.0133		
Total	14	11.6386			

Nota. Elaboración propia

La Tabla 9 presenta la descomposición de la variabilidad asociada a la solubilidad de las biopelículas en dos fuentes: una atribuida a las formulaciones y otra correspondiente al error experimental. El valor de F obtenido (431.54) muestra la relación entre la variación causada por las distintas formulaciones y la variación propia del error. Como el valor p es menor a 0.05, se confirma que sí existen diferencias significativas entre los valores de solubilidad de las formulaciones evaluadas, considerando un nivel de significancia del 5 %. Por ello, se concluye que cada formulación influye de manera diferente en la solubilidad de las biopelículas. Para identificar con mayor detalle estas diferencias, se aplicó la Prueba Tukey, cuyos resultados se presentan en la tabla y figura siguientes.

Tabla 10

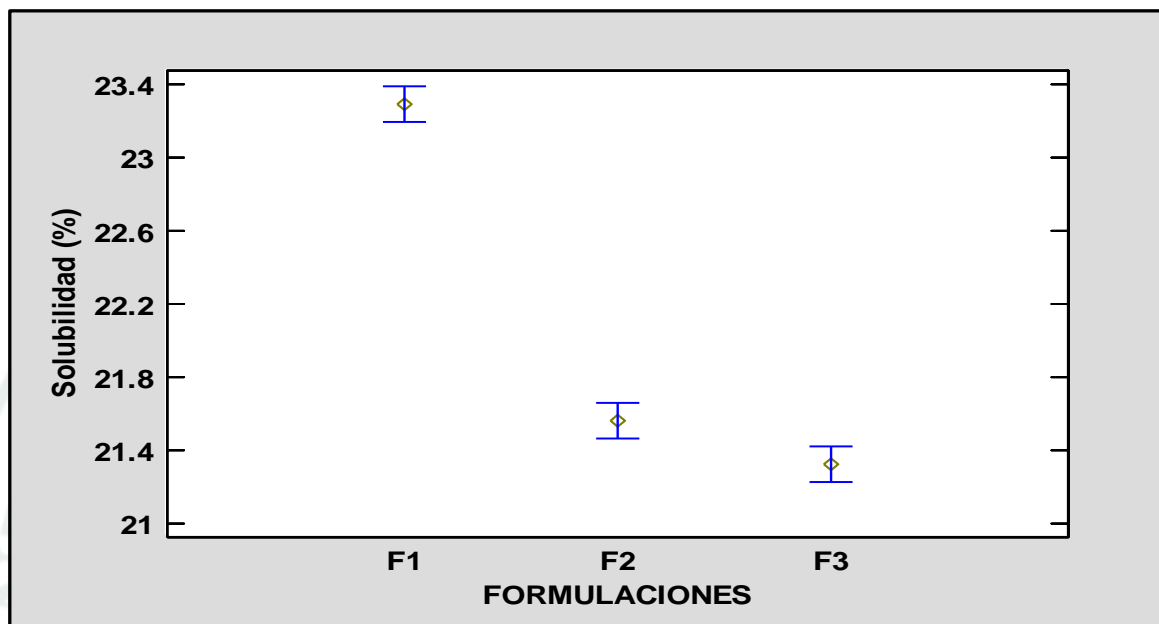
Prueba de Tukey para las Solubilidades de Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas

FORMULACIONES	Numero de datos	Media	Grupos homogéneos
Formulación 3	5	21.33	X
Formulación 2	5	21.56	X
Formulación 1	5	23.29	X

Nota. Elaboración propia

Figura 8

Gráfico para la Prueba Tukey para las Solubilidades de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de la misma



Nota. Elaboración propia

Observando tanto la Tabla 10 como la Figura 8, se puede notar claramente que las formulaciones 2 y 3 tienen efectos similares sobre la solubilidad de las biopelículas elaboradas, teniendo un efecto significativamente diferente la primera formulación. Dado que es recomendable que las biopelículas deben tener alta solubilidad, se decide escoger como mejor formulación para la elaboración de la biopelícula la formulación 1, la cual considera 6 % de almidón, 2.25 % de glicerina y 7.5 % de ácido acético. Los resultados de solubilidad hallados en la presente experimentación están en el rango de 21.33 y 23.29 % valores que están por debajo de los reportados por Orozco & Villa (2021) quienes en su investigación encontraron valores de solubilidad entre 33.19 y 35.16 %. Los valores reducidos de solubilidad registrados en la biopelícula indican su idoneidad para ser empleada como material de envasado en alimentos con elevado contenido de humedad. Cabe señalar que, en caso de obtenerse valores de solubilidad superiores al 40 %, su aplicación se limitaría a recubrimientos destinados a productos con bajo contenido hídrico. En este sentido, la solubilidad constituye un atributo clave, ya que permite anticipar el

desempeño del material durante su interacción con el alimento; en determinadas situaciones, resulta conveniente que presente alta solubilidad, especialmente cuando el producto será consumido directamente (Pérez & Krochta, 2001).

Este parámetro es clave para definir el funcionamiento de la biopelícula. En especial, la capacidad de resistir el agua es muy importante cuando el material contiene sustancias antimicrobianas y antioxidantes, ya que permite que se mantenga estable al usarse en alimentos con humedad media o alta (Barazarte, 2006). Cuando una biopelícula tiene poca resistencia al agua, se disuelve rápidamente al contacto con ambientes húmedos, lo que provoca que los compuestos activos se liberen más rápido (Barazarte, 2006). Sin embargo, este comportamiento puede ser útil en productos listos para el consumo, donde se necesita que el material se disuelva fácilmente en la boca (Mantilla, 2020).

Luego, se evaluó el espesor de las biopelículas elaboradas, tomando como referencia las distintas formulaciones utilizadas. Para determinar si existían diferencias entre ellas, se aplicó un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5 %, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 11

ANOVA para el Espesor de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_{calculado}	Valor p
Formulaciones	2	0.00048	0.00024	0.99	0.4013
Error	12	0.00292	0.000243333		
Total	14	0.0034			

Nota. Elaboración propia

La Tabla 11 presenta la descomposición de la variabilidad del espesor de las biopelículas en dos fuentes: una atribuida a las formulaciones y otra correspondiente al error experimental. El valor de F obtenido (0.99) indica la relación entre la variación causada por las formulaciones y la variación debida al error. Como el valor p es mayor a

0.05, se concluye que no hay diferencias significativas en el espesor entre las distintas formulaciones evaluadas, considerando un nivel de significancia del 5 %. Por ello, se puede decir que todas las formulaciones tienen un efecto similar sobre este parámetro.

Los valores de espesor se encontraron entre 0.21 y 0.22 mm, lo que indica que la presencia del aceite esencial no generó cambios importantes en esta propiedad. Esto podría deberse a una buena mezcla de los componentes o a que parte del aceite se evaporó durante el proceso de elaboración y secado. Estos resultados son distintos a los reportados por Song et al. (2018), quienes también señalan que el espesor no cambia mucho con diferentes concentraciones de aceite esencial. Asimismo, difieren de lo encontrado por Do Evangelho et al. (2019), quienes observaron que el uso de aceite esencial de naranja sí aumenta el espesor, debido a la formación de pequeñas gotas dentro del material que modifican su estructura.

Después, se evaluó la permeabilidad al vapor de las biopelículas elaboradas, considerando las distintas formulaciones. Para verificar si existían diferencias entre ellas, se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5 %, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12

ANOVA para la Permeabilidad al vapor de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_{calculado}	Valor p
Formulaciones	2	0.00228	0.00114	14.87	0.0006
Error	12	0.00092	0.0000766667		
Total	14	0.0032			

Nota. Elaboración propia

La Tabla 12 muestra cómo se divide la variación de la permeabilidad al vapor en dos partes: una que se debe a las formulaciones y otra al error del experimento. El valor de

F obtenido (14.87) indica la relación entre ambas. Como el valor p es menor a 0.05, se concluye que sí existen diferencias importantes entre los valores de permeabilidad de las distintas formulaciones, considerando un nivel de significancia del 5 %. Por lo tanto, cada formulación influye de manera diferente en esta propiedad de las biopelículas. Para conocer con mayor detalle estas diferencias, se aplicó la Prueba Tukey, cuyos resultados se presentan en la tabla y figura siguientes.

Tabla 13

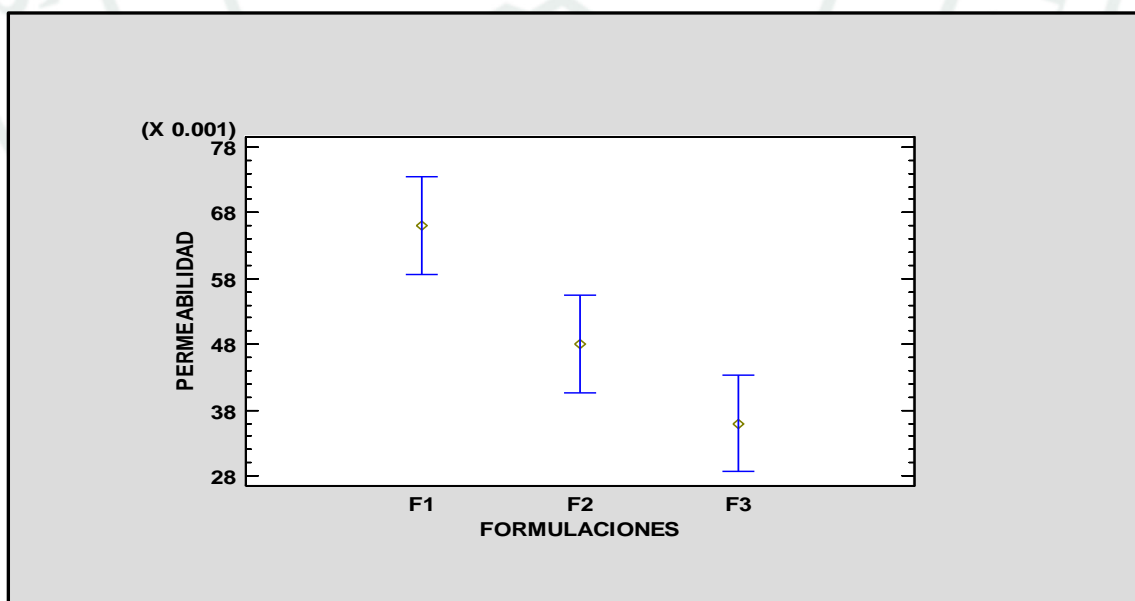
Prueba de Tukey para las Permeabilidades al Vapor de Agua de las Biopelículas

FORMULACIONES	Numero de datos	Media	Grupos homogéneos
Formulación 3	5	0.036	X
Formulación 2	5	0.048	X
Formulación 1	5	0.066	X

Nota. Elaboración propia

Figura 9

Gráfico para la Prueba de Tukey para las Permeabilidades al Vapor de Agua de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas



Nota. Elaboración propia

Evaluando las Formulaciones de las Tabla 13 y la Figura 9, se observa que las formulaciones 2 y 3 tienen un comportamiento similar en cuanto a la permeabilidad al vapor, mientras que la formulación 1 presenta un resultado diferente. Como se busca que este valor sea lo más bajo posible, se eligió como mejor opción la formulación 3, que contiene 8 % de almidón, 2.75 % de glicerina y 7 % de ácido acético. La permeabilidad al vapor indica qué tan fácil el agua puede pasar a través del material, y depende de factores como la temperatura, la humedad y la presión (Santiago, 2015).

En general, las películas comestibles tienden a absorber agua, y se ha visto que existe una relación entre la permeabilidad y el espesor: a mayor espesor, cambia la forma en que el agua atraviesa el material (Gennadios et al., 1994; Park y Chinnan, 1995). Según McHugh et al. (1993), cuando la película es más gruesa, aumenta la resistencia al paso de sustancias, lo que afecta el comportamiento del vapor de agua. Otros autores explican este efecto por cambios en la estructura del material, ya que el contacto con el agua puede hacer que el polímero se hinche (Park et al., 1993).

Finalmente, se evaluó la opacidad de las biopelículas elaboradas, tomando en cuenta las diferentes formulaciones. Para verificar si existían diferencias entre ellas, se aplicó un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5 %, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 14

ANOVA para la Opacidad de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_{calculado}	Valor p
Formulaciones	2	60.6556	30.3278	1122.84	0.0000
Error	12	0.32412	0.02701		
Total	14	60.9797			

Nota. Elaboración propia

La Tabla 14 muestra cómo se distribuye la variación de la opacidad en dos partes: una que depende de las formulaciones y otra que corresponde al error del experimento. El valor de F (1122.84) indica la relación entre ambas. Como el valor p es menor a 0.05, se confirma que existen diferencias importantes entre los niveles de opacidad de las distintas formulaciones, considerando un nivel de significancia del 5 %. Por lo tanto, cada formulación afecta de manera diferente esta propiedad de las biopelículas. Para conocer con más detalle estas diferencias, se aplicó la Prueba Tukey.

Tabla 15

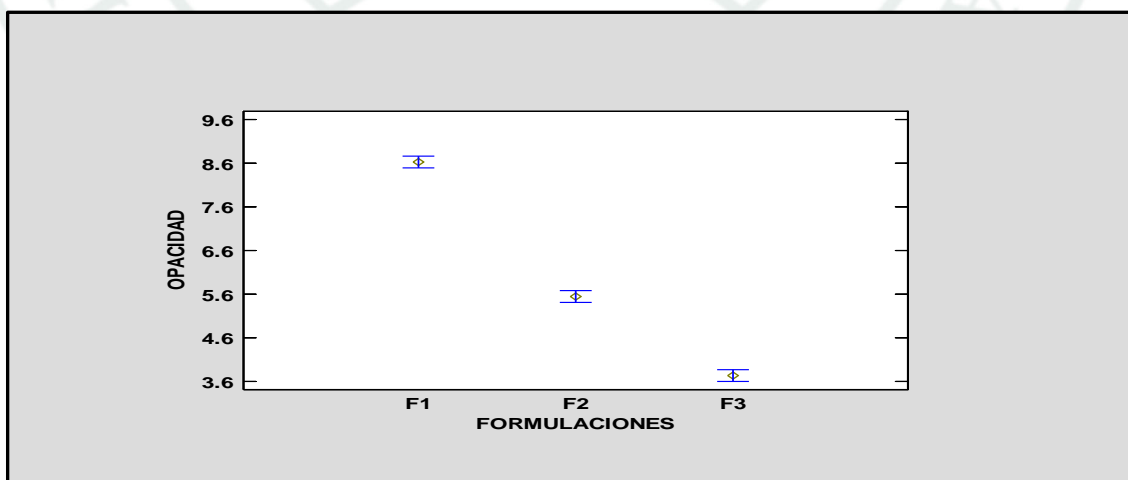
Prueba de Tukey para las Opacidades de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas

FORMULACIONES	Numero de datos	Media	Grupos homogéneos
Formulación 3	5	3.744	X
Formulación 2	5	5.552	X
Formulación 1	5	8.616	X

Nota. Elaboración propia

Figura 10

Gráfico para la Prueba Tukey para las Opacidades de las Biopelículas Evaluando las Formulaciones de las mismas

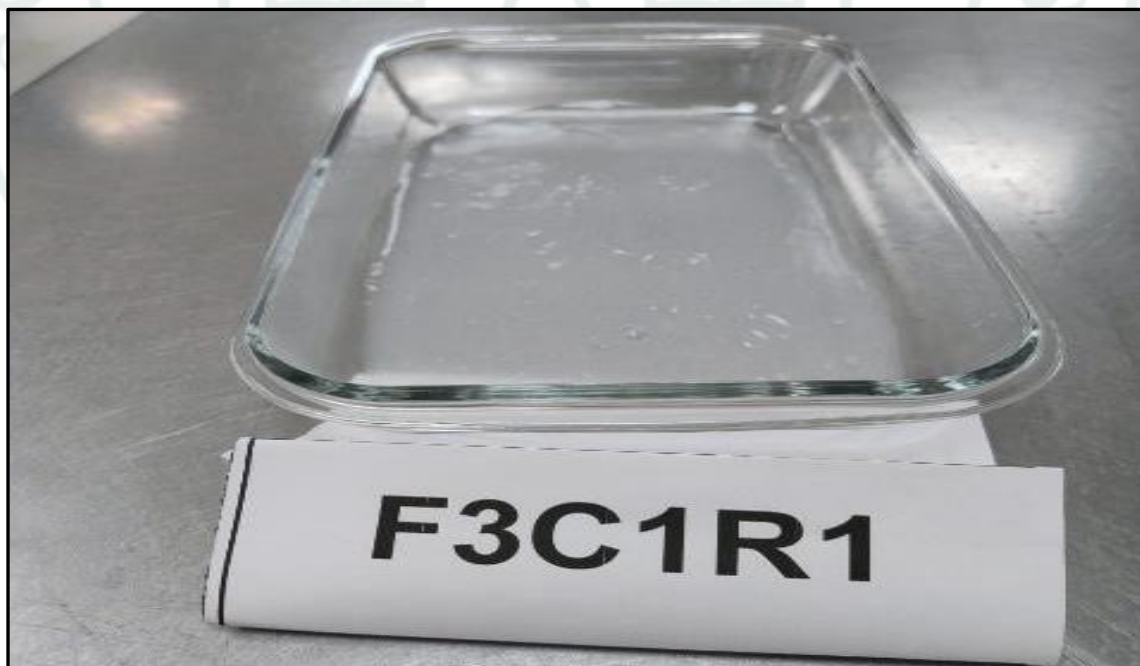


Nota. Elaboración propia

Observando tanto la Tabla 15 como la Figura 10, se puede notar que con las formulaciones se tienen efectos diferentes sobre la opacidad de las biopelículas. Dado que es recomendable que las biopelículas deben tener baja opacidad, se decide escoger como mejor formulación, la formulación 3, la cual considera 8 % de almidón, 2.75 % de glicerina y 7 % de ácido acético. Los resultados encontrados en esta indagación están entre 3.744 y 8.616, valores que son mucho mayores a los reportados por Solorzano (2022), quien reportó valores de opacidad entre 0.255 y 1.358, las variaciones pueden deberse a las formulaciones que son distintas entre ambos trabajos de investigación, en donde Solorzano utiliza escamas de pecado, lo cual no es utilizado por la presente investigación. Cabe resaltar que, según Chariguamán (2015), resulta necesario disponer de un bioplástico con mayor transparencia y apariencia atractiva, de modo que los recubrimientos conserven las características originales del producto. No obstante, también puede ser conveniente un aumento en la opacidad para proteger atributos sensibles a la luz. En la presente indagación, el objetivo se orienta a obtener un bioplástico con el mayor grado de transparencia posible.

Figura 11

Biopelícula Elaborada con la Formulación 3 que considera 8 % de Almidón, 2.75 % de Glicerina y 7 % de Ácido Acético



Nota. Elaboración propia

Las formulaciones evaluadas producen biopelículas con comportamientos diferenciados en solubilidad, permeabilidad al vapor de agua y opacidad, mientras que humedad y espesor no mostraron diferencias estadísticamente significativas al 5 % de significancia. En particular, los análisis estadísticos indican que la solubilidad y la opacidad presentan efectos dependientes de la formulación ($p < 0.05$), y la permeabilidad al vapor también difiere significativamente entre formulaciones ($p < 0.05$); por el contrario, el contenido de humedad y el espesor permanecen homogéneos entre las tres formulaciones evaluadas. En función a esto los mejores valores para la solubilidad, permeabilidad al vapor de agua y la opacidad, son los correspondientes a la formulación 3 que considera 8 % de almidón, 2.75 % de glicerina y 7 % de ácido acético.

3.3. Resultados de Experimento 2: Concentración de Aceite esencial de clavo

En este experimento se evaluó qué cantidad de aceite esencial de clavo daba mejores resultados en las biopelículas obtenidas. Para comprobar su efectividad, se analizaron tanto su capacidad antioxidante como su acción contra microorganismos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 16

Resultados de la Actividad Antioxidante y Actividad Antimicrobiana de las Concentraciones de Aceite esencial de clavo Adicionados a las Biopelículas

Concentración de aceite esencial de clavo de olor	Actividad antioxidante ($\mu\text{M/g}$)	Actividad antimicrobiana (mm de halo)
0.5%	14	8.4
0.6%	18	17.9
0.7%	39	18.6
0.8%	51	19.2
0.9%	53	19.5

Nota. Tomado de Certificado de conformidad, por EPIP-UNSA, 2024.

Con los datos de la Tabla 16, se realizó un análisis estadístico para verificar si había

diferencias entre las distintas concentraciones de aceite esencial de clavo, según su efecto sobre la actividad antimicrobiana y antioxidante. A continuación, se presenta el análisis de varianza de la actividad antioxidante, considerando un nivel de significancia del 5 %.

Tabla 17

ANOVA para la Actividad Antioxidante de las Biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo utilizadas

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_{calculado}	Valor p
Concentraciones	4	3488.93	872.233	130.84	0.0000
Error	10	66.6667	6.66667		
Total	14	3555.6			

Nota. Elaboración propia

La Tabla 17 muestra cómo se reparte la variación de la actividad antioxidante en dos partes: una que depende de las concentraciones de aceite esencial de clavo y otra que corresponde al error del experimento. Como el valor p de la prueba F es menor a 0.05, se concluye que existen diferencias importantes entre los niveles de actividad antioxidante según la concentración utilizada, considerando un nivel de significancia del 5 %. Esto indica que la cantidad de aceite esencial influye de manera distinta en esta propiedad de las biopelículas. Para identificar con mayor detalle estas diferencias, se aplicó la Prueba Tukey, cuyos resultados se presentan en la tabla y figura siguientes.

Tabla 18

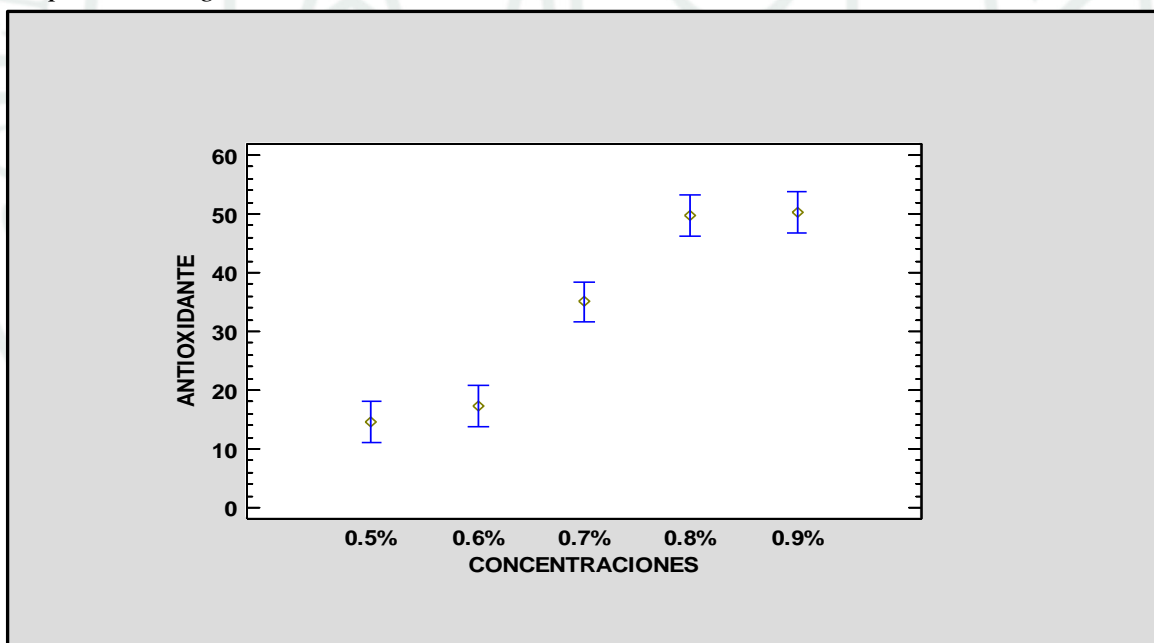
Prueba de Tukey para la actividad antioxidante de las biopelículas en función de las concentraciones de aceite esencial de clavo evaluadas

CONCENTRACIONES	Numero de datos	Media	Grupos homogéneos
0.5%	3	14.6667	X
0.6%	3	17.3333	X
0.7%	3	35.0000	X
0.8%	3	49.6667	X
0.9%	3	50.3333	X

Nota. Elaboración propia

Figura 12

Gráfico correspondiente a la Prueba Tukey de la actividad antioxidante de las biopelículas según las concentraciones de aceite esencial de clavo evaluadas



Nota. Elaboración propia

Observando tanto la Tabla 18 como la Figura 12, se puede notar que entre las concentraciones de 0.5 % y 0.6 % hay efectos similares en la actividad antioxidante de las biopelículas, observándose lo mismo entre 0.8 % y 0.9 %, destacándose que la concentración de 0.7 % tiene un efecto diferente a las otras concentraciones en la actividad antioxidante. Como se busca que las biopelículas tengan una alta capacidad antioxidante, se eligió el tercer grupo como el que presentó mejores resultados, donde se encuentran las concentraciones de 0.8 % y 0.9 % de aceite esencial de clavo. Como no hubo diferencias significativas entre ambas, se seleccionó la concentración de 0.8 % por ser más conveniente desde el punto de vista económico. Los resultados muestran que el aceite esencial de clavo tiene una buena capacidad antioxidante, lo cual coincide con lo señalado por Gülçin et al. (2012), quienes demostraron su eficacia mediante distintos ensayos de laboratorio. En estas pruebas se evaluó su capacidad para neutralizar radicales libres, reducir compuestos oxidantes y actuar de forma similar a antioxidantes conocidos como BHT, tocoferol y trolox. Por ello, se puede decir que este aceite es una buena opción para disminuir la oxidación de las grasas en alimentos y productos farmacéuticos, ayudando a conservar su calidad y alargar su tiempo de duración.

En la última parte de esta etapa, se evaluaron los resultados relacionados con la actividad antimicrobiana de las biopelículas que contenían el aceite esencial. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5 %, y los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 19

ANOVA para la Actividad Antimicrobiana de las Biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo utilizadas

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F_{calculado}	Valor p
Concentraciones	4	267.249	66.8123	412.42	0.0000
Error	10	1.62	0.162		
Total	14	268.869			

Nota. Elaboración propia

La Tabla 19 muestra cómo se divide la variación de la actividad antimicrobiana en dos partes: una que depende de las concentraciones de aceite esencial de clavo y otra que corresponde al error del experimento. Como el valor p de la prueba F es menor a 0.05, se confirma que existen diferencias importantes entre los resultados de actividad antimicrobiana según la concentración utilizada, considerando un nivel de significancia del 5 %.

Esto indica que la cantidad de aceite esencial influye de manera diferente en la capacidad de las biopelículas para controlar microorganismos. Para identificar con más detalle estas diferencias, se aplicó la Prueba Tukey, cuyos resultados se presentan en la tabla y figura siguientes.

Tabla 20

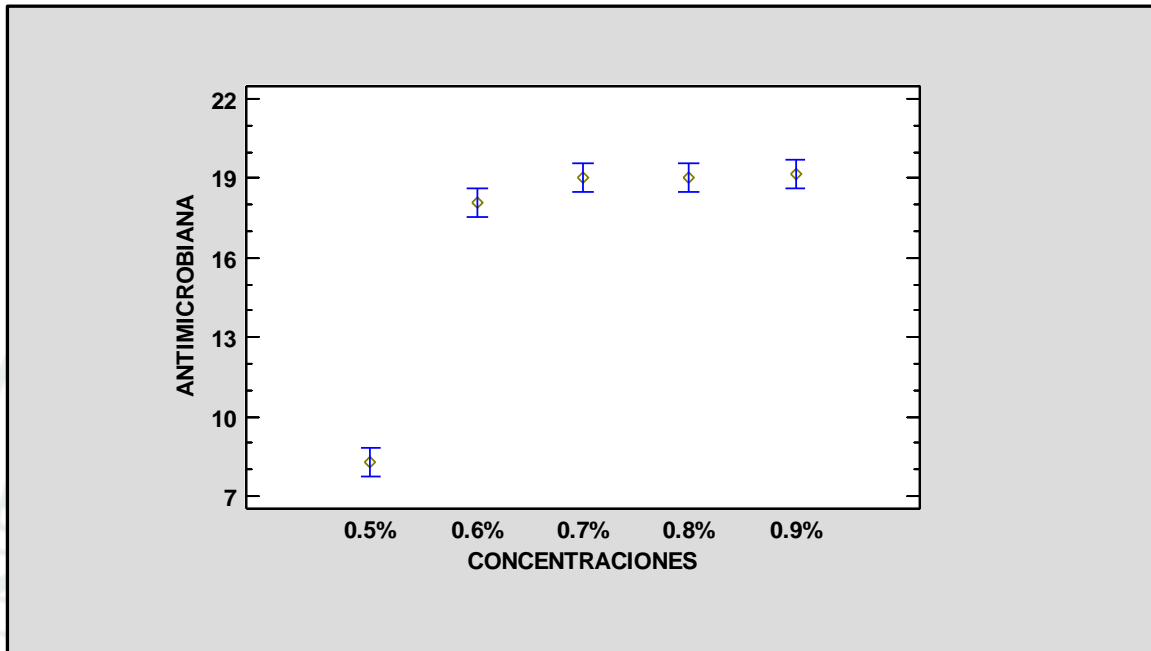
Prueba de Tukey para las Actividades Antimicrobianas de las Biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo utilizadas

CONCENTRACIONES	Numero de datos	Media	Grupos homogéneos
0.5%	3	8.3000	X
0.6%	3	18.0667	X
0.8%	3	19.0000	X
0.7%	3	19.0333	X
0.9%	3	19.1333	X

Nota. Elaboración propia

Figura 13

Gráfico de la Prueba Tukey para las Actividades Antimicrobianas de las Biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo utilizadas



Nota. Elaboración propia

Al revisar la Tabla 20 y la Figura 13, se observa que las concentraciones de 0.6 %, 0.7 %, 0.8 % y 0.9 % muestran resultados parecidos en la actividad antimicrobiana de las biopelículas, mientras que la concentración de 0.5 % presenta un comportamiento claramente distinto frente a las demás. Considerando que es deseable una elevada actividad antimicrobiana para prevenir el crecimiento microbiano en la carne, se seleccionó el segundo grupo homogéneo como el conjunto de tratamientos con mejor desempeño, correspondiente a las concentraciones de 0.6 %, 0.7 %, 0.8 % y 0.9 %. Dado que no se detectaron diferencias estadísticas entre estos niveles, se optó por la concentración de 0.8 % como tratamiento óptimo, sustentando esta elección en su coincidencia con el nivel que mostró mayor actividad antioxidante.

En esta parte del estudio también se comprobó que el aceite esencial de clavo tiene capacidad para inhibir microorganismos. Este resultado coincide con lo reportado por

Pastrana et al. (2017), quienes evaluaron aceites de canela y clavo frente a *Escherichia coli*, observando que a una concentración de 150 mg/mL se logra eliminar bacterias, formando zonas de inhibición de 15 mm. Sin embargo, según Lu et al., al combinar ambos aceites su efecto puede disminuir, debido a diferencias en su composición, lugar de origen, parte de la planta utilizada y etapa de crecimiento. En este sentido, se ha observado que recolectar la planta durante o después de la floración mejora su actividad antimicrobiana (Pastrana et al., 2017).

Tanto el aceite de canela como el de clavo contienen compuestos que explican su acción contra microorganismos. En el caso del clavo, el principal responsable es el eugenol, mientras que en la canela destacan el aldehído cinámico y el o-metoxicinamaldehído, que no están presentes en el clavo (Hitokoto et al., 1980).

Además, otros estudios han demostrado que estos aceites pueden actuar contra bacterias importantes en alimentos incluso en bajas concentraciones ($\leq 0.075\%$), incluyendo *E. coli*, lo que confirma su utilidad como conservantes naturales. Estos resultados coinciden con lo señalado por Lopez et al. (2007), quienes compararon varios aceites esenciales y encontraron que los de canela y clavo fueron los más efectivos tanto en contacto directo como en fase vapor frente a diferentes tipos de bacterias (Reyes et al., 2012).

Finalmente, en este experimento también se realizó una evaluación sensorial, en la cual un panel conformado por 15 jueces analizó atributos como el olor y el color del biofilm elaborado en función de la concentración de Clavo. Los resultados de esta evaluación sensorial se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 21

Resultados del Análisis Sensorial de las Biopelículas Elaboradas Evaluando la Concentración de Aceite esencial de clavo

Jueces	Concentración de aceite esencial de clavo de olor (%)									
	0.5		0.6		0.7		0.8		0.9	
	Olor	Color	Olor	Color	Olor	Color	Olor	Color	Olor	Color
1	4	2	4	4	5	6	6	6	3	4
2	3	3	4	5	5	5	6	5	2	3
3	4	4	4	4	4	6	6	6	2	4
4	4	3	3	5	5	6	5	6	1	3
5	4	4	4	4	4	7	6	6	2	2
6	3	4	2	3	3	6	5	7	3	3
7	4	2	3	4	4	6	6	6	2	4
8	4	3	3	4	5	5	7	6	2	3
9	3	3	4	3	4	6	5	5	2	2
10	4	3	3	4	5	7	4	6	3	2
11	4	2	2	4	4	6	5	5	2	1
12	3	3	3	3	4	6	4	6	1	3
13	4	4	3	4	3	5	6	6	2	3
14	4	3	4	5	4	6	6	5	1	2
15	3	4	5	4	4	5	5	6	2	3
Total	55	47	51	60	63	88	82	87	30	42
Promedio	3.67	3.13	3.40	4.00	4.20	5.87	5.47	5.80	2.00	2.80

Nota. Elaboración propia

Los datos de la Tabla 21 provienen de la evaluación realizada por un panel de personas, quienes realizaron una prueba sensorial de aceptación o preferencia, donde utilizaron una ficha para calificar el olor y el color de las biopelículas elaboradas. Para ello, se utilizó una escala de 7 puntos, donde 7 significa “me gusta muchísimo” y 1 “me disgusta muchísimo”.

Las cinco dosis de aceite esencial de clavo fueron sometidas a una evaluación comparativa mediante la prueba de Friedman, debido a que los datos obtenidos no cumplían con el supuesto de normalidad. Los resultados derivados de dicho análisis se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 22

Prueba de Friedman para el Olor de las biopelículas Elaboradas Evaluando la cantidad de Aceite esencial de clavo

N	75
Estadístico de prueba	46.9853
p-value	1.53571 E ⁻⁹

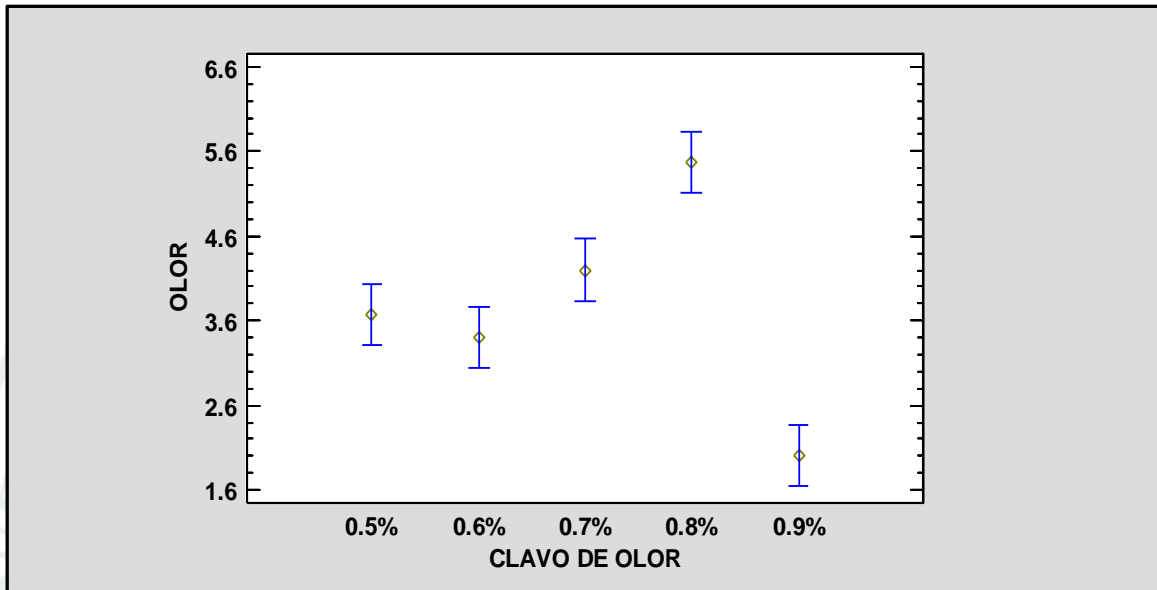
Nota. Elaboración propia

Al revisar la Tabla 22, se aprecia que el valor p (1.53 E-9) es menor al nivel de significancia de 0.05, lo que indica que hay suficiente evidencia estadística, con un 95 % de confianza, para rechazar la hipótesis nula. Por ello, se concluye que al menos una de las concentraciones de aceite esencial de clavo genera un efecto diferente en el olor del biofilm.

Para determinar exactamente entre qué tratamientos se presentan estas diferencias, se utilizó la prueba de Bonferroni, teniendo en cuenta que los datos no siguen una distribución normal. Los resultados se muestran en la siguiente figura.

Figura 14

Gráfico de la Prueba de Bonferroni para el Olor de las biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo utilizadas



Nota. Elaboración propia

En la figura 14, se puede apreciar que el tratamiento que tiene un mayor puntaje de acuerdo a la escala sensorial es el que corresponde a un 0.8% de uso del aceite esencial de clavo en la formulación del biofilm elaborado, siendo este el mejor tratamiento evaluado.

Por último, se analizó el color de los biofilms elaborados, para lo cual se hizo uso de un panel de jueces, los cuales usando una escala hedónica evaluaron el atributo sensorial respectivo. Seguidamente, en la tabla siguiente se muestra el resultado de la prueba de Friedman.

Tabla 23

Prueba de Friedman para el Color de las Biopelículas Elaboradas Evaluando la cantidad de Aceite esencial de clavo

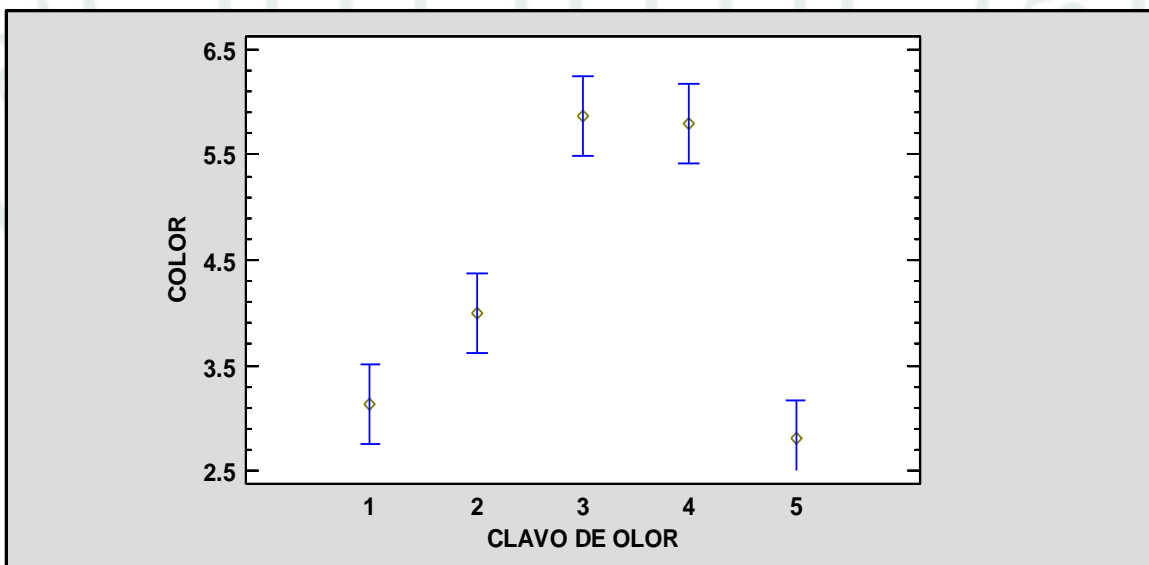
N	75
Estadístico de prueba	51.2206
p-value	2.00743 E ⁻¹⁰

Nota. Elaboración propia

Al revisar la Tabla 23, se observa que el valor p (2.00 E⁻¹⁰) es inferior a 0.05, lo que indica que existe evidencia estadística suficiente, con un nivel de significancia del 5 %, para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que al menos una de las concentraciones de aceite esencial de clavo produce un efecto diferente en el color del biofilm. Para establecer cuál de los tratamientos es el diferente se realizó la prueba de Bonferroni, ya que los datos procesados tienen una característica no paramétrica.

Figura 15

Gráfico de la Prueba de Bonferroni para el Color de las biopelículas Evaluando las cantidades de Aceite esencial de clavo



Nota. Elaboración propia

En la Figura 15 se aprecia que dos tratamientos obtuvieron las calificaciones más altas en la evaluación sensorial, correspondientes a las concentraciones de 0.7 % y 0.8 %

de aceite esencial de clavo. Sin embargo, como en el análisis del olor el mejor resultado también fue el de 0.8 %, se decidió elegir esta misma concentración como la más adecuada para el atributo color del biofilm.

La concentración de 0.8 % de aceite esencial de clavo de olor se propone como la concentración óptima en este estudio, por ofrecer el mejor compromiso entre alta actividad antioxidante, eficacia antimicrobiana y aceptación sensorial, además de presentar ventajas económicas frente a concentraciones ligeramente superiores.

3.4. Resultados de Experimento 3: Almacenamiento de la Carne de Res con Biopelícula

En la etapa final del estudio, se evaluó el uso de biopelículas con aceite esencial de clavo en carne de res (asado de tira). Para ello, se analizaron indicadores como el índice de acidez, el índice de peróxidos y las características sensoriales, considerando diferentes temperaturas de almacenamiento (0, 3, 5 y 7 °C).

Tabla 24

Resultados del Índice de Acidez e Índice de Peróxidos de la Carne de Res Envasada con Biopelículas con Adición de Aceite esencial de clavo

Días	Temperatura de almacenamiento (°C)							
	0		3		5		7	
	Índice de acidez (mgKOH/g)	Índice peróxidos (meq de O ₂ /kg)	Índice de acidez (mgKOH/g)	Índice peróxidos (meq de O ₂ /kg)	Índice de acidez (mgKOH/g)	Índice peróxidos (meq de O ₂ /kg)	Índice de acidez (mgKOH/g)	Índice peróxidos (meq de O ₂ /kg)
0	0.17	0.987	0.17	0.987	0.17	0.987	0.17	0.987
10	0.21	1.79	0.28	2.31	0.31	2.96	0.39	3.45
20	0.34	2.35	0.39	3.97	0.46	4.56	0.53	6.71
30	0.42	4.89	0.44	6.79	0.50	7.64	0.64	9.82
40	0.52	6.03	0.61	8.15	0.68	9.23	0.87	12.63
50	0.81	7.65	0.95	10.98	1.03	11.73	1.21	15.94
60	0.94	9.87	1.18	11.32	1.26	13.25	1.46	19.87
70	1.178	11.23	1.39	13.47	1.76	16.54	1.91	21.75

Nota. Tomado de Certificado de conformidad, por EPIP-UNSA, 2024.

Figura 16

Asado de Tira al Inicio de la Etapa de Almacenamiento



Nota. Elaboración propia

Figura 17

Asado de tira finalizando la etapa de almacenamiento

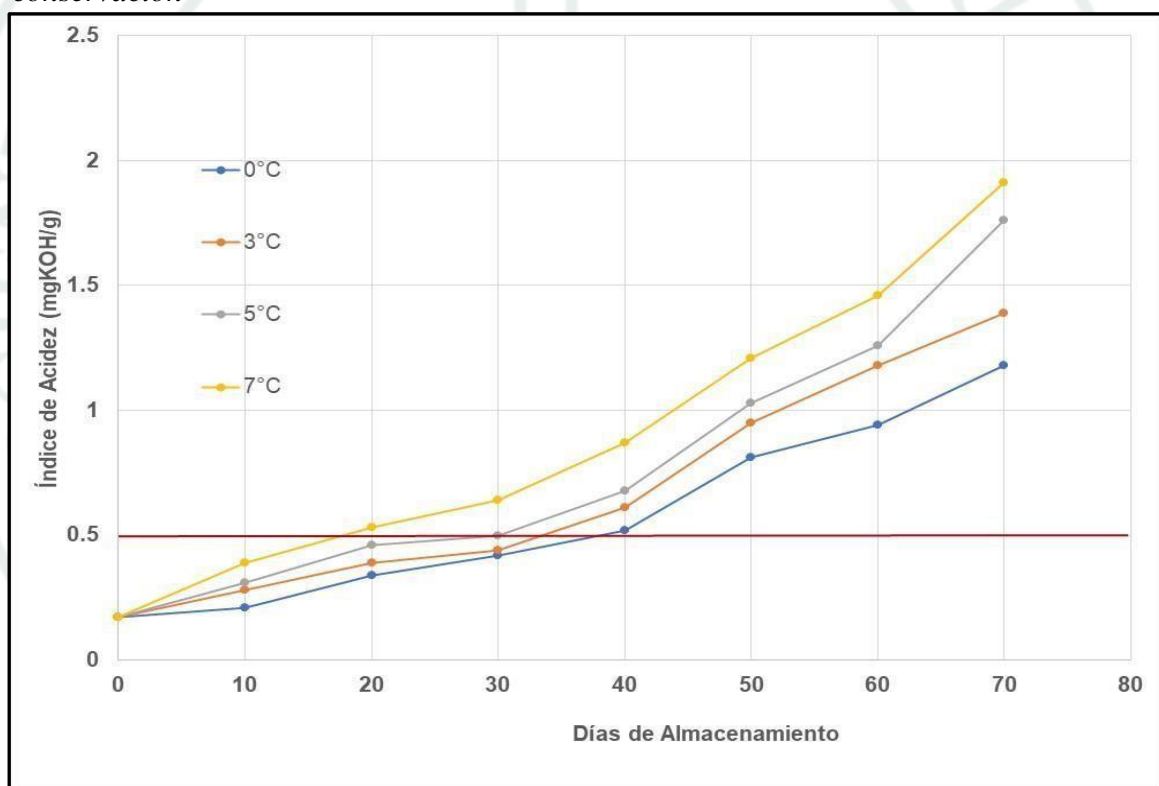


Nota. Elaboración propia

En la Tabla 24 se observa la evolución de los índices de acidez y peróxidos en relación al tiempo, manejando cuatro temperaturas diferentes. Es importante señalar que la duración de la carne de res se determinará considerando la estabilidad de su contenido graso. Para ello, se evaluarán el índice de acidez y el índice de peróxidos, cuyos valores máximos permitidos son 0.5 mgKOH/g y 10 meqO₂/kg de grasa, respectivamente. El comportamiento de estos indicadores se puede observar con mayor claridad en la figura que se presenta a continuación.

Figura 18

Desempeño del Índice de Acidez de la Carne de Res Envasada con Biopelícula Durante la conservación



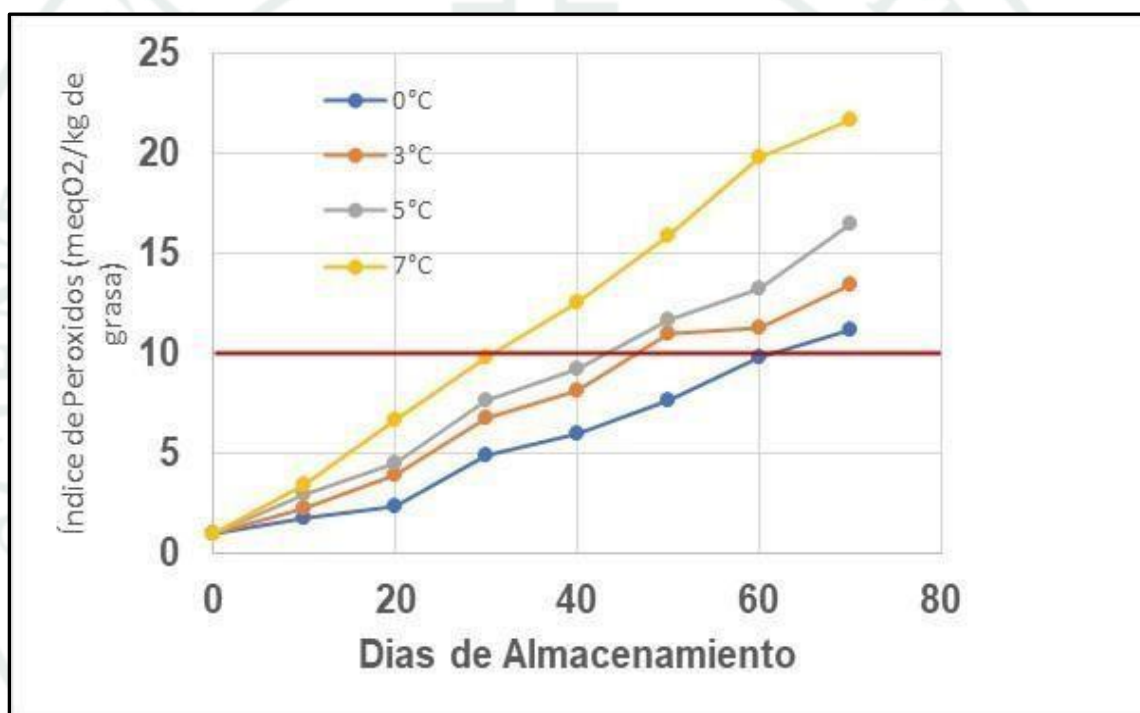
Nota. Elaboración propia

Observando la Figura 18, se puede notar claramente que conforme pasa el tiempo el índice de acidez va en aumento, estando fuertemente relacionado a la temperatura, en donde se puede apreciar que conforme la temperatura baja el aumento del índice se hace más lento. A partir de la figura se puede observar que la incorporación de aceite esencial

de clavo en la biopelícula tiene un efecto antioxidante, ya que el aumento del índice de acidez ocurre de manera más lenta en el tiempo en comparación con la carne envasada de forma convencional. Asimismo, el gráfico permite estimar la vida útil de la carne según la temperatura de almacenamiento, siendo de 38.46 días a 0 °C, 33.87 días a 3 °C, 30 días a 5 °C y 17.98 días a 7 °C.

Figura 19

Desempeño del Índice de Peróxidos de la Carne de Res Envasada con Biopelícula Durante la conservación



Nota. Elaboración propia

Observando la Figura 19, se puede notar claramente que conforme pasa el tiempo el índice de peróxidos va en aumento, estando fuertemente relacionado a la temperatura, en donde se puede apreciar que conforme la temperatura baja la formación de los peróxidos se hace más lenta. El análisis de la figura permite inferir que la incorporación de aceite esencial de clavo en la biopelícula genera un efecto protector frente a la oxidación, evidenciado en el incremento más lento del índice de peróxidos a lo largo del tiempo, en comparación con la carne conservada mediante métodos tradicionales. Asimismo, a partir

de dicha representación gráfica es posible estimar la duración en almacenamiento del producto según la temperatura, alcanzando 60 días a 0 °C, 46.57 días a 3 °C, 42.86 días a 5 °C y 30.7 días a 7 °C.

Por otra parte, durante todo el almacenamiento se realizó una evaluación sensorial de la carne de res, considerando los atributos de color y olor. Para ello, se empleó una escala hedónica de cinco niveles, donde 1 es “me disgusta mucho” y 5 es “me gusta mucho”. Esta valoración fue llevada a cabo por un panel de 12 evaluadores, y los resultados se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 25

Resultados del Análisis Sensorial (Color y Olor) de la Carne de Res Almacenada Durante 70 Días a Diferentes Temperaturas

Días	Atributo	Panelistas											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	Color	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
	Olor	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	Color	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
	Olor	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4
20	Color	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
	Olor	4	4	5	4	5	4	4	4	5	5	5	4
30	Color	5	4	5	4	4	4	5	5	4	4	5	4
	Olor	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	3
40	Color	4	4	5	3	4	3	3	4	4	4	4	3
	Olor	2	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3
50	Color	3	3	4	3	3	2	2	3	3	3	3	2
	Olor	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
60	Color	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2
	Olor	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2
70	Color	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
	Olor	1	2	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1

Nota. Elaboración propia

Para facilitar la comprensión de los datos mostrados en la Tabla 25, se elaboró un resumen a partir de los valores promedio. Esto permite identificar el momento en que las muestras de carne comienzan a ser percibidas de forma negativa por los evaluadores, según su color y olor. Los resultados de este resumen se presentan a continuación.

Tabla 26

Resumen de la Evaluación Sensorial del Color y Olor de las Muestras de Carne Almacenadas a Diferentes Temperaturas

Días	Atributo	Puntaje promedio
0	Color	5
	Olor	5
10	Color	5
	Olor	5
20	Color	5
	Olor	4
30	Color	4
	Olor	4
40	Color	4
	Olor	3
50	Color	3
	Olor	3
60	Color	2
	Olor	2
70	Color	2
	Olor	2

Nota. Elaboración propia

Es importante mencionar que puntajes por debajo de 4 da a conocer que la carne ya no es aceptada sensorialmente por los panelistas, lo que sirve como base para establecer la vida de anaquel de la carne de res evaluada en la presente investigación.

Observando la Tabla 26, se puede establecer que de acuerdo al olor la carne tiene una vida de anaquel de solo 30 días, mientras que de acuerdo al color la carne tiene un tiempo un poco mayor de 40 días como vida de anaquel.

La biopelícula con aceite esencial de clavo de olor confiere una protección antioxidante funcional que prolonga la estabilidad lipídica de la carne de res (asado de tira) en comparación con métodos convencionales; sin embargo, la vida de anaquel práctica debe definirse considerando simultáneamente criterios químicos y sensoriales. Para aplicaciones industriales, el almacenamiento de 0 °C a 3 °C maximiza la vida útil y la calidad sensorial; temperaturas superiores a 5–7 °C aceleran la pérdida de aceptabilidad y la formación de productos de oxidación.

3.5. Evaluación de Producto final

El producto final, una vez envasado y recubierto con el biofilm, fue sometido a un análisis químico proximal con el propósito de determinar si la composición de la carne de res experimentó modificaciones tras su almacenamiento. Los resultados de dicho análisis se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 27

Resultados del Análisis Químico Proximal de la Carne de Res (Asado de Tira) después del Almacenamiento

Componente	Cantidad (%)
Humedad	50.21
Proteína	17.32
Grasa	31.46
Cenizas	1.01
Carbohidratos	0.00
pH	5.72

Nota. Tomado de Certificado de conformidad, por EPIP-UNSA, 2024.

Los datos de la Tabla 27 muestran que el contenido de humedad (50.21 %) es menor

que el que tenía la carne antes de ser almacenada con la biopelícula. Esta reducción podría explicarse por una menor capacidad de las proteínas del músculo para retener agua durante la conservación, lo que facilita su evaporación y provoca una ligera disminución. La proteína de 17.32 % son similares a los valores reportados para carne vacuna cruda (aproximadamente 20–23%), lo que indica una composición proteica esperable para un corte con alto contenido graso. El contenido lipídico de 31.46 % es relativamente bajo en comparación con cortes comerciales con mayor marmoleo; estudios analíticos recientes muestran que la grasa intramuscular puede variar ampliamente (desde <3% en cortes muy magros hasta >20% en cortes prime), por lo que el valor observado es compatible con un asado de tira graso o con extracción de grasa durante procesamiento/almacenamiento. El contenido de cenizas 1.01 % se encuentra dentro de los valores esperados para carne vacuna, que típicamente rondan 1– 2%, reflejando la fracción mineral total del tejido muscular. El pH de 5.72 es similar respecto al pH óptimo postmortem (pH final típico ~5.4– 5.8 para carne con buena acidificación), lo que puede indicar condiciones de almacenamiento o manejo que limitaron el cambio de pH (p. ej., estrés pre-sacrificio, temperatura de almacenamiento, o tiempo postmortem) y que pueden influenciar en la conservación de agua y la textura.

Para finalizar, en la presente investigación también se realizó una caracterización final de la biopelícula elaborado considerando la adición de aceite esencial de clavo de olor. Dichos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 28

Resultados del Análisis de la Biopelícula con adición de aceite esencial de clavo de olor

Característica evaluada	Resultado obtenido
Humedad	25.18 %
Solubilidad	24.09 %
Espesor	0.19 mm
Permeabilidad al vapor de agua	0.08 g.mm/Pa.h.m ²
Opacidad	7.64 %

Nota. Tomado de Certificado de conformidad, por EPIP-UNSA, 2024.

El contenido de humedad obtenido (25.18 %) refleja una matriz polimérica con capacidad de retención de agua moderada, lo cual favorece la flexibilidad de la biopelícula y evita su fragilidad. La solubilidad (24.09 %) indica una resistencia relativa frente a la disolución en medios acuosos, característica deseable en aplicaciones de recubrimiento de alimentos con elevada actividad de agua. El espesor (0.19 mm) se encuentra dentro de los rangos reportados para biopelículas comestibles, garantizando propiedades mecánicas adecuadas sin comprometer la transparencia. La permeabilidad al vapor de agua (0.08 g·mm/Pa·h·m²) evidencia una buena capacidad de barrera frente a la transferencia de humedad, aspecto crítico para prolongar la vida útil de productos alimenticios. Finalmente, la opacidad (7.64 %) sugiere que la película mantiene una aceptable transparencia, lo cual favorece la presentación visual del alimento envasado.

Todos los resultados obtenidos en la caracterización de la carne de res (asado de tira) envasada con biofilm elaborado con aceite esencial de clavo, cumplen con los requisitos y consideraciones que se especifican en la ficha técnica del Anexo 10.

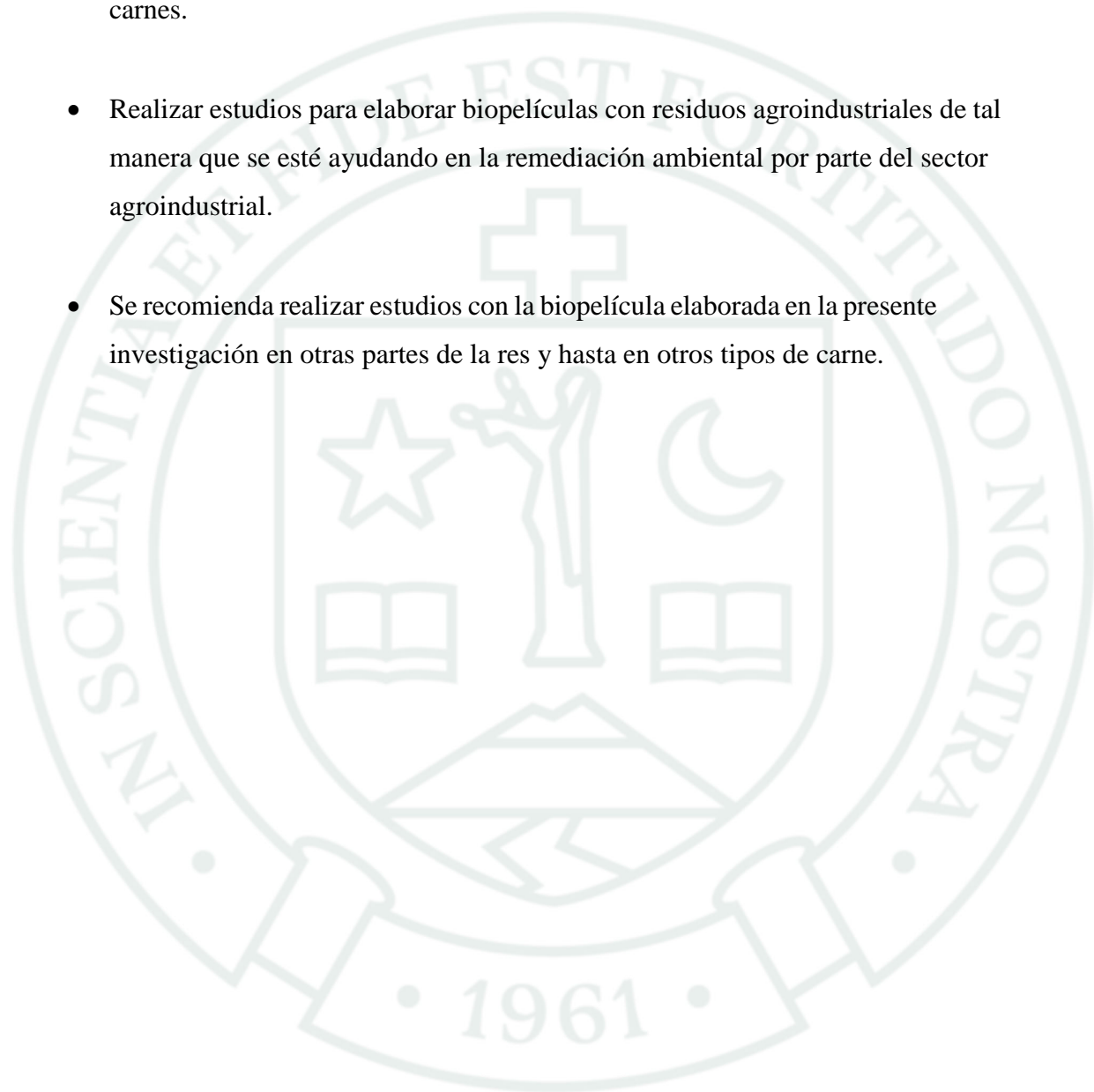
Los resultados obtenidos demuestran que la incorporación de aceite esencial de clavo de olor contribuye a mejorar las propiedades funcionales de la biopelícula. La baja permeabilidad al vapor de agua y la moderada solubilidad confirman que la matriz polimérica adquiere mayor resistencia frente a la humedad, lo que resulta ventajoso para la conservación de alimentos cárnicos frescos. Asimismo, el espesor y el contenido de humedad se encuentran en rangos óptimos, lo que asegura un equilibrio entre flexibilidad y resistencia mecánica. La opacidad relativamente baja garantiza que la biopelícula no afecte de manera significativa la apariencia de la carne, manteniendo su atractivo comercial. Cabe destacar que, además de las propiedades físicas, el aceite esencial de clavo de olor aporta compuestos fenólicos con reconocida actividad antimicrobiana y antioxidante, lo que podría incrementar la seguridad microbiológica y la estabilidad oxidativa de los alimentos recubiertos. En este sentido, la biopelícula evaluada no solo cumple una función como barrera física, sino que también ofrece un valor añadido como sistema activo de envasado, alineándose con las tendencias actuales de empaques sostenibles y funcionales en la industria alimentaria.

CONCLUSIONES

- Se determinó que la mejor formulación para elaborar la biopelícula está compuesta por 8 % de almidón, 2.75 % de glicerina y 7 % de ácido acético, debido a que con esta combinación se lograron las características más favorables en términos de humedad, solubilidad, espesor, permeabilidad al vapor y opacidad.
- Se determinó que, para conferir funcionalidad a la biopelícula en el envasado de carne de res, es necesaria la incorporación de 0.8 % de aceite esencial de clavo, alcanzándose con esta concentración resultados óptimos en cuanto a actividad antioxidante y antimicrobiana.
- Se demostró que la vida útil de la carne de res (asado de tira), evaluada mediante el índice de acidez y envasada con biopelícula que incorpora aceite esencial de clavo, alcanza 38.46 días a 0 °C, 33.87 días a 3 °C, 30 días a 5 °C y 17.98 días a 7 °C.
- Asimismo, considerando el índice de peróxidos, la vida útil del mismo producto se estimó en 60 días a 0 °C, 46.57 días a 3 °C, 42.86 días a 5 °C y 30.7 días a 7 °C.
- Finalmente, en función de las propiedades sensoriales de olor y color, la vida útil de la carne de res (asado de tira) envasada con la biopelícula con aceite esencial de clavo se estableció en 30 días para el olor y 40 días para el color.
- Se concluye, en función a los parámetros químicos medidos y a los atributos sensoriales evaluados, que el producto elaborado tiene una fecha de caducidad de 40 días a 0 °C, desde el momento que la carne es envasada con la biopelícula con aceite esencial de clavo de olor.

RECOMENDACIONES

- Realizar mayores estudios para mejorar el tema de la opacidad de la biopelícula, para alcanzar buena aceptabilidad al ser utilizado como material de empaque para carnes.
- Realizar estudios para elaborar biopelículas con residuos agroindustriales de tal manera que se esté ayudando en la remediación ambiental por parte del sector agroindustrial.
- Se recomienda realizar estudios con la biopelícula elaborada en la presente investigación en otras partes de la res y hasta en otros tipos de carne.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aberle, E., Forrest, J., Gerrard, D., Mills, E., Hedrick, H., Judge, M., & Merkel, R. (2001). *Principles of meat science* (K. P. Company (ed.); Fourth edi).
- Acevedo, M. (2004). *Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importada*. Universidad de Puerto Rico.
- Agrimundo. (2015). *Inteligencia competitiva para el sector alimentario*. <http://www.agrimundo.gob.cl/?p=30887>
- Aguilar, A., & Lopez, A. (2013). *Extractos y aceite esencial del clavo de olor (Syzygium aromaticum) y su potencial aplicación como elementos antimicrobianos en alimentos*.
- Aguilar, M. (2005). *Características físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento en frutos de aguacate*. Instituto Politecnico Nacional.
- Ahvenainen, R. (2014). Active and intelligent packaging. *Food Nutr. Sci*, 64, 7–15.
- Andujar, G. (2009). *Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos* (I. de I. para la industria Alimentaria (ed.)). <https://elibro.net/es/ereader/ulcb/71394?page=19>.
- Archundia, E. (2019). *Desarrollo de un biopelícula activa, que aumente la vida de anaquel en carne de bovino*. Universidad Autonoma del Estado de Mexico.
- Barazarte, H. (2006). *Uso potencial de la cáscara de cacao*. Universidad Simon Bolivar.
- Bingól, E., & Bostan, K. (2007). Effect of sodium lactate on the microbiological quality and shelf life of sausages. *Turk. J. Vet. Anim. Sci*, 31(5), 333–339.
- Boles, J., & Swan, J. (2002). Processing and sensory characteristics of cooked roast beef. *Meat Science*, 62, 419–427.
- Bruneton, J. (2001). *Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales* (E. A. S.A. (ed.); Segunda ed).
- Buensuceso, V. (2010). *Elaboración y caracterización de biopelículas a partir de almidón de yuca*. Instituto Politecnico Nacional.
- Cabeza, E. (2013). *Aplicación de la microbiología predictiva para Determinar la vida útil de los alimentos*. Universidad de Pamplona.
- Calligaris, S., Manzocco, L., Anese, M., & Nicoli, M. C. (2019). Accelerated shelf life testing. In *Food Quality and Shelf Life* (pp. 359–392). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817190-5.00012-4>

- Carrillo, M. (2013). Vida útil de los Alimentos. *Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 25.
- Ceballos, S., Guitan, L., Ruesga, M., & Ceballos, L. (2008). Prevalencia de lesiones orales por candida en una población con sida sometida a terapia antirretroviral. *Rev. Iberoamericana Micol*, 15, 141–145.
- Cerqueira, M. A., Souza, B. W. S., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2012). Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films. *Food Hydrocolloids*, 27(1), 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.07.007>
- Chariguamán, J. (2015). *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá*. Escuela Panamericana, Zamorano.
- Cheftel, J., & Cheftel, H. (2006). *Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos* (E. Acribia (ed.)).
- Correa, A. (2015). *Evaluación de indicadores de deterioro de miel de diferentes especies de abejas*. Universidad de Burgos.
- Cortés-Rojas, D. F., de Souza, C. R. F., & Oliveira, W. P. (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(2), 90–96. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(14\)60215-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(14)60215-X)
- Depetris, J. (2000). *Calidad de la carne vacuna*.
- Destefanis, G., Barge, M., Brugiapaglia, A., & Tassone, S. (2000). The use of principal component analysis (PCA) to characterize beef. *Meat Science*, 56, 255–259.
- Do Evangelho, J. A., da Silva Dannenberg, G., Biduski, B., el Halal, S. L. M., Kringel, D. H., Gularte, M. A., Fiorentini, A. M., & da Rosa Zavareze, E. (2019). Antibacterial activity, optical, mechanical, and barrier properties of corn starch films containing orange essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 222, 114981. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.114981>
- Dorado, E. (2011). *Acondicionamiento de la carne para su comercialización* (I. Editorial (ed.)). <https://elibro.net/es/ereader/ulcb/54175?page=13>
- Estrada, J. (2017). *Procesamiento y vida en anaquel de miel de abejas peruanas*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Farfan, S. (2024). *Evaluación de la capacidad antimicrobiana y antioxidante en extractos secuenciales de hoja de chia*. Universidad de Chile.

- Fennema, D. (1996). *Food Chemistry* (M. D. Inc. (ed.); Tercera ed).
- Fernandez, V., Silvia, B., Fernandez, V., Ocampo, R., Garcia, P., & Falcón, R. (2013). Películas y recubrimientos comestibles. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52–57.
- Foundation, Am. M. I. (1960). *The science of meat and meat products* (W. H. F. Comapany (ed.)).
- Friedman, M., Henika, P., & Mandrell, R. (2002). Bactericidal activities of plant essential oils y some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeriamonocytogenes* y *Salmonella enterica*. *Journal of Food Protection*, 65(10), 1545–1560.
- Garriz, C. (2001). Calidad organoléptica de la carne vacuna. *Cia. Ita. INTA*.
- Ghanbarzadeh, B., & Almasi, H. (2011). Physical properties of edible emulsified films based on carboxymethyl cellulose and oleic acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 48(1), 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.09.014>
- Gomez, G. (1999). *Métodos de estudio de vida en anaquel de los alimentos*.
- González, R. E., & Castro, Y. A. E. I. (2016). Obtención de biopelículas conteniendo extracto acuoso de *Eucalyptus camaldulensis* y su incidencia en la vida útil microbiológica de rodajas de *Carica papaya* L. *Informacion Tecnologica*, 27(2), 61–66. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000200008>
- Gülçin, İ., Elmastaş, M., & Aboul-Enein, H. Y. (2012). Antioxidant activity of clove oil. *Arabian Journal of Chemistry*, 5(4), 489–499. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.09.016>
- Han, J. H., & Scanlon, M. G. (2014). Mass Transfer of Gas and Solute Through Packaging Materials. In *Innovations in Food Packaging* (pp. 37–49). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00003-5>
- Hitokoto, H., Morozumi, S., Wauke, S., & Kurata, H. (1980). Inhibitory effects of spices on growth and toxin production of toxigenic fungi. *Appl. Environ. Microbiol*, 818–822.
- Hough, G., Langohr, K., Gomez, G., & Curia, A. (2003). Survival Analysis Applied to Sensory Shelf-Life of Foods. *Journal of Food Science*, 68(1), 359–362.
- Hui, Y., Guerrero, I., & Rosmini, M. (2006). *Ciencia y tecnología de la Carne* (L. S.A. (ed.)).
- Hwang, I., & Thompson, J. (2001). The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness in beef longissimus dorsi muscle. *Meat Science*, 58, 135–144.

- INDECOPI. (2008). *Carne y productos carnicos. Definiciones y requisitos de carcasas y carne de bovinos* (p. 26).
- Jimenez, C. (2017). *Evaluación de polímeros en pseudotallos de Musa acuminata AAA, Musa sapientum ABB y Musa paradisiaca AAB para elaboración de bioplástico*. http://aleph.ecosur.mx:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/9MMIH2FGXFUT53TBDJTM%0A15FLQ7HDVN.pdf
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., Stoilova, I., Stoyanova, A., Krastanov, A., & Schmidt, E. (2006). Chemical composition and antioxidant properties of clove leaf essential oil. *Journal Agriculture Food Chemistry*, *54*(17), 6303–6307.
- Kerr, W., Li, R., & Toledo, R. (2000). Dynamic mechanical analysis of marinated chicken breast meat. *Journal of Texture Studies*, *31*, 421–436.
- Kuklinkski, C. (2000). *Farmacognosia. Estudio de las drogas de origen natural* (Ediciones Omega (ed.); Primera).
- Kulisic, T., Radonic, A., Katalinic, V., & Milos, M. (2004). Use of diferent methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. *Food Chemistry*, *85*(4), 633–640.
- Lawrie, R. (1991). *Meat Science* (P. Press (ed.); Quinta edi).
- Lee, K., & Shibamoto, T. (2001). Antioxidant property of aroma extract isolated from clove bud. *Food Chemistry*, *74*(4), 443–448.
- Lee, S., Umamo, K., Shibamoto, T., & Lee, K. (2005). Identifi cation of volatile components in basil y thyme leaves y their antioxidant properties. *Food Chemistry*, *91*(1), 131–137.
- Listrat, A., N., R., Jurie, C., Picard, C., Touraille, C., & Geay, Y. (1999). Effect of the type of diet on muscle characteristics and meat palatability of growing salers bulls. *Meat Science*, *53*, 115–124.
- Lopez, P., Sanchez, C., Batlle, R., & Nerín, C. (2007). Development of flexible antimicrobial films using essential oils as active agents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*(21), 8814–8824.
- Lopez, P., Sanchez, C., Battle, R., & Nerin, C. (2007). Vapor-Phase activities of cinnamon, thyme and oregano essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4348–4356.
- Maher, S., Mullen, A., Keane, M., Buckley, D., Kerry, J., & A., M. (2004). Decreasing variation in the eating quality of beef through homogenous pre and post-slaughter management.

- Meat Science*, 67, 33–43.
- Mantilla, M. (2020). *Caracterización de pectina extraída a partir de residuos de fruta*. Universidad de los Andes.
- Mantis, F., Tsachev, I., Sabatakou, O., Barriel, A., Vacalopoulos, A., & Ramantanis, S. (2005). Safety and shelf-life of widely distributed vacuum packed, heat treated sausages. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 8, 245–254.
- McMillin, K. (2017). Advancements in meat packaging. *Journal Meat Science*, 153–162.
- Mortensen, M., Andersen, H., Engelsen, S., & Bertram, H. (2006). Effect of freezing temperature, thawing and cooking rate on water distribution in two pork qualities. *Meat Science*, 72, 34–42.
- Musso, Y. (2017). *Desarrollo de películas proteicas para el envasado activo e inteligente de alimentos*. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.
- Olivan, M., Martinez, A., Osoro, K., Sañudo, C., Panea, B., Olleta, J., Campo, M., Oliver, M., Serra, X., Gil, M., & Piedrahita, J. (2004). Effect of muscular hypertrophy on physico-chemical, biochemical and texture traits of meat from yearling bulls. *Meat Science*, 68, 567–575.
- Orozco, K., & Villa, S. (2021). *Evaluación del proceso de obtención de una biopelícula a partir de pectina extraída de la pulpa de café arábica*. Universidad de America.
- Ortega, J. (2018). *Efecto de un método de marinado en la vida en anaquel de carne para asar de res de la empresa Agroindustrial del Corral*. Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano Honduras.
- Paredes, K. (2022). *Elaboración y caracterización de una biopelícula biodegradable a partir de chayote para el uso en alimentos*. Escuela Superior politecnica de Chimborazo.
- Pastrana, Y., Durango, A., & Acevedo, D. (2017). *Efecto antimicrobiano del clavo y la canela sobre patógenos antimicrobial*. 15(1), 56–65.
- Peluffo, M., & Rodriguez, M. (2002). *Terneza: una característica a tener en cuenta*.
- Penalver, P., Huerta, B., Borge, C., Astorga, R., Romero, R., & Perea, A. (2005). Antimicrobial activity of five essential oils against origin strains of the Enterobacteriaceae family. *APMIS*, 113(1), 1–6.
- Pérez, M., & Krochta, J. (2001). Denaturation time and temperature effects on solubility, tensile properties, and oxygen permeability of whey protein edible films. *Journal Food Science*,

66, 705–710.

- Pietrasik, Z., & Shand, P. (2004). Effect of blade tenderization and trumbling time on the processing characteristics and tenderness of injected cooked roast beef. *Meat Science*, 66, 871–879.
- Pizzale, L., Bortolomeazzi, R., Vichi, S., Uberegger, E., & Conte, L. (2002). Antioxidant activity of sage y oregano extracts related to their phenolic compound content. *Journal of the Science of Food y Agriculture*, 82(14), 1645–1651.
- Price, J., & Schweigert, B. (2001). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos* (E. Acribia (ed.); Segunda ed).
- Quintana, D. (2021). *Obtención de Bioplástico a partir de la yuca amarilla y aceite esencial de hierba luisa para enbalaje de alimentos*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Quintero, C., Falguera, V., & Aldemar, M. (2010). Películas y recubrimientos comestibles. *Revista Tumbaga 2010*, (5), 93–118.
- Ramos, M., Valdés, A., Beltrán, A., & Garrigós, M. (2016). Gelatin-Based Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Coatings*, 6(4), 41. <https://doi.org/10.3390/coatings6040041>
- Reddy, A., & Lokesh, B. (1994). Studies on the inhibitory effects of curcumin y eugenol on the formation of reactive oxygen species y the oxidation of ferrous iron. *Molecular y Cellular Biochemistry*, 137(1), 1–8.
- Reyes, F., Palou, E., & Lopez, A. (2012). *Vapores de aceites esenciales, alternativa de antimicrobianos naturales*.
- Rimarachin, F. (2016). *Estado situacional de la cadena productiva y calidad de carne de vacuno*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Sahraee, S., Milani, J. M., Regenstein, J. M., & Kafil, H. S. (2019). Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings. *Food Bioscience*, 32(July). <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100451>
- Salgado, P. R., Ortiz, C. M., Musso, Y. S., Di Giorgio, L., & Mauri, A. N. (2015). Edible films and coatings containing bioactives. *Current Opinion in Food Science*, 5, 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.09.004>
- Santiago, M. (2015). *Elaboración y caracterización de películas biodegradables obtenidad con almidón nanoestructurado*. Universidad Veracruzana.

- Santrich, D. (2006). *Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res*. Universidad de Puerto Rico.
- Savic, Z. (2012). Advances in meat, poultry and seafood packaging. *Journal Technology and Nutrition*, 14, 377–405.
- Solorzano, G. (2022). *Elaboración de bioplástico a partir de almidón de platano y colágeno de escamas de pescado*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Song, X., Zuo, G., & Chen, F. (2018). Effect of essential oil and surfactant on the physical and antimicrobial properties of corn and wheat starch films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 1302–1309.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.114>
- Suppakul, P., Sonneveld, K., Bigger, S., & Miltz, J. (2008). Efficacy of polyethylenebased antimicrobial films containing principal constituents of basil. *Food Science y Technology*, 41(5), 779–788.
- Tellez, J. (2002). *Tecnología e Industrias Carnicas* (A. G. Espino (ed.); Tomo I).
- Tepe, B., Daferera, D., Sokmen, M., Polissiou, M., & Sokmen, A. (2004). In vitro antimicrobial y antioxidant activities of the essential oils y various extracts of *Thymus eigi* M Zohary et P.H. Davis. *Journal of Agricultural y Food Chemistry*, 52(5), 1132– 1137.
- Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., De Pasquale, A., & Saija, A. (2005). Influence of heating on antioxidant activity y the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry*, 89(4), 549–554.
- Trujillo, C. (2014). *Obtención de películas biodegradables a partir de almidon de yuca doblemente modificado para uso en empaque de alimentos*. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Vestergaard, M., Therkildsen, M., Henckel, P., Jensen, L., Andersen, H., & Sejrsen, K. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls. *Meat Science*, 54, 187–195.
- Vinod, A., Sanjay, M. R., Suchart, S., & Jyotishkumar, P. (2020). Renewable and sustainable biobased materials. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120978.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120978>
- Viuda, M., Ruiz, Y., Fernandez, J., & Perez, J. (2008). Antibacterial activity of different essential oils obtained from spices widely used in mediterranean diet. *International*

Journal of Food Science y Technology, 43(3), 526–531.

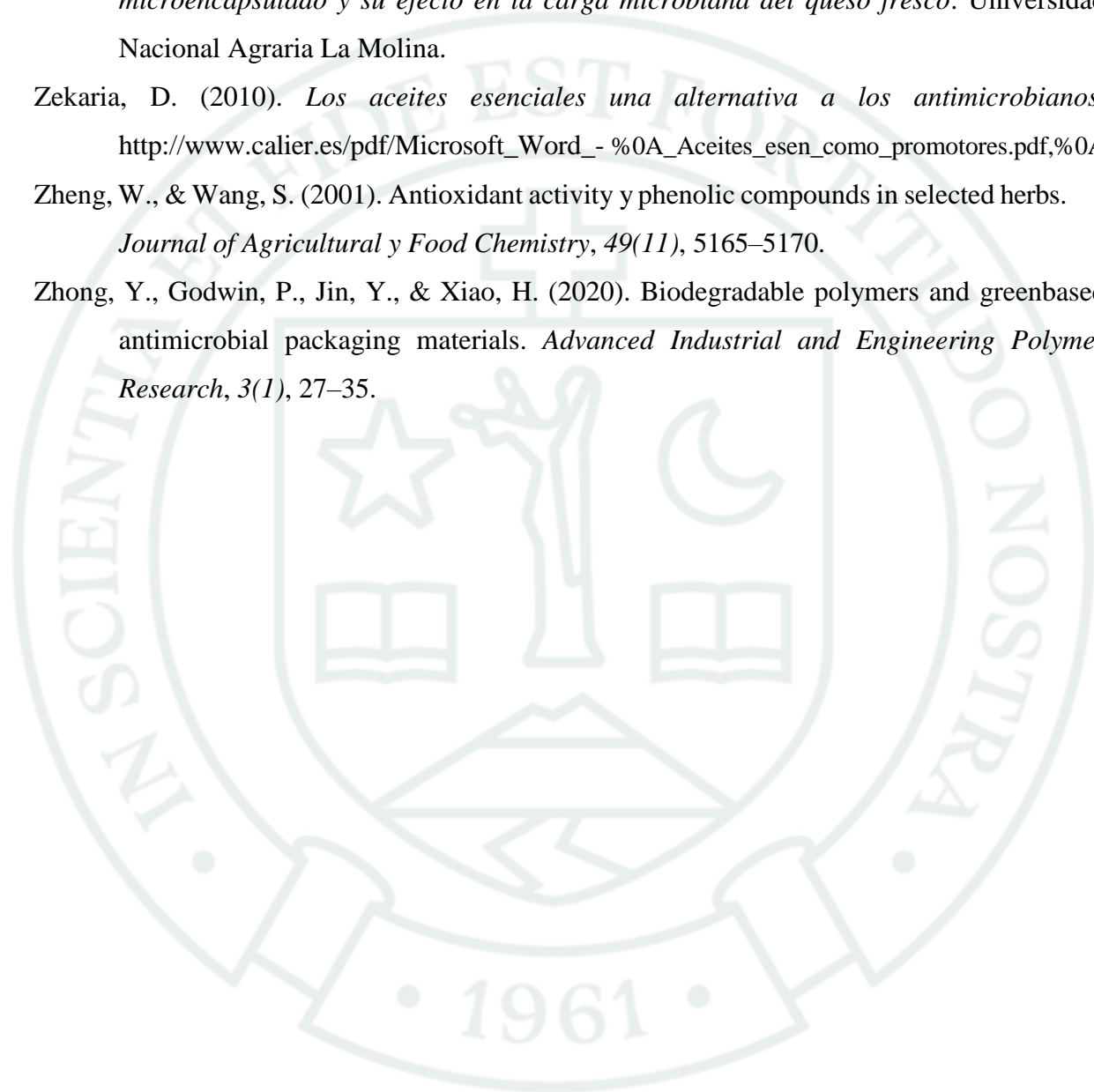
Wannissorn, B., Jarikasem, S., Siriwangchai, T., & Thubthimthed, S. (2005). Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants. *Fitoterapia*, 76(2), 233–236.

Yoplac, I. (2019). *Desarrollo de biopelículas activas con aceite esencial de citral microencapsulado y su efecto en la carga microbiana del queso fresco*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Zekaria, D. (2010). *Los aceites esenciales una alternativa a los antimicrobianos*. [http://www.calier.es/pdf/Microsoft_Word_-_ %0A_Aceites_esen_como_promotores.pdf,%0A](http://www.calier.es/pdf/Microsoft_Word_-_%0A_Aceites_esen_como_promotores.pdf,%0A)

Zheng, W., & Wang, S. (2001). Antioxidant activity y phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural y Food Chemistry*, 49(11), 5165–5170.

Zhong, Y., Godwin, P., Jin, Y., & Xiao, H. (2020). Biodegradable polymers and greenbased antimicrobial packaging materials. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 3(1), 27–35.





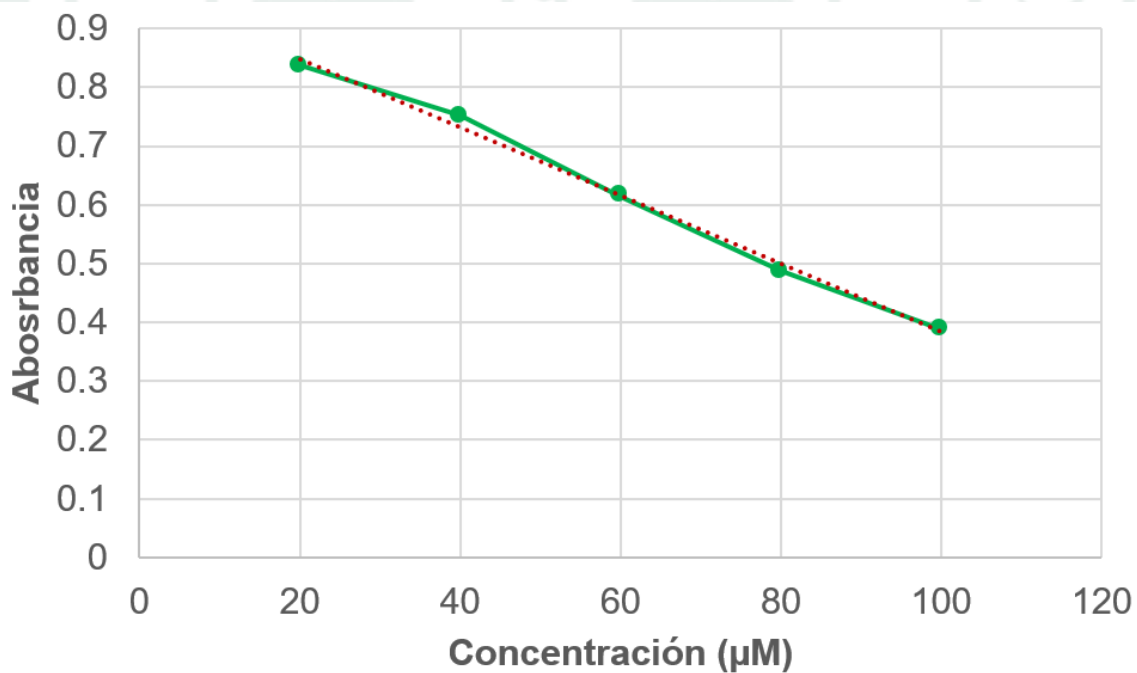
Anexo 1

Curva de calibración del método DPPH

Para cada una de las concentraciones de Trolox preparadas se calcula la absorbancia, encontrándose los resultados que se presentan a continuación:

Concentración Trolox (μM)	Absorbancia
20	0.837
40	0.752
60	0.614
80	0.487
100	0.389

Con los datos de las absorbancias y las concentraciones de trolox, se gráfica y se halla la expresión algebraica de la línea recta con el propósito de calcular valores en función de cualquier nivel de absorbancia, la concentración de antioxidante.



Con el gráfico de la curva de calibración se encuentra la ecuación para hallar las concentraciones de las sustancias antioxidantes, determinándose que dicha ecuación tiene un buen ajuste, ya que se encontró un R^2 de 0.9947

$$\text{Absorbancia} = -0.0058 * \text{Concentración} + 0.9641$$



Anexo 2

Metodología para la determinación de índice de acidez

Materiales y Equipos:

- Licuadora
- Matraz
- Gotero
- Bureta
- Probeta
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína

Procedimiento:

1. Se pesan 10 gramos de carne.
2. La muestra se coloca en un equipo de trituración junto con 100 mL de agua destilada y se mezcla durante 1 minuto.
3. La mezcla obtenida se filtra en un matraz de 250 mL y luego se completa el volumen con agua destilada.
4. Se toma una porción de 25 mL del filtrado, se le agregan 75 mL de agua destilada y cuatro gotas de fenolftaleína.
5. La solución se titula con NaOH 0.1 N hasta observar el cambio de color.
6. El índice de acidez, expresado como ácido láctico, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ índice de acidez} = \frac{(V - V_b) * (N_{\text{NaOH}}) * (f_d)}{\text{peso de la muestra}}$$

Donde:

V identifica la magnitud volumétrica de NaOH utilizada en la muestra.

Vb corresponde al volumen de NaOH consumido en el ensayo en blanco.

N denota la normalidad de la solución de NaOH.

fd refiere al factor de dilución aplicado.

Anexo 3

Metodología para determinación de Índice de peróxidos

Materiales y Equipos:

- Equipo Soxhlet
- Bureta
- Tiosulfato de sodio
- Cloroformo
- Almidón
- Matraz Erlenmeyer
- Probeta
- Ácido acético
- Yoduro de potasio

Procedimiento:

1. En una primera etapa, la fracción lipídica es aislada de la muestra mediante la técnica de Soxhlet.
2. Posteriormente, se cuantifican 4 gramos del extracto graso y se transfieren a un matraz Erlenmeyer con capacidad de 250 ml.
3. A continuación, se incorporan 30 ml de la solución compuesta por cloroformo y ácido acético.
4. El recipiente es sellado y sometido a agitación vigorosa hasta lograr la completa solubilización de la fase grasa.
5. Luego se agregan 0,5 mL de una solución saturada de yoduro de potasio, manteniendo el recipiente cerrado y en agitación durante 1 minuto.
6. Después, la mezcla se deja en reposo sin exposición a la luz por 5 minutos.
7. A continuación, se añaden 30 mL de agua destilada y 4 mL de una solución de almidón al 1 %, hasta que aparezca una coloración gris oscura.
8. Finalmente, se procede a la valoración con tiosulfato de sodio 0.01 N hasta la desaparición de dicha coloración.
9. El índice de peróxidos se determina mediante la siguiente expresión:

$$\text{Índice de peróxidos} = \frac{(V) * (N_{Na_2S_2O_3}) * (1000)}{\text{peso de la muestra}}$$

Donde:

V corresponde al volumen de $Na_2S_2O_3$ consumido por la muestra.

N representa la normalidad de la solución de $Na_2S_2O_3$.

Anexo 4

Formato de Análisis Químico del Asado de Tira



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE ANALISIS FISICO - QUIMICO



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Número : 019-024
Muestra : Asado de tira
Solicitante : Margory Chavez
Fecha de recepción : 17-10-2024

1. Análisis Químico Proximal

Componente	Resultado (%)
Proteína	17.14
Humedad	50.88
Grasa	31.15
Cenizas	0.83
Carbohidratos	0.00
pH	5.69

Arequipa, 21 de octubre del año 2024

M.Sc. Gustavo E. Benavente Velásquez
C.I.P. 77703
Docente responsable
Laboratorio de Análisis Físico - Químico

Anexo 5

Formato de Análisis Microbiológico del Asado de Tira



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD



Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204205 "D" + 51 54 251210 ANEXO 1198
laboratorioensayocm@gmail.com http://www.ucsm.edu.pe Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERU

INFORME DE ENSAYO N° ANA17J24.0001212A

INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del Cliente : Margory Chavez
Dirección del Cliente : No proporcionada
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Margory Chavez
Descripción de la muestra : Asado de tira (carne de res con hueso)

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 200 g
Fecha de recepción : 17/10/2024
Fecha de ejecución de ensayo : 18/10/2024 al 25/10/2024
Fecha de Emisión de Informe : 25/10/2024
Pagina : 1 de 1

I. ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
NUMERACION DE MICROORGANISMOS AEROBIOS MESOFILOS VIABLES (30 °C) ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 120-124(Trad. 1978) Reimp 2000. Ed. Acribia	UFC/g	10 ³
DETECCION DE <i>Salmonella sp</i> ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 172-178(Trad. A978) Reimp 2000. Ed. Acribia	Ausencia/ Presencia en 25 g	Ausencia

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad


Q.F. Ricardo A. Abril Ramire,
COPERA00024
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



Anexo 6

Formato de Análisis Químico de la Biopelícula con aceite esencial de clavo de olor (Humedad, solubilidad, espesor, permeabilidad al vapor de agua, opacidad)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE ANALISIS FISICO - QUIMICO



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Número : 020-024
Muestra : Biopelículas con aceite de clavo de olor
Solicitante : Margory Chavez
Fecha de recepción : 21-10-2024

1. Humedad

Muestra	Resultado (%)
F1	26.21
F2	25.73
F3	25.28

2. Solubilidad

Muestra	Resultado (%)
F1	23.18
F2	21.59
F3	21.32

3. Espesor

Muestra	Resultado (mm)
F1	0.21
F2	0.22
F3	0.21

4. Permeabilidad al vapor de agua

Muestra	Resultado (gmm/Paxhcm ²)
F1	0.07
F2	0.05
F3	0.04

5. Opacidad

Muestra	Resultado (%)
F1	8.76
F2	5.67
F3	3.92

Arequipa, 29 de octubre del año 2024

M.Sc. Gustavo E. Benavente Velásquez
C.I.P. 77703

Docente responsable
Laboratorio de Análisis Físico - Químico

Anexo 7

Formato de Análisis Químico de la Biopelícula con aceite esencial de clavo de olor (Actividad antioxidante, actividad antimicrobiana)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE ANALISIS FISICO - QUIMICO



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Número : 021-024
Muestra : Biopelículas con aceite de clavo de olor
Solicitante : Margory Chavez
Fecha de recepción : 21-10-2024

1. Actividad antioxidante

Muestra	Resultado ($\mu\text{M/g}$)
C1	14
C2	18
C3	39
C4	51
C5	53

2. Actividad antimicrobiana

Muestra	Resultado (mm de halo)
C1	8.4
C2	17.9
C3	18.6
C4	19.2
C5	19.5

Arequipa, 29 de octubre del año 2024

M.Sc. Gustavo E. Benavente Velásquez
C.I.P. 77703

Docente responsable
Laboratorio de Análisis Físico - Químico

Anexo 8

Formato de Análisis Químico del asado de tira (Índice de acidez e índice de peróxidos)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE ANALISIS FISICO - QUIMICO



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Número : 022-024
Muestra : Asado de tira en envase de aluminio con biopelículas con aceite de clavo de olor
Solicitante : Margory Chavez
Fecha de recepción : 28-10-2024

1. Índice de acidez (mgKOH/g)

Muestra	Temperatura de almacenamiento			
	0 °C	3 °C	5 °C	7 °C
1	0.17	0.17	0.17	0.17
2	0.21	0.28	0.31	0.39
3	0.34	0.39	0.46	0.53
4	0.42	0.44	0.50	0.64
5	0.52	0.61	0.68	0.87
6	0.81	0.95	1.03	1.21
7	0.94	1.18	1.26	1.46
8	1.178	1.39	1.76	1.91

2. Índice de peróxidos (meq de O₂/kg)

Muestra	Temperatura de almacenamiento			
	0 °C	3 °C	5 °C	7 °C
1	0.987	0.987	0.987	0.987
2	1.790	2.310	2.960	3.450
3	2.350	3.970	4.560	6.710
4	4.890	6.790	7.640	9.820
5	6.030	8.150	9.230	12.630
6	7.650	10.980	11.730	15.940
7	9.870	11.320	13.250	19.870
8	11.230	13.470	16.540	21.750

Arequipa, 07 de noviembre del año 2024

M.Sc. Gustavo E. Benavente Velásquez
C.I.P. 77703
Docente responsable
Laboratorio de Análisis Físico - Químico

Anexo 9

Formato de Análisis Químico del Asado de Tira después de Almacenamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE ANALISIS FISICO - QUIMICO



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Número : 023-024
Muestra : Asado de tira en envase de aluminio con biopelículas
con aceite de clavo de olor
Solicitante : Margory Chavez
Fecha de recepción : 28-10-2024

1. Análisis Químico Proximal

Componente	Resultado (%)
Proteína	17.32
Humedad	50.21
Grasa	31.46
Cenizas	1.01
Carbohidratos	0.00
pH	5.72

Arequipa, 07 de noviembre del año 2024

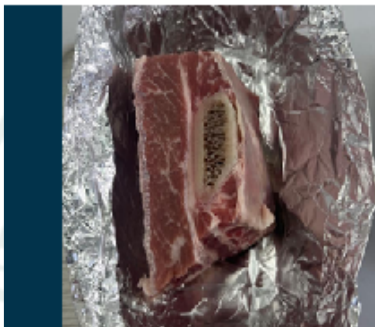
M.Sc. Gustavo E. Benavente Velásquez
C.L.P. 77703
Docente responsable
Laboratorio de Análisis Físico - Químico

Anexo 10

Ficha Técnica de Asado de tira de res envasado con biopelículas con aceite esencial de clavo de olor

Industrias
ALIMENTARIAS

FICHA TÉCNICA de producto



ASADO DE TIRA DE RES

CARNE DE RES (ASADO DE TIRA) ENVASADA CON PELICULA FUNCIONAL A BASE DE ALMIDON CON ACEITE ESENCIAL DE CLAVO DE OLOR

Formulación de la Biopelícula

Almidón = 8.00 %

Glicerina = 2.75 %

Acido acético = 7.00 %

Aceite de clavo de olor = 0.8 %

Más detalles

Para maximizar la vida útil del producto, se recomienda su almacenamiento a 0 °C. Las condiciones de almacenamiento deben ser controladas para mantener la temperatura constante y evitar fluctuaciones.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE CARNE DE RES

- Proteína = 21.48 %
- Humedad = 72.25 %
- Grasa = 2.57 %
- Cenizas = 1.72 %
- Carbohidratos = 1.98 %
- pH = 6.35

Propiedades funcionales de las biopelículas

Humedad controlada

Solubilidad adecuada

Espesor homogéneo

Permeabilidad reducida al vapor de agua

Opacidad moderada

Actividad antioxidante comprobada

Actividad antimicrobiana efectiva

Vida útil sensorial

Considerando el olor = 30 días

Considerando el color = 40 días

OBSERVACIONES

La biopelícula desarrollada ofrece una alternativa prometedora para la conservación de carne de res, extendiendo su vida útil y potencialmente mejorando su calidad a través de las propiedades antioxidantes y antimicrobianas conferidas por el aceite esencial de clavo de olor. La vida útil final del producto dependerá de la combinación de los criterios evaluados (índice de acidez, índice de peróxidos y atributos sensoriales) y las condiciones específicas de almacenamiento.

VIDA ÚTIL (ÍNDICE DE ACIDEZ)

38.46 días a 0 °C

33.87 días a 3 °C

30 días a 5 °C

17.98 días a 7 °C

VIDA ÚTIL (ÍNDICE DE PERÓXIDOS)

60 días a 0 °C

46.57 días a 3 °C

42.86 días a 5 °C

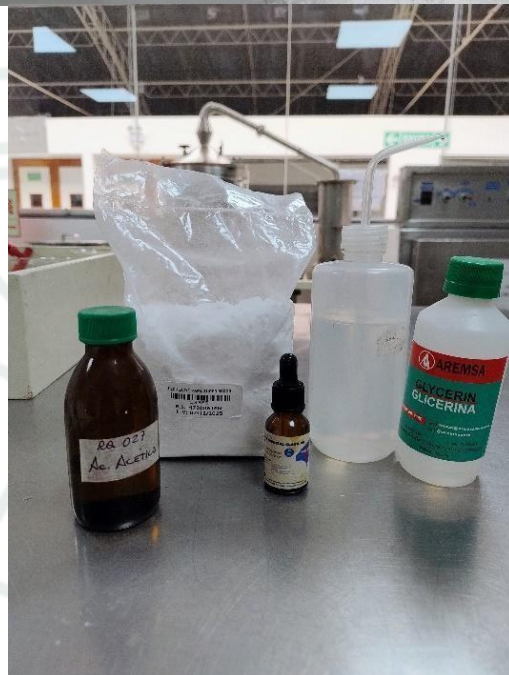
30.70 días a 7 °C

CONCLUSIONES TÉCNICAS

- La biopelícula formulada prolonga la vida útil del asado de tira en condiciones de refrigeración.
- Presenta propiedades antioxidantes y antimicrobianas que retrasan la oxidación lipídica y el deterioro microbiano.
- Los parámetros fisicoquímicos (índice de acidez y peróxidos) y sensoriales (color y olor) confirman su eficacia como material de envasado sostenible.
- Se recomienda optimizar la opacidad y evaluar su aplicación en otros cortes de res y diferentes tipos de carne para ampliar su potencial industrial.

Anexo 11

Fotografías



Materiales e Insumos



Pesando Insumos



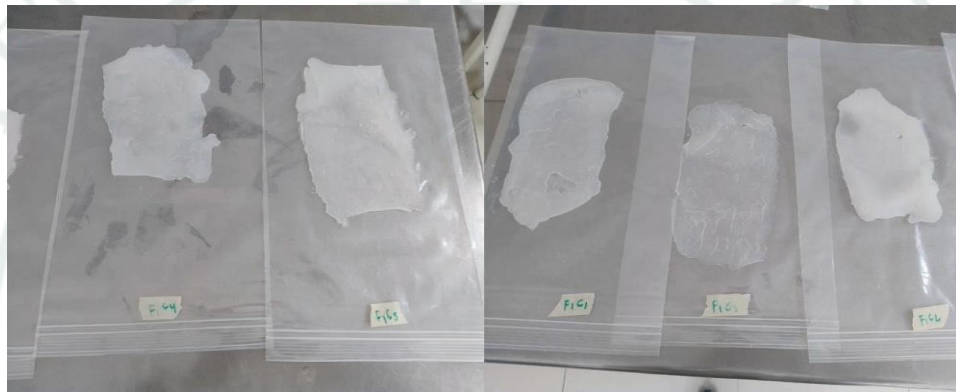
Mezclando Insumos para Biofilm



Midiendo temperatura de la mezcla



Moldeado de los biofilms



Biofilms obtenidos



Envasado del Asado de tira



Sellado de envases con Biofilm



Pruebas aceleradas de vida útil

Anexo 12
Artículo Científico

Evaluación de la vida en anaquel de asado de tira de res refrigerada con una biopelícula activa con capacidad antimicrobiana y antioxidante a partir de aceite esencial de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*)

Chavez, Margory

RESUMEN

En la indagación desarrollada se examinó la estabilidad posalmacenamiento de cortes tipo asado de tira de origen bovino sometidos a refrigeración, empleando un recubrimiento activo con características inhibitorias frente a microorganismos y procesos oxidativos, derivado del aceite esencial de clavo. El estudio contempló la obtención de dicho biofilm mediante la optimización de su composición, considerando proporciones variables de glicerina, ácido acético y almidón; posteriormente, se analizó la incorporación del aceite esencial en distintas concentraciones comprendidas entre 0,5 % y 0,9 %, con el propósito de evaluar su desempeño funcional. Finalmente, el material desarrollado fue utilizado para el envasado del producto cárnico, a fin de estimar su duración comercial. Se determinó que una formulación compuesta por 6 % de almidón, 2.25 % de glicerina y 7.5 % de ácido acético permite obtener un recubrimiento con características fisicoquímicas adecuadas. Asimismo, se evidenció que la inclusión de 0.8 % de aceite esencial de clavo confiere al sistema una elevada eficacia antioxidante y antimicrobiana sobre la carne evaluada. En relación con la estabilidad del producto, se estableció que la vida útil bajo condiciones de refrigeración alcanza los 60 días a 0 °C cuando se emplea esta película activa. Adicionalmente, el material desarrollado presenta atributos favorables tales como un contenido hídrico apropiado, adecuada capacidad de disolución, espesor homogéneo, permeabilidad controlada al vapor de agua y baja opacidad, condiciones que contribuyen a preservar las características sensoriales y químicas del alimento durante su almacenamiento.

Palabras clave: Biopelícula activa, aceite esencial de clavo de olor, vida útil, asado de tira de res, antimicrobiano, antioxidante

ABSTRACT

This investigation examined the durability period of chilled beef short ribs enveloped in a functional biodegradable coating endowed with antimicrobial and antioxidative capacities obtained from clove-derived volatile extract. The experimental procedure encompassed the development of the active film through optimization of its composition, specifically considering proportions of starch, glycerol, and acetic acid. Subsequently, varying inclusion levels of clove essential extract (ranging between 0.5% and 0.9%) were analyzed, after which the meat cuts were wrapped with the formulated film to estimate preservation time. Findings indicated that an optimal formulation of the active coating consists of 6% starch, 2.25% glycerol, and 7.5% acetic acid. In addition, results demonstrated that incorporating 0.8% clove essential extract confers notable antioxidative and antimicrobial effectiveness to the coating applied to beef. Lastly, it was established that refrigerated beef preserved with this active film can maintain its quality for up to 60 days at 0 °C. It is also relevant to highlight that the developed coating exhibits favorable physicochemical attributes, including appropriate moisture levels, satisfactory solubility, suitable thickness, efficient water vapor transmission, and reduced opacity. These characteristics contribute to prolonging storage stability while preserving the sensory integrity and chemical composition of the product..

Keywords: Active biofilm, clove essential oil, shelf life, beef short ribs, antimicrobial, antioxidant

Introducción

En el contexto contemporáneo, a escala global, se ha intensificado la preferencia por bienes de origen natural o sometidos a intervenciones químicas reducidas, privilegiándose aquellos que no incorporan sustancias potencialmente nocivas para la salud del consumidor. La industria de alimentos esta tras la búsqueda de métodos de conservación lo más eficientes posibles de tal manera que se logre un periodo de vida útil más largo.

El uso de conservantes es muy utilizado, pero la tendencia de los consumidores está obligando a que los productores investiguen en otras formas de conservar los alimentos. Ante este escenario, las tecnologías de conservación alimentaria han orientado su desarrollo hacia los denominados sistemas de envasado activo e inteligente, concebidos para establecer interacción con el alimento y favorecer la extensión de su periodo de estabilidad. En este contexto, una de las opciones más estudiadas es el uso de compuestos de origen vegetal que tengan propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Dentro de estas alternativas, los aceites esenciales derivados de plantas aromáticas se posicionan como una opción especialmente eficaz para alcanzar dicho propósito.

Como respuesta a la problemática identificada, la opción de mayor factibilidad consiste en desarrollar biopelículas incorporando aceites esenciales, con la finalidad de optimizar la preservación de la carne bovina y, en consecuencia, extender su periodo de vida útil.

Materiales y Métodos

1. Elaboración de biopelícula

El almidón se preparó pesando la cantidad indicada y agregándolo a un vaso de precipitados de 250 mL con agua destilada. Luego, la mezcla se calentó en baño maría con agitación constante hasta llegar a 50 °C. Al alcanzar esa temperatura, se añadió el aceite esencial de clavo y se continuó calentando hasta los 60 °C. Posteriormente, se añadió la glicerina y se procedió a la homogenización durante un minuto. A continuación, se integró el ácido acético, manteniendo agitación constante hasta llegar al punto de gelatinización del almidón.

En la etapa posterior, se efectuó el conformado del material en un recipiente tipo pirex, otorgándole una geometría rectangular a la biopelícula. Luego, se llevó a cabo el proceso de secado durante 48 horas a temperatura ambiente. Finalmente, los bioplásticos obtenidos fueron conservados en

condiciones de refrigeración hasta la ejecución de los ensayos correspondientes.

2. Capacidad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana fue determinada conforme al procedimiento propuesto por Bauer et al. (1959), incorporando ligeras adaptaciones. Para ello, se seleccionaron entre tres y cinco colonias con características morfológicas semejantes provenientes del cultivo de referencia, las cuales fueron suspendidas en solución salina de NaCl al 0.9 %. De manera subsiguiente, la opalescencia de la suspensión microbiana fue regulada hasta obtener una densidad aproximada de 1.5×10^8 células/mL, correspondiente a 0.5 en la escala de McFarland. Posteriormente, se dispusieron 100 μ L de cada inóculo estandarizado sobre la superficie de placas que contenían medio AMH. Tras un intervalo de cinco minutos, se colocaron discos estériles de papel filtro de 6 mm de diámetro previamente embebidos con 10 μ L del extracto en estudio. Como control negativo se utilizó DMSO al 5 %. Las placas se mantuvieron en incubación a 37 °C durante un periodo de 18 a 24 horas. Concluido dicho tiempo, los halos de inhibición del desarrollo bacteriano fueron cuantificados mediante un pie de metro, registrándose los diámetros en milímetros (mm). Cada ensayo se efectuó por

triplicado.

3. Capacidad antioxidante

Se preparó una solución de DPPH a 300 μ M usando metanol, pesando 3 mg del compuesto y completando el volumen en una fiola de 25 mL, manteniéndola protegida de la luz. Luego, se elaboró una solución madre de trolox con una concentración de 1598 μ M, también en metanol, pesando 4 mg y llevándolo a 10 mL en una fiola. A partir de esta solución, se prepararon cinco concentraciones (100, 80, 60, 40 y 20 μ M), tomando volúmenes de 25, 100, 75, 50 y 25 μ L, respectivamente.

Seguidamente, se prepararon cinco soluciones patrón en fiolas de 10 mL, incorporando 2,4 mL de cada dilución de trolox, 3 mL de la solución de DPPH y completando el volumen con metanol hasta 10 mL. De manera adicional, se elaboró un blanco de 5 mL constituido por DPPH y metanol.

Finalmente, las preparaciones se mantuvieron en reposo en condiciones de oscuridad durante 30 minutos, tras lo cual se efectuó la lectura espectrofotométrica a una longitud de onda de 515 nm manejando un equipo (Mettler Toledo UV/VIS).

4. Estudio de Vida en Anaquel

Para el estudio de vida en anaquel de la carne de res (asado de tira), se realizaron los

siguientes pasos: se elaboró envases con papel aluminio de forma rectangular de acuerdo al tamaño de los bioplásticos obtenidos en el procedimiento anterior. Luego se envasó la carne como cortes al asado de tira de un tamaño tal que puedan ser introducidos en el envase de aluminio elaborado. Posteriormente se colocó los bioplástico en la parte superior como una tapa, de tal manera que logre hermetizar el envase. Finalmente se almacenó en una cámara de refrigeración a diferentes temperaturas, en donde se realizarán pruebas químicas para establecer la idoneidad del producto para su consumo.

Resultados y Discusión

1. Elaboración de la biopelícula

Al elaborar la película, se encontró los siguientes resultados que la caracterizan

Resultados de la evaluación de la biopelícula elaborada analizando las formulaciones de la misma

Formulaciones para Biopelícula	Humedad (%)	Solubilidad (%)	Espesor (mm)	Permeabilidad al vapor de agua ((gxm)/(Paxhm ²))	Opacidad (%)
Formulación 1	26.21	23.18	0.21	0.07	8.76
Formulación 2	25.73	21.59	0.22	0.05	5.67
Formulación 3	25.28	21.32	0.21	0.04	3.92

Se puede establecer que las formulaciones ejercen efectos similares sobre la humedad que alcanza la biopelícula. Los resultados de humedad de las biopelículas están entre 25.28 y 26.21 %, valores que están dentro de lo que encontró Paredes (2022), quien en su investigación de una biopelícula

biodegradable a partir de chayote elaboro biopelículas con un contenido de humedad en el rango de 24.55 y 26.399 %. Posiblemente la cantidad de agua retenida en la biopelícula se deba a la presencia de la glicerina, ya que posee características humectantes, en otras palabras, la glicerina aumenta la capacidad hidrofílica, lo que ocasiona que el agua se retenga en la biopelícula por mucho más tiempo (Buensuceso, 2010). Es importante destacar que la humedad de la biopelícula no debe ser muy alta, debido a que valores por encima del 40 % incrementarían la posibilidad del crecimiento de microbiota que afectaría negativamente la funcionalidad y durabilidad de la biopelícula (Jimenez, 2017). Conviene resaltar que el contenido hídrico adquiere una importancia significativa debido a su acción antiplastificante sobre las matrices poliméricas, la cual modula las interacciones intermoleculares entre sus cadenas y, por ende, condiciona las características fisicoquímicas y el desempeño funcional de las películas tanto en su elaboración como en su conservación. En esta línea, se ha documentado que niveles elevados de humedad generan modificaciones estructurales en el material, incrementando su vulnerabilidad a la fragilidad o a la fractura durante la manipulación y el

almacenamiento, además de propiciar el crecimiento microbiano (Slade y Levine, 1993; citado por Trujillo, 2014).

Considerando que se sugiere que las biopelículas presenten una elevada capacidad de disolución, se optó por seleccionar como formulación óptima la denominada formulación 1, integrada por 6 % de almidón, 2.25 % de glicerina y 7.5 % de ácido acético. Los resultados de solubilidad registrados en esta evaluación se ubicaron dentro de un rango comprendido entre 21.33 % y 23.29 %, evidenciando niveles inferiores a los informados por Orozco & Villa (2021), quienes registraron intervalos comprendidos entre 33.19 % y 35.16 %. Estos niveles relativamente bajos indican que el material desarrollado resulta adecuado para su aplicación como sistema de envasado en alimentos con alto contenido de humedad. Cabe señalar que, en caso de presentarse porcentajes superiores al 40 %, su uso se restringiría a productos con baja humedad, empleándose principalmente como recubrimiento. La solubilidad constituye un parámetro determinante, ya que permite anticipar el desempeño del material durante su interacción con el alimento; en determinados contextos, una mayor capacidad de disolución resulta favorable, especialmente cuando el producto será

consumido directamente (Pérez & Krochta, 2001).

En relación con la opacidad, los datos conseguidos en esta indagación se ubicaron entre 3.744 y 8.616, valores considerablemente superiores a los consignados por Solorzano (2022), quien reportó un rango de 0.255 a 1.358. Tales divergencias podrían explicarse por variaciones en las composiciones utilizadas, dado que dicho autor incorpora escamas de pescado, componente no considerado en el presente estudio. Asimismo, de acuerdo con Chariguamán (2015), resulta deseable lograr materiales más translúcidos y visualmente atractivos, con el fin de preservar las características originales del producto; sin embargo, también puede requerirse cierto grado de opacidad para proteger aquellos atributos sensibles a la radiación lumínica. En este trabajo, se priorizó la obtención de un bioplástico con la mayor transparencia posible.

2. Capacidad Antimicrobiana y antioxidante

Se examinó la proporción de aceite esencial de clavo que mostró el comportamiento más óptimo en las características de las biopelículas obtenidas. Con el fin de determinar su eficacia, se consideraron tanto la capacidad antioxidante como la actividad

antimicrobiana de dicho compuesto. Los resultados derivados de este análisis se presentan en la tabla siguiente.

Determinación de la capacidad antioxidante y del efecto antimicrobiano en biopelículas incorporadas con distintas concentraciones de aceite esencial de clavo

Concentración de aceite esencial de clavo de olor	Actividad antioxidante (µM/g)	Actividad antimicrobiana (mm de halo)
0.5%	14	8.4
0.6%	18	17.9
0.7%	39	18.6
0.8%	51	19.2
0.9%	53	19.5

La dosificación correspondiente a 0.7 % exhibe un comportamiento marcadamente distinto respecto a las demás en términos de capacidad antioxidante. Considerando que se requiere que las biopelículas presenten una elevada acción antioxidante para evitar fenómenos de enranciamiento oxidativo en la carne, se seleccionó el tercer subconjunto homogéneo como aquel que agrupa los tratamientos con mejor desempeño, específicamente las concentraciones de 0.8 % y 0.9 % de aceite esencial de clavo. Dado que entre estas dos proporciones no se evidencian diferencias estadísticamente significativas, se optó por establecer como alternativa óptima la concentración de 0.8 %, sustentando esta decisión en criterios de carácter económico.

Los hallazgos alcanzados corroboran que el aceite esencial de clavo exhibe una marcada capacidad antioxidante, en consonancia con lo documentado por Gülçin et al. (2012), quienes demostraron, a partir de diversos ensayos in vitro, que este aceite actúa como un antioxidante eficaz. Dichos ensayos incluyeron la evaluación del poder reductor, la capacidad de neutralización de radicales DPPH, ABTS y anión superóxido, la eliminación de peróxido de hidrógeno, así como actividades de quelación metálica, mostrando un desempeño comparable frente a compuestos de referencia como a-BHA, BHT, tocoferol y trolox.

A partir de este análisis, se puede inferir que el aceite esencial de clavo constituye un agente efectivo para mitigar o inhibir procesos de oxidación lipídica en matrices alimentarias y productos farmacéuticos, contribuyendo a retardar la formación de compuestos oxidativos potencialmente nocivos, conservar el valor nutricional y prolongar la estabilidad del producto.

La dosificación correspondiente a 0.5 % manifiesta un comportamiento claramente diferenciado respecto a las demás en términos de acción antimicrobiana. Considerando que es indispensable que las biopelículas posean una elevada capacidad inhibitoria frente al desarrollo microbiano

para salvaguardar la carne, se seleccionó el segundo conjunto homogéneo como el que agrupa los tratamientos con mejor desempeño, comprendiendo las concentraciones de 0.6 %, 0.7 %, 0.8 % y 0.9 % de aceite esencial de clavo. Dado que entre estas proporciones no se identificaron diferencias estadísticamente significativas, se estableció como alternativa más adecuada la concentración de 0.8 %, fundamentando esta elección en que coincide con el tratamiento que también presentó la mayor actividad antioxidante.

En esta etapa de la investigación se constató asimismo que el aceite esencial de clavo posee propiedades antimicrobianas, en concordancia con lo informado por Pastrana et al. (2017), quienes analizaron aceites esenciales de canela y clavo de olor frente a cepas de *Escherichia coli*, evidenciando un efecto bactericida a una concentración máxima de 150 mg/mL, con halos de inhibición de 15 mm. No obstante, según lo indicado por Lu et al., la combinación de ambos aceites puede reducir dicha eficacia, lo cual se atribuye a diferencias en su composición química, procedencia, parte vegetal utilizada y fase fenológica de la planta. En este contexto, se resalta que la cosecha realizada durante o posterior a la etapa de floración incrementa la actividad

antimicrobiana (Pastrana et al., 2017).

Tanto el aceite esencial de canela como el de clavo de olor presentan en su composición compuestos fenólicos y grupos hidroxilo asociados con su efecto antimicrobiano. En particular, en el clavo de olor predomina el eugenol como principal responsable de dicha actividad, mientras que en la canela sobresalen el aldehído cinámico y el o-metoxicinamaldehído, sustancias que no se encuentran en el clavo (Hitokoto et al., 1980).

3. Vida Útil de la Carne de res

La determinación del periodo de conservación de la carne bovina se realizó mediante la cuantificación de indicadores químicos, conforme se presenta en las tablas siguientes.

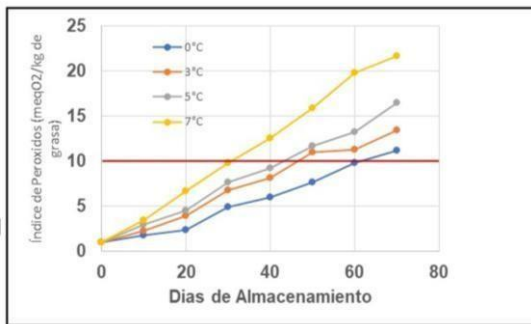
Resultados del índice de acidez e índice de peróxidos de la carne de res envasada con biopelículas incorporadas con aceite esencial de clavo bajo diferentes condiciones de temperatura de almacenamiento

Días	Temperatura de almacenamiento (°C)							
	0		3		5		7	
	Índice de acidez (mgKOH/g)	Índice peróxidos (meq de O ₂ /kg)	Índice de acidez (mgKOH/g)	Índice peróxidos (meq de O ₂ /kg)	Índice de acidez (mgKOH/g)	Índice peróxidos (meq de O ₂ /kg)	Índice de acidez (mgKOH/g)	Índice peróxidos (meq de O ₂ /kg)
0	0.17	0.987	0.17	0.987	0.17	0.987	0.17	0.987
10	0.21	1.79	0.28	2.31	0.31	2.96	0.39	3.45
20	0.34	2.35	0.39	3.97	0.46	4.56	0.53	6.71
30	0.42	4.89	0.44	6.79	0.50	7.64	0.64	9.82
40	0.52	6.03	0.61	8.15	0.68	9.23	0.87	12.63
50	0.81	7.65	0.95	10.98	1.03	11.73	1.21	15.94
60	0.94	9.87	1.18	11.32	1.26	13.25	1.46	19.87
70	1.178	11.23	1.39	13.47	1.76	16.54	1.91	21.75

A partir de los valores consignados en la tabla correspondiente al índice de peróxidos, se efectuó la estimación del tiempo de conservación de la carne de res sometida a

almacenamiento.

Índice de peróxidos de la carne de res envasada con biopelícula durante la conservación



Observando la figura anterior, se puede notar claramente que conforme pasa el tiempo el índice de peróxidos va en aumento, estando fuertemente relacionado a la temperatura, en donde se puede apreciar que conforme la temperatura baja la formación de los peróxidos se hace más lenta. A partir de la figura analizada, se infiere que la incorporación de aceite esencial de clavo en la biopelícula genera un efecto antioxidante, evidenciado en la evolución progresiva y más lenta del índice de peróxidos a lo largo del tiempo, en contraste con la carne envasada bajo condiciones convencionales. Asimismo, del gráfico se desprende que la duración en almacenamiento de la carne, en función de la temperatura, alcanza 60 días a 0 °C, 46.57 días a 3 °C, 42.86 días a 5 °C y 30.7 días a 7 °C.

Conclusiones

- Se determinó que la configuración más adecuada para la obtención de la

biopelícula corresponde a una composición integrada por 8 % de almidón, 2.75 % de glicerina y 7 % de ácido acético, debido a que exhibe propiedades fisicoquímicas favorables, entre ellas contenido de humedad, solubilidad, espesor, permeabilidad al vapor de agua y opacidad.

- Se determinó que la incorporación de 0.8 % de aceite esencial de clavo confiere funcionalidad al material para el envasado de carne de res, logrando un desempeño destacado en términos de actividad antioxidante y antimicrobiana.
- Se estimó que la vida útil de la carne de res (asado de tira), considerando el índice de acidez, alcanza 38.46 días a 0 °C, 33.87 días a 3 °C, 30 días a 5 °C y 17.98 días a 7 °C.
- En función del índice de peróxidos, se determinó que la estabilidad del producto se extiende hasta 60 días a 0 °C, 46.57 días a 3 °C, 42.86 días a 5 °C y 30.7 días a 7 °C.
- Finalmente, de acuerdo con los criterios sensoriales de color y olor, la vida útil del producto se estableció en 30 días considerando el olor y 40 días en función del color.

Referencias Bibliográficas

- Aberle, E., Forrest, J., Gerrard, D., Mills, E., Hedrick, H., Judge, M., & Merkel, R. (2001). *Principles of meat science* (K. P. Company (ed.); Fourth edi).
- Acevedo, M. (2004). *Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importada según se ofrece al consumidor*. Universidad de Puerto Rico.
- Aguilar, A., & Lopez, A. (2013). *Extractos y aceite esencial del clavo de olor y su potencial aplicación como elementos antimicrobianos en alimentos*.
- Andujar, G. (2009). *Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos* (I. de I. para la industria Alimentaria (ed.)). <https://elibro.net/es/ereader/ulcb/71394?page=19>.
- Archundia, E. (2019). *Desarrollo de un biopelícula activa, que aumente la vida de anaquel en carne de bovino*. Universidad Autonoma del Estado de Mexico.
- Boles, J., & Swan, J. (2002). Processing and sensory characteristics of cooked roast beef. *Meat Science*, 62, 419–427.
- Buensuceso, V. (2010). *Elaboración y caracterización de biopelículas a partir de almidón de yuca*. Instituto Politecnico Nacional.
- Cabeza, E. (2013). *Aplicación de la microbiología predictiva para la determinación de la vida útil de los alimentos*. Universidad de Pamplona.
- Cerqueira, M. A., Souza, B. W. S., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2012). Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films - A comparative study. *Food Hydrocolloids*, 27(1), 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.07.007>
- Chariguamán, J. (2015). *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Depetris, J. (2000). *Calidad de la carne vacuna*.
- Destefanis, G., Barge, M., Brugiapaglia, A., & Tassone, S. (2000). The use of principal component analysis to characterize beef. *Meat Science*, 56, 255–259.
- Do Evangelho, J. A., da Silva Dannenberg,

- G., Biduski, B., el Halal, S. L. M., Kringel, D. H., Gularte, M. A., Fiorentini, A. M., & da Rosa Zavareze, E. (2019). Antibacterial activity, optical, mechanical, and barrier properties of corn starch films containing orange essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 222, 114981. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.114981>
- Dorado, E. (2011). *Acondicionamiento de la carne para su comercialización* (I. Editorial (ed.)). <https://elibro.net/es/ereader/ulcb/54175?page=13>
- Farfan, S. (2024). *Evaluación de la capacidad antimicrobiana y antioxidante en extractos secuenciales de hoja de .* Universidad de Chilw.
- Fernandez, V., Silvia, B., Fernandez, V., Ocampo, R., Garcia, P., & Falcón, R. (2013). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52–57.
- Foundation, Am. M. I. (1960). *The science of meat and meat products* (W. H. F. Comapany (ed.)).
- Friedman, M., Henika, P., & Mandrell, R. (2002). Bactericidal activities of plant essential oils y some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella enterica*. *Journal of Food Protection*, 65(10), 1545–1560.
- Garriz, C. (2001). Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. *Cia. Ita. INTA*.
- Gomez, G. (1999). *Métodos de estudio de vida en anaquel de los alimentos*.
- González, R. E., & Castro, Y. A. E. I. (2016). Obtención de biopelículas conteniendo extracto acuoso de *Eucalyptus camaldulensis* y su incidencia en la vida útil microbiológica de rodajas de *Carica papaya L.* *Informacion Tecnologica*, 27(2), 61–66. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000200008>
- Gülcina, I., Elmastas, M., & Aboul, H. (2012). Antioxidant activity of clove oil. *Arabian Journal of Chemistry*,

- 5, 489–499.
- Hui, Y., Guerrero, I., & Rosmini, M. (2006). *Ciencia y tecnología de la Carne* (L. S.A. (ed.)).
- INDECOPI. (2008). *Carne y productos carnicos. Definiciones, calificación y requisitos de carcasas y carne de bovinos* (p. 26).
- Jimenez, C. (2017). *Evaluación de polímeros en pseudotallos de Musa acuminata AAA, Musa sapientum ABB y Musa paradisiaca AAB para elaboración de bioplástico*.
http://aleph.ecosur.mx:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/9MMIH2FGXFUT53TBDJTM%0A15FLQ7HDVN.pdf
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., Stoilova, I., Stoyanova, A., Krastanov, A., & Schmidt, E. (2006). Chemical composition and antioxidant properties of clove leaf essential oil. *Journal Agriculture Food Chemistry*, *54*(17), 6303–6307.
- Kerr, W., Li, R., & Toledo, R. (2000). Dynamic mechanical analysis of marinated chicken breast meat. *Journal of Texture Studies*, *31*, 421–436.
- Kulisic, T., Radonic, A., Katainic, V., & Milos, M. (2004). Use of diferent methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. *Food Chemistry*, *85*(4), 633–640.
- Lawrie, R. (1991). *Meat Science* (P. Press (ed.); Quinta edi).
- Lee, K., & Shibamoto, T. (2001). Antioxidant property of aroma extract isolated from clove bud. *Food Chemistry*, *74*(4), 443–448.
- Lee, S., Umano, K., Shibamoto, T., & Lee, K. (2005). Identifi cation of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) y thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) y their antioxidant properties. *Food Chemistry*, *91*(1), 131–137.
- Listrat, A., N., R., Jurie, C., Picard, C., Touraille, C., & Geay, Y. (1999). Effect of the type of diet on muscle characteristics and meat palatability of growing salers bulls. *Meat Science*, *53*, 115–124.
- Lopez, P., Sanchez, C., Batlle, R., & Nerín, C. (2007). Development of flexible antimicrobial fi lms using essential oils as active agents. *Journal of*

- Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8814–8824.
- Maher, S., Mullen, A., Keane, M., Buckley, D., Kerry, J., & A., M. (2004). Decreasing variation in the eating quality of beef through homogenous pre and post-slaughter management. *Meat Science*, 67, 33–43.
- Mantis, F., Tsachev, I., Sabatakou, O., Barriel, A., Vacalopoulos, A., & Ramantanis, S. (2005). Safety and shelf-life of widely distributed vacuum packed, heat treated sausages. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 8, 245–254.
- McMillin, K. (2017). Advancements in meat packaging. *Journal Meat*
- Musso, Y. (2017). *Desarrollo de películas proteicas para el envasado activo e inteligente de alimentos*. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.
- Olivan, M., Martinez, A., Osoro, K., Sañudo, C., Panea, B., Olleta, J., Campo, M., Oliver, M., Serra, X., Gil, M., & Piedrahita, J. (2004). Effect of muscular hypertrophy on physico-chemical, biochemical and texture traits of meat from yearling bulls. *Meat Science*, 68, 567–575.
- Orozco, K., & Villa, S. (2021). *Evaluación del proceso de obtención de una biopelícula a partir de pectina extraída de la pulpa de café arábica*. Universidad de America.
- Ortega, J. (2018). *Efecto de un método de marinado en la vida en anaquel de carne para asar de res de la empresa Agroindustrial del Corral*. Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano Honduras.
- Paredes, K. (2022). *Elaboración y caracterización de una biopelícula biodegradable a partir de chayote para el uso en alimentos*. Escuela Superior politecnica de Chimborazo.
- Pastrana, Y., Durango, A., & Acevedo, D. (2017). *Efeccto antimicrobiano dei ciavo y ia caneia sobre patogenos antimicrobiai*. 15(1), 56–65.
- Peluffo, M., & Rodriguez, M. (2002). *Terneza: una característica a tener en cuenta*.
- Pérez, M., & Krochta, J. (2001). Denaturation time and temperature effects on solubility, tensile properties, and oxygen permeability of whey protein edible films. *Journal Food Science*, 66, 705–710.

- Pizzale, L., Bortolomeazzi, R., Vichi, S., Uberegger, E., & Conte, L. (2002). Antioxidant activity of sage y oregano extracts related to their phenolic compound content. *Journal of the Science of Food y Agriculture*, 82(14), 1645–1651.
- Price, J., & Schweigert, B. (2001). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos* (E. Acibia (ed.); Segunda ed).
- Quintana, D. (2021). *Obtención de Bioplástico a partir de la yuca amarilla y aceite esencial de hierba luisa para embalaje de alimentos*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Quintero, C., Falguera, V., & Aldemar, M. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga 2010*, (5), 93–118.
- Ramos, M., Valdés, A., Beltrán, A., & Garrigós, M. (2016). Gelatin-Based Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Coatings*, 6(4), 41. <https://doi.org/10.3390/coatings6040041>
- Reyes, F., Palou, E., & Lopez, A. (2012). *Vapores de aceites esenciales, alternativa de antimicrobianos naturales*.
- Rimarachin, F. (2016). *Estado situacional de la cadena productiva y calidad de carne de vacuno*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Sahraee, S., Milani, J. M., Regenstein, J. M., & Kafil, H. S. (2019). Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings. *Food Bioscience*, 32(July). <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100451>
- Salgado, P. R., Ortiz, C. M., Musso, Y. S., Di Giorgio, L., & Mauri, A. N. (2015). Edible films and coatings containing bioactives. *Current Opinion in Food Science*, 5, 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.09.004>
- Santiago, M. (2015). *Elaboracion y caracterización de películas biodegradables obtenidas con almidón nanoestructurado*. Universidad Veracruzana.
- Santrich, D. (2006). *Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res*. Universidad de Puerto Rico.

- Solorzano, G. (2022). *Elaboración de bioplástico a partir de almidón de plátano y colágeno de escamas de pescado*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Song, X., Zuo, G., & Chen, F. (2018). Effect of essential oil and surfactant on the physical and antimicrobial properties of corn and wheat starch films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 1302–1309. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.114>
- Tellez, J. (2002). *Tecnología e Industrias Carnicas* (A. G. Espino (ed.); Tomo I).
- Tepe, B., Daferera, D., Sokmen, M., Polissiou, M., & Sokmen, A. (2004). In vitro antimicrobial y antioxidant activities of the essential oils y various extracts of *Thymus eigi* M Zohary et P.H. Davis. *Journal of Agricultural y Food Chemistry*, 52(5), 1132–1137.
- Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., De Pasquale, A., & Saija, A. (2005). Influence of heating on antioxidant activity y the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry*, 89(4), 549–554.
- Trujillo, C. (2014). *Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos*. Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios.
- Viuda, M., Ruiz, Y., Fernandez, J., & Perez, J. (2008). Antibacterial activity of different essential oils obtained from spices widely used in mediterranean diet. *International Journal of Food Science y Technology*, 43(3), 526–531.
- Wannissorn, B., Jarikasem, S., Siriwangchai, T., & Thubthimthed, S. (2005). Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants. *Fitoterapia*, 76(2), 233–236.
- Yoplac, I. (2019). *Desarrollo de biopelículas activas con aceite esencial de citral microencapsulado y su efecto en la carga microbiana del queso fresco*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Zekaria, D. (2010). *Los aceites esenciales una alternativa a los antimicrobianos*. [http://www.calier.es/pdf/Microsoft_Word_- %0A_Aceites_esen_como_promotor](http://www.calier.es/pdf/Microsoft_Word_%0A_Aceites_esen_como_promotor)

es.pdf,%0A

Zheng, W., & Wang, S. (2001). Antioxidant activity y phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural y Food Chemistry*, 49(11), 5165–5170.

Zhong, Y., Godwin, P., Jin, Y., & Xiao, H. (2020). Biodegradable polymers and greenbased antimicrobial packaging materials. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 3(1), 27–35.

