



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Trabajo de Integración Curricular
previa la obtención del Grado
Académico de Ingeniera
Agroindustrial

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
“UTILIZACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA (*SOLANUM TUBE*), SAPONINA DE
QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA*) Y ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO
(*ORIGANUM VULGARE*) EN LA ELABORACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO
BIOACTIVO”.

Autora:
JENIFFER CARLINA ZAMBRANO VERDEZOTO

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
DR. LUIS ALBERTO EGAS ASTUDILLO, PHD.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR.

2025



DECLARACIÓN DE AUDITORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Jeniffer Carlina Zambrano Verdezoto, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Jeniffer Carlina Zambrano Verdezoto

C.I.: 1207595248



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito Dr. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante, Jeniffer Carlina Zambrano Verdezoto, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “UTILIZACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA (*Solanum tube*), SAPONINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*) EN LA ELABORACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO BIOACTIVO”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Firmado electrónicamente por:
LUIS ALBERTO EGAS ASTUDILLO
Validar únicamente con FimaEC
Razón:
Localización:
Fecha: 2025-05-16T09:32:59.469092278-05:00

Dr. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito Dr. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “UTILIZACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA (*Solanum tube*), SAPONINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*) EN LA ELABORACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO BIOACTIVO” Presentado por la estudiante Jeniffer Carlina Zambrano Verdezoto, egresado de la Carrera de Agroindustria, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 94 % y similitud 6 %, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.



Dr. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Utilización de Almidón de Papa (*Solanum tube*), Saponina de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y Aceite Esencial de Orégano (*Origanum vulgare*) en la Elaboración de un Recubrimiento Bioactivo”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial.

Aprobado por:

DIEGO
ARMANDO
TUAREZ
GARCIA

Fecha: 2025.05.16
20:14:34 -05'00'
Versión de Adobe
Acrobat Reader:
2025.001.20474

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Diego Armando Tuarez García. MSc.

GINA
MARIUXI
GUAPI
ALAVA

Firmado
digitalmente por
GINA MARIUXI
GUAPI ALAVA
Fecha: 2025.05.16
10:54:58 -05'00'

FERNANDA
GERMANIA
TIRIRA
CHULDE

Firmado digitalmente
por FERNANDA
GERMANIA TIRIRA
CHULDE
Fecha: 2025.05.16
15:25:06 -05'00'

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Gina Mariuxi Guapi Alava. MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Fernanda Germania Tirira. MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025

AGRADECIMIENTO

Le presento mi gratitud a Dios al permitirme avanzar con mis estudios, él ha visto mis esfuerzos, mis logros, mis caídas, me ha mantenido de pie, para poder escribir estas palabras.

A mi familia ellos siempre han velado por mí en esta etapa maravillosa, mi mamá que se ha esforzado por ayudarme, en todo sentido ella ha estado conmigo siendo un muro en donde sostenerme, cuando he pasado situaciones difíciles, agradezco a mis hermanos, porque ellos han sido los pilares, estuvieron acompañándome en mis actividades, a mi padre agradezco él estuvo pendiente en mi camino en mi lucha, en mis tristezas, alegrías para verme feliz.

Quiero agradecerles a mis mascotas, ellos me han mostrado amor de varias formas, me acompañaron hasta tarde en mis tareas, al llegar, al salir estuvieron esperándome en el umbral de la puerta.

Gracias a la universidad por darme esta oportunidad al aceptarme como estudiante, agradecerles a los docentes que me han enseñado sus conocimientos y he podido aprender, poner practica sus enseñanzas, al Ing. Luis Egas en ser una guía y darle forma a mi trabajo de investigación, al INIAP por ser generosos en brindar sus laboratorios para realizar mi investigación.

Jeniffer Carlina Zambrano Verdezoto

DEDICATORIA

Le dedico los resultados de este trabajo a toda mi familia y mis mascotas escribiendo cada párrafo he derramado muchas lágrimas, al poder expresar lo feliz que me siento en terminar mis estudios.

Cada parte de este trabajo de investigación ha sido una lucha, momentos duros donde he aprendido que no hay que mirar atrás.

Dedico esta parte de mi esfuerzo a mi mamá Mayra Verdezoto gracias, no sabes cómo está mi corazón late muy fuerte, como una niña queriendo su dulce, gracias mami por enseñarme a ser una guerrera, siempre estaré agradecida contigo, espero que cuando leas estas palabras, me abracés fuerte.

Jeniffer Carlina Zambrano Verdezoto

RESUMEN

Los recubrimientos y películas comestibles que se utilizan en las industrias hoy en día están elaborados con ingredientes químicos y estos perjudican la salud de las personas, llevándolas a padecer enfermedades crónicas.

Esta investigación se realizó con la finalidad de elaborar un recubrimiento bioactivo con materia prima cien por ciento natural, como es el almidón de papa (*solanum tube*), saponina de quinua (*chenopodium quinoa*) y aceite esencial de orégano (*origanum vulgare*), formulando un recubrimiento que proporcione estabilidad en la carne de pollo y conserve las propiedades sin alterar la carne. Este recubrimiento bioactivo se le realizó análisis físico químicos como pH, acidez titular, consistencia y actividad antioxidante, antes de colocar el recubrimiento en la carne de pollo, una vez que se realizó estos análisis se prepararon 15 muestras de carne de pollo estas se las evaluó durante 15 días, donde se tomó pH y acidez titulable, durante los 15 días tres tratamientos obtuvieron resultados positivos en la toma de pH y acidez, estos fueron T9, T10 y T15. En cuanto a estos tratamientos se les hizo análisis microbiológicos de Coliformes Totales y Mesófilos aerobios, se los dejó durante 3 días en incubación, luego de estos días se hizo el conteo, donde los tres tratamientos mencionados dieron resultados de aceptación, validándolos con la Norma INEN 1333:2012 el rango de aceptación de estos microorganismos en la carne de pollo. El recubrimiento bioactivo que se realizó en esta investigación dio resultados positivos, ya que conservó el alimento durante 15 días, mantuvo la estabilidad, por estudios previos la carne de pollo se deteriora a los 4 días, y con este recubrimiento bioactivo realizado con materias primas, naturales pudo conservar la carne de pollo.

Palabras clave: recubrimiento bioactivo, almidón de papa, saponina de quinua, aceite esencial de orégano.

ABSTRACT

The edible coatings and films used in industries today are made with chemical ingredients and these are harmful to people's health, leading them to suffer from chronic diseases.

This research was carried out with the purpose of elaborating a bioactive coating with one hundred percent natural raw material, such as potato starch (*solanum tube*), quinoa saponin (*chenopodium quinoa*) and oregano essential oil (*origanum vulgare*), formulating a coating that provides stability to chicken meat and preserves its properties without altering the meat. This bioactive coating was made physical and chemical analyses such as pH, titratable acidity, consistency and antioxidant activity, before placing the coating on the chicken meat, once these analyses were made, 15 samples of chicken meat were pre-apparated and evaluated for 15 days, where pH and titratable acidity were taken, during the 15 days three treatments obtained positive results in pH and acidity, these were T9, T10 and T15. As for these treatments, microbiological analyses of total coliforms and aerobic mesophiles were made, they were left for 3 days in incubation, after these days the count was made, where the three treatments mentioned gave results of acceptance, validating them with the INEN 1333:2012 Standard the range of acotations of these microorganisms in chicken meat. The bioactive coating performed in this research gave positive results, since it preserved the food for 15 days, maintained the stability, by previous studies the chicken meat deteriorates after 4 days, and with this bioactive coating made with natural raw materials, the chicken meat could be preserved.

Key words: bioactive coating, potato starch, quinoa sapinin, oregano essential oil.

Tabla De Contenido

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iii
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
CÓDIGO DUBLÍN.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1.....	1
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Problema de la investigación	2
1.1.1 Planteamiento del problema	2
1.1.2 Formulacióndel problema	4
1.1.3 Sistematización del problema.....	4
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Justificación	5
CAPITULO II	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1 Marco conceptual	8
2.1.1 Recubrimientos bioactivos	8
2.1.2 Componentes de los recubrimientos bioactivos	8
2.1.2.1 Polímeros Base.....	9
2.1.3 Métodos de elaboración de recubrimientos bioactivos	13
2.1.3.1 Método Casting	13
2.1.3.2 Método por compresión.....	14
2.1.3.3 Método de Fundición y Extrusión	14
2.1.4 Propiedades físicas y mecánicas de Películas y Recubrimiento comestibles.....	14
2.1.4.1 Barrera de gases.....	15
2.1.4.2 Actividad Antioxidante.....	15
2.1.4.3 Permeabilidad al vapor de agua.....	15
2.1.4.4 Consistencia.....	15

2.1.5 Aplicación de recubrimiento bioactivo	16
2.1.5.1 Inmersión	16
2.1.5.2 Spray.....	16
2.1.6 Recubrimientos bioactivos en carnes	16
2.1.7 Análisis microbiológicos	17
2.1.8 Influencia del pH alimentos con aplicación de recubrimientos bioactivos	17
2.2 Marco Referencial	18
CAPÍTULO III	20
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
3.1 Localización	21
3.2 Tipo de investigación.....	21
3.2.1 Investigación experimental.....	21
3.2.2 Investigación analítica.....	21
3.3 Método de investigación	22
3.3.1 Método Descriptivo.....	22
3.3.2 Método exploratorio	22
3.3.4 Método analítico.....	22
3.3.5 Materia Prima.....	23
3.4 Fuente de recopilación de información	23
3.4.1 Fuente primaria	23
3.4.2 Fuente secundaria.....	23
3.5 Diseño de investigación.....	23
3.5.1 Características del diseño experimental	24
3.5.1.1 Diseño Box – BehnKen.....	25
3.6 Instrumento de investigación	26
3.6.1 Análisis físico químico y mecánicos del recubrimiento bioactivo	26
3.6.1.1 Medición de pH.....	26
3.6.1.2 Medición de acidez.....	27
3.6.1.3 Medición de consistencia.....	27
3.6.1.8 Preparación de la solución de almidón y saponina	30
3.6.1.9 Preparación para el recubrimiento bioactivo	30
3.6.1.10 Diagrama de balance de materia del Recubrimiento Bioactivo.....	31
3.6.2 Análisis físico químico y microbiológico a la carne de pollo aplicado el recubrimiento.....	31
3.6.2.1 Medición de pH en la carne de pollo con el recubrimiento aplicado	31

3.6.2.2 Medición de acidez en la carne de pollo con el recubrimiento aplicado	32
3.6.2.3 Determinación de actividad antioxidante.....	32
3.6.2.4 Determinación de actividad microbiológica de la carne de pollo aplicada con el recubrimiento	33
3.6.2.5 Preparación para la aplicación del recubrimiento bioactivo en la carne de pollo	33
3.6.2.6 Diagrama de flujo en la aplicación del recubrimiento en la carne de pollo.....	34
3.7 Recurso humanos y materiales	35
3.7.1 Recursos humanos.....	35
CAPITULO IV	38
RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	38
4.1 Formulación adecuada del recubrimiento bioactivo y sus propiedades	39
4.2 Evaluación del pH en el recubrimiento bioactivo	40
4.3 Evaluación del pH en el recubrimiento bioactivo	43
4.4 Evaluación de la consistencia en el recubrimiento bioactivo.....	47
4.5 Optimización de Múltiples Respuestas	49
4.6 Optimizar Deseabilidad.....	51
4.6.1 Establecimiento de los óptimos.....	53
4.7 Evaluación de la calidad de la carne de pollo aplicada el recubrimiento bioactivo.....	54
4.7.1 Monitoreo del pH en la carne de pollo con recubrimiento bioactivo	54
4.7.2 Monitoreo de la Acidez en la carne de pollo con recubrimiento bioactivo	56
4.7.3 Análisis Microbiológicos a los tratamientos seleccionados	59
4.7.4 Actividad Antioxidante presente en el aceite esencial de orégano, saponina de quinua y en los tres tratamientos de recubrimiento activo seleccionados	61
CAPITULO V.....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1 Conclusiones	64
5.2 Recomendaciones.....	65
CAPÍTULO VI.....	66
BIBLIOGRAFÍA	66
6.1 Bibliografía.....	67
CAPITULO VII	73
ANEXOS	73

Índice De Tablas

Tabla 1 Diseño Box- BehnKen tomado en cuenta para la elaboración del Bio recubrimiento activo	24
Tabla 2 Factor en estudios y niveles	26
Tabla 3 Materiales para la elaboración del recubrimiento bioactivo	35
Tabla 4 Insumos utilizados	35
Tabla 5 Materiales de laboratorio utilizados.....	36
Tabla 6 Reactivos.....	36
Tabla 7 Equipos de laboratorio utilizados	37
Tabla 8 Valores de pH, Acides(unidades) y Consistencia (unidades) de los tratamientos en estudio.....	39
Tabla 9 Análisis de Varianza para pH	40
Tabla 10 Análisis de Varianza para Acidez.....	43
Tabla 11 Análisis de Varianza para Consistencia	47
Tabla 12 Valores mínimos y máximos observados con el modelo.....	49
Tabla 13 Deseabilidad establecida y meta propuesta para la optimización	50
Tabla 14 Respuestas experimentales pH, consistencia, acidez y deseabilidad	51
Tabla 15 Niveles Óptimos de los factores estudiados luego del tratamiento Estadístico ...	53
Tabla 16 Valores óptimos de las respuestas experimentales basados en la máxima deseabilidad.....	53
Tabla 17 Prueba microbiológica de Coliformes Totales y Mesófilos Aerobios en el tratamiento 9,10 y 15	59
Tabla 18 Valores de actividad antioxidante por el Método de ABTS+	61

Índice De Figuras

Figura 1 Estructura química de los principales componentes en orégano(Arcila et al., 2021).	13
Figura 2 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador INIAP.....	21
Figura 3 Superficies de respuesta obtenidas para el pH, alternando los componentes: Saponina de quinua (A); Aceite esencial de orégano(B) y Almidón (C)	41
Figura 4 Superficies de respuesta obtenidas para la Acidez, alternando los componentes: Saponina de quinua (A); Aceite esencial de orégano(B) y Almidón (C)	44
Figura 5 Superficies de respuesta obtenidas para la Consistencia, alternando los componentes: Saponina de quinua (A); Aceite esencial de orégano(B) y Almidón (C)	48
Figura 6 Contornos de superficie de respuesta obtenidas para la deseabilidad, alternando los componentes: Saponina de quinua (A); Aceite esencial de orégano(B) y Almidón (C)Observada	52
Figura 7 Monitoreo del pH en la carne de pollo aplicada el recubrimiento durante 15 días	54
Figura 8 Monitoreo de la Acidez en la carne de pollo aplicada el recubrimiento durante 15 días.....	56

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Utilización de Almidón de Papa (<i>Solanum tube</i>), Saponina de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) y Aceite Esencial de Orégano (<i>Origanum vulgare</i>) en la Elaboración de un Recubrimiento Bioactivo”		
Autora:	Jeniffer Carlina Zambrano Verdezoto		
Palabras claves:	Almidón de papa	Saponina de quinoa	Aceite esencial de orégano
Fecha de publicación	Mayo, 2025		
Editorial:	Quevedo – UTEQ “La María”, 2024		
Resumen:	Este recubrimiento bioactivo se le realizó análisis físico químicos como pH, acidez titular, consistencia y actividad antioxidante, antes de colocar el recubrimiento en la carne de pollo, una vez que se realizó estos análisis se prepararon 15 muestras de carne de pollo estos se los evaluó durante 15 días, donde se tomó pH y acidez titulable, durante los 15 días tres tratamientos obtuvieron resultados positivos en la toma de pH y acidez, estos fueron T9, T10 y T15. En cuanto estos tratamientos se les hizo análisis microbiológicos de Coliformes Totales y Mesófilos aerobios, se los dejó durante 3 días en incubación, luego de estos días se hizo el conteo, donde los tres tratamientos mencionados dieron resultados de aceptación, validándolos con la Norma INEN 1333:2012 el rango de aceptación de estos microorganismos en la carne de pollo. El recubrimiento bioactivo que se realizó en esta investigación dio resultados positivos, ya que conservó el alimento durante 15 días, mantuvo la estabilidad, por estudios previos la carne de pollo se deteriora a los 4 días, y con este recubrimiento bioactivo realizado con materias primas, naturales pudo conservar la carne de pollo.		
Abstract:	This research was carried out with the purpose of elaborating a bioactive coating with one hundred percent natural raw material, such as potato starch (<i>solanum tube</i>), quinoa saponin (<i>chenopodium quinoa</i>) and oregano essential oil (<i>origanum vulgare</i>), formulating a coating that provides stability to chicken meat and preserves its properties without altering the meat. As for these treatments, microbiological analyses of total coliforms and aerobic mesophiles were made, they were left for 3 days in incubation, after these days the count was made, where the three treatments mentioned gave results of acceptance, validating them with the INEN 1333:2012 Standard the range of acotations of these microorganisms in chicken meat.		
Descripción	108 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162		
URI:			

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la creciente preocupación por la salud y el bienestar ha motivado una mayor demanda por alimentos frescos, naturales y libres de aditivos químicos. En este contexto, la industria alimentaria se ha visto impulsada a desarrollar soluciones innovadoras que garanticen la inocuidad y la calidad de los productos, sin comprometer sus propiedades organolépticas ni su vida útil. Una de estas soluciones emergentes es el uso de recubrimientos comestibles, los cuales actúan como barreras protectoras que prolongan la estabilidad de los alimentos al reducir la pérdida de humedad, limitar la oxidación y disminuir la proliferación microbiana (Acevedo et al., 2017).

Los recubrimientos comestibles, elaborados a partir de biopolímeros naturales, han demostrado ser una alternativa sostenible y funcional frente a los métodos convencionales de conservación. En particular, el uso de ingredientes como almidones, saponinas y aceites esenciales ofrece ventajas adicionales al aportar propiedades bioactivas, como la actividad antioxidante y antimicrobiana.

Esta investigación se centró en el desarrollo y formulación de un recubrimiento bioactivo a base de almidón de papa (*Solanum tuberosum*), saponina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*). En evaluar su eficacia como conservante natural aplicado sobre carne de pollo, mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, con el fin de determinar su inocuidad, y capacidad para extender la vida útil del producto en este caso la carne de pollo que se estudió.

Durante el estudio, se aplicó el recubrimiento a 15 muestras de carne de pollo y se llevó a cabo un seguimiento durante 15 días. Los resultados demostraron que el recubrimiento bioactivo permitió conservar 3 tratamientos adecuadamente, presentando una baja carga microbiana de acuerdo a la Normativa NTE INEN 1338:2012. Esto evidenció que la formulación desarrollada fue eficaz en la preservación del alimento, libre de aditivos químicos, y segura para el consumo humano.

CAPITULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de la investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

La alta demanda de alimentos frescos, seguros y saludables, hoy en día genera que las industrias estén en búsqueda de procesos, ingredientes, y empaques que aseguren al alimento y prolonguen su vida útil. En este sentido la elaboración de recubrimientos bioactivos surge como una posible solución. Si bien el desarrollo de recubrimientos bioactivos se encuentra en auge, pues la mayoría de los recubrimientos que se utilizan tienen compuestos químicos comerciales los cuales generan ciertos cambios en el producto algunos beneficios y otro no.

El problema radica en ofrecer a las industrias ingredientes de origen vegetal (natural) como materia prima para la elaboración de un recubrimiento bioactivo.

Además, las materias primas de origen natural deben poseer las mismas características que poseen las materias primas tradicionales e inclusive superarlas para poder ser consideradas por las empresas como una alternativa.

Mas sin embargo los beneficios que generan las materias primas naturales en la elaboración de empaques biodegradables, si bien no se miden en el nivel de producción más bien destaca en el aporte que estos hacen al alimento que protejan al elaborar el recubrimiento bioactivo.

Diagnóstico

El problema central es la necesidad de encontrar alternativas naturales y sostenibles para la elaboración de recubrimientos bioactivos en la industria alimentaria. Actualmente, la mayoría de los recubrimientos contienen compuestos químicos comerciales, que pueden tener efectos adversos en los alimentos o no cumplir con las expectativas de consumidores que buscan productos más saludables.

Se identifican varios retos:

- Disponibilidad y funcionalidad de ingredientes de origen vegetal que puedan igualar y superar las propiedades de los compuestos sintéticos actuales.
- Aceptación industrial, ya que las empresas solo consideraran un cambio si las alternativas naturales demuestran ser igual de eficaces o mejores.
- Medición de beneficios, donde las ventajas de los materiales naturales no siempre se reflejan en la producción a gran escala, sino más bien en la protección y prolongación de la vida útil del alimento.

Pronóstico

Si se logra desarrollar el recubrimiento bioactivo a partir de almidón de papa (*Solanum tube*), saponina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*), con propiedades similares o superiores a las tradicionales, el futuro del sector podría ser muy prometedor, con impactos positivos tanto en la salud pública como en el medio ambiente. Esto conllevaría:

- Reducción en el uso de químicos en la cadena alimentaria.
- Impulso a la sostenibilidad mediante empaques biodegradables.
- Incremento en la competitividad de productos que ofrecen valor agregado (naturales, saludables, ecológicos).
- Adaptación tecnológica e inversión en I+D, para mejorar la eficiencia y estabilidad de estos nuevos recubrimientos.
- Sin embargo, si no se logra superar las limitaciones técnicas o de costos, adaptación de estas alternativas podrían mantenerse lenta y limitada a muchos mercados específicos.

1.1.2 Formulación del problema

¿Será posible elaborar un bio recubrimiento a partir de almidón de papa (*Solanum tube*), saponina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) capaz de conservar la carne de pollo?

1.1.3 Sistematización del problema

- ¿Cuáles serán las proporciones necesarias de almidón de papa (*Solanum tube*), saponina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) para la elaboración de un bio recubrimiento?
- ¿Cuáles serán las características físico-químicas y mecánicas del recubrimiento bioactivo obtenido?
- ¿Será capaz el recubrimiento bioactivo de preservar la carne de pollo?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

“Utilizar almidón de papa (*solanum tube*), saponina de quinua (*chenopodium quinoa*) y aceite esencial de orégano (*origanum vulgare*) en la elaboración de un recubrimiento bioactivo”.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la formulación adecuada para la elaboración del recubrimiento bioactivo.
- Caracterizar el recubrimiento bioactivo en sus propiedades físico-químicas y mecánicas.
- Evaluar el tiempo de conservación de la carne de pollo al aplicar el recubrimiento bioactivo.

1.3 Justificación

El expendio de la carne libremente expuestas, en los mercados y alacenas es común en los mercados de la ciudad de Quevedo, esto genera una serie de problemas en la salud a las personas que consume estos productos.

Esta característica favorece la proliferación de bacterias patógenas como *Salmonella spp.* y *Campylobacter jejuni*, que puedan causar enfermedades gastrointestinales severas en los consumidores. Una de las enfermedades más comunes es la salmonelosis, caracterizada por fiebre, diarrea, vómitos y dolores abdominales, especialmente peligrosa en niños, adultos mayores y personas inmunocomprometidas (CDC, 2013). Además, el control prolongado de la carne con el ambiente propicia la contaminación cruzada con otros alimentos, aumentando el riesgo de brotes epidémicos. Por tanto, es fundamental que las autoridades de salud locales implemente controles estrictos en el manejo y expendio de productos cárnicos para garantizar la inocuidad alimentaria y prevenir enfermedades transmitidas por alimentos (OMS, 2022).

Los bio recubrimiento activos pueden desempeñar un papel crucial en la reducción del riesgo sanitario asociado con el expendio de carnes blancas al aire libre y sin refrigeración. Estos recubrimientos, elaborados a partir de biopolímeros naturales como alginatos, quitosano o almidón, pueden incorporar agentes antimicrobianos y antioxidantes naturales como (como aceites esenciales o extractores vegetales) que inhiben el crecimiento de bacterias patógenas como *Salmonella* y *Listeria monocytogenes* (Ojagh et al., 2010). Al aplicarse directamente sobre la superficie del alimento, estos recubrimientos forman una barrera que limita la exposición al oxígeno, reduce la pérdida de humedad y retrasa la descomposición, prolongando la vida útil del producto y disminuyendo la necesidad inmediata de refrigeración. Esto es especialmente útil en mercados tradicionales donde no siempre se cumplen condiciones óptimas de conservación. Así, los bio recubrimientos activos representan una alternativa sostenible y efectiva para mejorar la inocuidad alimentaria y proteger la salud pública (Cenobio et al., 2024).

Los recubrimientos bioactivos naturales representan una alternativa en reducir el uso de aditivos químicos que contienen algunos recubrimientos comestibles (Kadir, 2016). El recubrimiento bioactivo natural no tiene efecto negativo en la salud del ser humano,

representan una mejora en la calidad, seguridad y funcionalidad del alimento (Acevedo & Soliva, 2017).

Por lo que esta investigación tiene como prioridad la realización de un bio recubrimiento natural a partir de almidón de papa (*Solanum tube*), saponina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*), que ayude a la preservación de la carne de pollo, sin que la carne pueda alterar sus propiedades organoléptica, y mantener su calidad.

Al incluir estos materiales en la elaboración del bio recubrimiento se pretende que este tenga las características de bioactivo y que al ser incorporado en la carne de pollo permita mejorar la integridad física de la carne de pollo, como la permeabilidad al vapor de agua, compuestos volátiles, permitiendo al alimento disminuir alteraciones a través de diferente mecanismo, evitando perdidas de humedad, disminuyendo la tasa de reacciones químicas adversas, actuar como barrera de intercambio de gases, mejora la estabilidad microbiológica (Osorio et al., 2011).

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Recubrimientos bioactivos

Las películas y recubrimientos activos se pueden utilizar para diversos fines relacionados con los productos alimenticios, de forma individual o junto con otros compuestos. Existen muchas variaciones de películas y recubrimientos activos, y todas se pueden resumir en lo siguiente. Las películas y recubrimientos activos son capas protectoras delgadas, comestibles y biodegradables que se depositan sobre la superficie de un alimento o la envuelven no solo protege, sino que interactúa con el alimento o el entorno. Posee compuestos activos, como antimicrobianos, antioxidantes, probióticos o extractos naturales. Tiene un efecto funcional, como inhibir bacterias, retrasar la oxidación o liberar sustancias beneficiosas. Además de proteger, mejora la seguridad y calidad del alimento” (Milán & Grujić, 2017).

2.1.2 Componentes de los recubrimientos bioactivos

Los recubrimientos bioactivos son capas finas elaboradas a partir de diversos tipos de materiales: Polímeros base pueden ser; proteínas o lípidos; Emulsificantes pueden ser, ceras, gomas; Plastificantes pueden ser Gliceroles, sorbitol, miel, etc; Agentes activos pueden ser aceites esenciales de orégano, extracto de romero, saponina de quinoa, etc; Opcionalmente pueden incluirse componentes nutricionales y agua. Estos ingredientes provienen de fuentes agrícolas, marinas o de subproductos industriales, aportan propiedades específicas (hidrofóbicas, hidrofílicas, brillo, y valores nutricionales, etc.) que son integradas en el recubrimiento bioactivo compuesto del que forman parte, dependiendo de las características físicas que se desean obtener en los recubrimientos (Castro, 2014).

Los dos principales compuestos que sirven en la elaboración de los recubrimientos comestibles son los polisacáridos o proteínas denominados hidrocoloides, que se usan como matriz de soporte y los lípidos, estos dos componentes se usan por separado o combinados con el objetivo de aprovechar las propiedades complementaria de estos componentes. Además se incorpora resinas, emulsionantes y plastificantes que contribuye a mejorar las propiedades e integridad de las emulsiones para la conservación de los alimentos (Castro, 2014).

2.1.2.1 Polímeros Base

2.1.2.1.1 Polisacáridos

Los polisacáridos son macromoléculas compuestas por cadenas largas estos pueden ser lineales o ramificadas son formadas por unidades glucosídicas, aunque estos también son frútanos. Gracias a que, poseen grupos hidroxilo por lo que son capaces de formar puentes de hidrógeno con el agua y en consecuencia hidratarse y disolverse total o parcialmente incrementando la viscosidad de la fase acuosa aumentando la formación de un gel (Gijón, 2010). Los recubrimientos elaborados a base de polisacáridos destacan por su excelente capacidad en actuar como barrera contra el oxígeno que se encuentra en los lugares donde se encuentra, estos pueden también presentar una baja resistencia a la humedad debido a que son hidrofílico. Estos son incoloros, por lo que no aportan grasas y poseen una cantidad menor de calorías (Suput et al., 2015).

Los recubrimientos hechos por almidón es su forma nativa o modificada, seguros y económicos, por estas características son muy populares y son más fácil de almacenar. Dependiendo de los materiales con los que estén elaborado el recubrimiento será su eficiencia y estabilidad, aquellos que contienen mayor cantidad de amilosa suelen ser más resistentes alargando su conservación y la permeabilidad contra los gases, lo que se logra gracias a que crean una barrera de protección entre el alimento y el ambiente, permitiendo en materias vegetales tener una menor tasa de respiración, menor pérdida de peso, conservar su firmeza, y mantener por más tiempo sus características organolépticas (olor, sabor, color) (Cenobio et al., 2024).

- **Almidón de papa**

En la industria alimentaria el almidón de papa es utilizado debido a sus propiedades tales como su baja temperatura de gelatinización y su baja tendencia a la retrogradación. Las diferencias características de los geles de almidón podrían estar influenciada por factores, tales como el tamaño del gránulo de almidón (Vargas et al., 2016).

El almidón de papa está compuesto principalmente por dos polisacáridos: amilosa (20–30%) y amilopectina (70–80%). La amilosa es lineal, mientras que la amilopectina es ramificada, lo que influye en sus propiedades funcionales. Este almidón presenta gránulos grandes (15–100 μm), alta capacidad de hinchamiento y excelente retención de agua, características que lo hacen útil en alimentos como espesantes y gelificantes. Tiene un punto de gelatinización

relativamente bajo (60 –70 °C) y es naturalmente libre de gluten, siendo una alternativa ideal para formulaciones libres de alérgenos. Además, destaca por su transparencia en geles y su textura suave (Apriyanto & Fettke, 2022). Sus propiedades son no tóxicas y es biodegradable para diversas industrias alimentarias y no alimentaria.

2.1.2.1.2 Proteína

Estos compuestos poseen una capacidad de formar películas y recubrimientos comestibles cuyas características dependen de su masa molar, estructura, propiedades eléctricas, flexibilidad y estabilidad térmica. Durante la elaboración de los recubrimientos, es necesario considerar la temperatura y el pH, ya que cualquier modificación puede provocar la desnaturalización de la proteína y modificar sus propiedades. Los recubrimientos y películas hechos con proteínas, son transparentes y flexibles cuando están elaborados con base de agua y ofrecen buenas propiedades mecánicas y de barrera, comparadas con las que están elaboradas a base de polisacáridos y lípidos (Díaz, 2015).

Al tener una estructura única, presentan una amplia gama de propiedades funcionales, especialmente un alto potencial de uniones moleculares; sin embargo, las proteínas presentan una resistencia al vapor de agua y este es baja. Estas propiedades pueden modificarse por métodos químicos y enzimáticos, realizando mezclas con materiales hidrofóbicos, con algunos polímeros o bien utilizando métodos como la coacervación simple o compleja, la coagulación térmica, la fusión y la solidificación lipídica (Huff, 2020).

2.1.2.1.2 Lípidos

Los lípidos se destacan por su hidrofobicidad y su capacidad para formar barreras contra la humedad, su naturaleza no polimérica les otorga una baja cohesividad y poca resistencia estructural generando recubrimientos frágiles y no es posible usar; a pesar de los frágiles estos, reducen la transpiración, la deshidratación, la absorción durante la manipulación estos mejoran el brillo y la apariencia de diversos alimentos. Dentro del grupo de lípidos aplicados a recubrimientos y películas comestibles se pueden mencionar las ceras (abejas, candelilla y carnauba), resinas, monoglicéridos, diglicéridos y los ácidos grasos tales como el ácido esteárico palmítico, láurico y oleico, entre otros (Valdés et al., 2015).

2.1.2.1.3 Plastificante

Los plastificantes son compuesto de baja masa molar y volatilidad y con naturaleza química similar a la del polímero que conforma el recubrimiento. Para mejorar la flexibilidad y la

funcionalidad de las películas y recubrimientos bioactivos. Al utilizar altas concentraciones de ambos incrementa el porcentaje de elongación (Solano et al., 2018). Son utilizados para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de las películas y recubrimientos comestibles. Los plastificantes más frecuentemente utilizados se encuentran: el glicerol y el sorbitol, estos permiten mejorar las propiedades mecánicas, así como la permeabilidad al vapor de agua, propiedades térmicas y su color (Villafuerte et al., 2021).

El plastificante aumenta en las propiedades mecánicas y la permeabilidad en la parte exterior. Reduce las fuerzas intermoleculares entre las cadenas del polímero e incrementando el volumen libre por lo que incrementa más espacio para que las moléculas de agua migren, además los plastificantes hidrofílicos como el glicerol, son compatibles con el material polimérico que forma la película y aumentan la capacidad de absorción de moléculas polares tales como el agua (Muñiz et al., 2017).

2.1.2.1.4 Emulsificante

Existen numerosas tecnologías que pueden utilizarse para fabricar películas y recubrimientos comestibles. El proceso de emulsificación de la fase lipídica en la fase acuosa es necesario antes del moldeo para la formación de películas o la aplicación de recubrimientos. El tamaño de las gotas es un factor determinante para la estabilidad de la emulsión y también afecta su viscosidad y otras propiedades importantes. Se utilizan diferentes técnicas de homogeneización para preparar las emulsiones formadoras de películas. Las películas y recubrimientos a base de emulsión han demostrado ser eficaces para aumentar la estabilidad de diversas frutas, verduras, carnes y otros productos alimenticios, tanto frescos como procesados. Selección de las capas emulsionadas adecuadas para un producto específico (Galus & Kadzinska, 2015).

- **Saponina de quinua**

Las saponinas son metabolito secundario ampliamente estudiado por sus destacadas propiedades biológicas. La quinua (*Chenopodium quinoa*) es una planta que ha sido reconocida por su valiosa fuente de alimentos altamente nutritivos, así como una especie rica en saponinas triterpénicas contenidas, que se encuentra principalmente, en la cáscara de las semillas. Se han identificado alrededor de 30 saponinas derivadas de la hederagenina y de los ácidos oleanólico, fitolacagénico y serjanico en la planta (Ahumada et al., 2016).

Las saponinas son glucósidos naturales presentes en la cáscara de la quinua (y otras plantas), con una estructura anfipática (parte hidrofílica y parte lipofílica), lo que les da actividad espumante, emulsionante y antimicrobiana.

2.1.2.1.5 Agente Activo

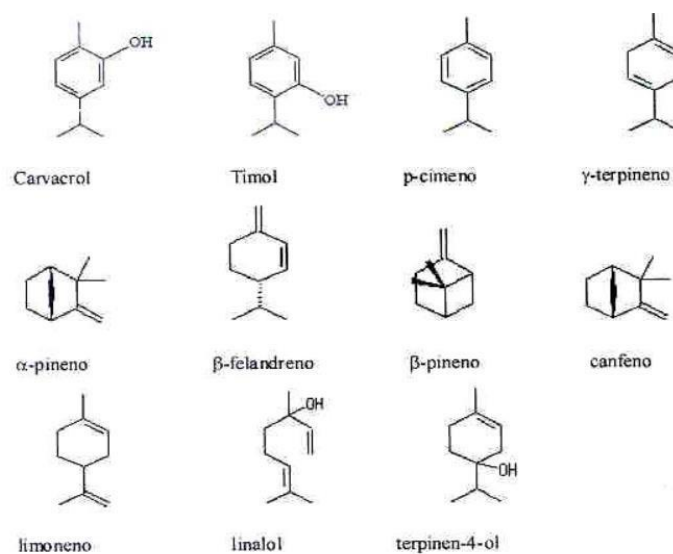
Las películas y recubrimientos comestibles con componentes activos son adecuados para la conservación de pescado, carne y productos derivados. Estos métodos de envasado prolongan la vida útil de estos productos al prevenir la pérdida de humedad y la acumulación de purgas; retrasar el deterioro microbiano y restringir el crecimiento de microorganismos patógenos; ralentizar la oxidación de lípidos, proteínas y pigmentos; y prolongar el periodo de aceptación sensorial de los productos. Además, los agentes activos también pueden mejorar las características sensoriales y de calidad de los productos envasados (Pramila et al., 2020).

- **Aceite Esencial de Orégano**

El orégano proviene de planta *Origanum vulgare*, ampliamente utilizado en la industria alimentaria como sazónador y bioconservador culinario contiene aceite esencial con una fuente de actividad inhibitoria.

El orégano posee carbohidratos, grasas y proteínas. Con distintos minerales como el zinc, sodio, fósforo, potasio, hierro, magnesio, calcio y vitaminas como la A, B1, B2, B3, B6, C, E, K. El aceite esencial de orégano se compone principalmente de compuestos fenólicos como carvacrol y timol, responsables de su fuerte actividad antimicrobiana y antioxidante. También contiene monoterpenos como γ -terpineno y p-cimeno, que contribuyen a su aroma característico. Su estructura molecular rica en grupos hidroxilos le permite interferir con las membranas celulares de bacterias y hongos, desestabilizándolas. Este aceite es de color amarillo pálido, con un aroma penetrante y picante. Se emplea en la conservación de alimentos, especialmente en recubrimientos bioactivos, ya que puede inhibir el crecimiento de patógenos como Salmonella y Listeria sin alterar significativamente el sabor del alimento (Giannenas et al., 2022).

Figura 1 Estructura química de los principales componentes en orégano(Arcila et al., 2021).



2.1.3 Métodos de elaboración de recubrimientos bioactivos

2.1.3.1 Método Casting

La creciente demanda por alternativas sostenibles en el envasado de alimentos ha impulsado el desarrollo de recubrimientos comestibles a partir de biopolímeros naturales. Entre las distintas técnicas de elaboración, el método de *casting* (vertido y secado) ha demostrado ser una de las más efectivas para la producción de películas delgadas, homogéneas y funcionales. Esta investigación se centra en la aplicación del método de *casting* en la obtención de recubrimientos comestibles a base de proteínas, polisacáridos y lípidos, evaluando su viabilidad técnica, propiedades fisicoquímicas y aplicaciones potenciales en alimentos perecederos. El método de *casting* permite un control preciso del espesor, composición y propiedades funcionales de los recubrimientos. Se ha demostrado que las películas obtenidas por esta técnica pueden presentar buenas propiedades mecánicas, ópticas y de barrera, dependiendo de los biopolímeros y aditivos utilizados. Además, este método facilita la incorporación de compuestos activos como conservantes, antioxidantes o agentes antimicrobianos (Escobar et al., 2011).

2.1.3.2 Método por compresión

El método de compresión permite aplicar calor y presión simultáneamente a mezclas filmógenas, formando películas compactas en menor tiempo que los métodos tradicionales. Esta técnica también permite el uso de formulaciones más concentradas y viscosas, aumentando la eficiencia del proceso. En este contexto, el aislado de proteína de suero lácteo (WPI) se presenta como un biopolímero prometedor por su buena capacidad filmógena y su naturaleza comestible. Por otro lado, la incorporación de sorbato de potasio permite dotar a las películas de propiedades antifúngicas, extendiendo su funcionalidad como recubrimiento conservante (Escobar et al., 2011).

2.1.3.3 Método de Fundición y Extrusión

El vaciado es una técnica utilizada en el laboratorio que tiene la ventaja de ser accesible y sencilla. Esta técnica se divide en tres fases de preparación: solubilización, vaciado y secado. En primer lugar, se prepara una dispersión/solución de un disolvente adecuado y luego se extiende sobre la superficie del material. En segundo lugar, el preparado se seca, ya que esta técnica utiliza la evaporación del disolvente para aumentar la viscosidad de la solución, lo que ayudará a fabricar una película comestible con las propiedades deseadas. El tiempo de procesamiento, la temperatura y las condiciones de secado condicionan la eficacia de crear una película resistente y prometedora. Como esta técnica se produce en tres fases, el tiempo de procesamiento es largo y tiene un tiempo de secado prolongado, por lo que no es viable para la producción de películas comerciales (Swarup et al., 2023).

2.1.4 Propiedades físicas y mecánicas de Películas y Recubrimiento comestibles

Las propiedades del recubrimiento comestible dependen por lo tanto de: la composición, la naturaleza de sus componentes y la estructura final que se obtenga de la formulación en los recubrimientos comestibles, pueden ser naturales o a base de productos hechos por el hombre (Castro, 2014).

Las características físicas y mecánicas de las películas y recubrimientos dependen directamente en la elaboración con las que estén formuladas, dentro de las más importantes se encuentran:

2.1.4.1 Barrera de gases

Dependen de las condiciones por la que se encuentra influenciadas humedades relativas que rodee a la película o recubrimiento comestible, y controlar el intercambio de O₂, CO₂ y vapor de agua. En general la mayoría de los polímeros provienen de fuentes naturales, poseen buenas propiedades de barrera, ya que son semi-permeables a los gases (Morris, 2003).

2.1.4.2 Actividad Antioxidante

Por otro lado, la medición de la actividad antioxidante con deferentes métodos (DPPH, ABTS y FRAP) ofrece una idea aproximada de la capacidad antioxidante total de los compuestos bioactivos, los cuales neutralizan los radicales libres generados y actúan en contra de los efectos negativos de los procesos de oxidación (Santos et al., 2023).

2.1.4.3 Permeabilidad al vapor de agua

La permeabilidad de una barrera se determina de una combinación de la ley de Fick para la difusión y la de Henry para la solubilidad. Esta medida indica la facilidad con la que el vapor de agua puede penetrar en recubrimientos comestibles y películas (Solano et al., 2018). La transferencia de vapor de agua, suele depende de la porción hidrofóbica de los componentes de la película o recubrimiento comestible, ya que, el movimiento del vapor de agua en los polímeros, se regula mediante la transferencia de humedad desde el producto al medio ambiente, por lo que se busca que sea lo más lento posible. Se han realizado estudios (Bósquez & Vernon, 2005).

2.1.4.4 Consistencia

La prueba para alimentos espesados requiere que el alimento sea espeso, un cronómetro y un consistómetro Bostwick. La prueba del alimento espeso comienza llenando la cámara de muestra en el consistómetro, un poco más que el nivel completo, evitando burbujas de aire en la medida de lo posible. Las normas específicas instruyen que el alimento en exceso debe ser raspado con un borde recto. Al momento de tomar la consistencia del alimento, la guillotina se levanta y el alimento espesado comienza a fluir por el canal. Es necesario iniciar inmediatamente el cronómetro o el temporizador de intervalo, y después de “x” segundos leer la distancia máxima de flujo al 0,1 centímetro más cercano, y así se determina la consistencia del alimento (Miranda et al., 2020).

2.1.5 Aplicación de recubrimiento bioactivo

Los recubrimientos comestibles se diferencian de las películas comestibles por el modo en que son aplicados a los alimentos. Las técnicas de inmersión o spray se utilizan para recubrimientos y el casting para películas (Hernández & Aguirre, 2011).

2.1.5.1 Inmersión

Este proceso implica en la aplicación de la solución preparada comestibles sumergiendo el alimento. Se emplea especialmente en aquellos alimentos cuya forma es irregular que requieren de una cobertura uniforme y gruesa. Es esencial que el producto a tratar esté previamente lavado y seco, y que una vez retirado de la solución se deje drenar el excedente de solución para lograr un recubrimiento uniforme (Hernández & Aguirre, 2011).

2.1.5.2 Spray

Esta técnica es fundamental en la aplicación de la solución filmogénica presurizada. Permite obtener un recubrimiento bioactivo más finos y homogénea. Se usa en alimentos de superficie lisa o para la separación de componentes diferentes niveles de humedad de un alimento compuesto(Hernández & Aguirre, 2011).

2.1.6 Recubrimientos bioactivos en carnes.

En la industria cárnica y pesquera la aplicación de recubrimientos bioactivos tiene como objetivo controlar o reducir la pérdida de humedad de los productos esto sirve como soporte para la adición de agentes antimicrobianos (Bello, 2022).

Los beneficios de estos tratamientos en carnes y pescado son los siguientes:

- Inhibir el crecimiento de bacterias patógenas que causan el deterioro.
- Ayudar a mantener la humedad del alimento, evitando pérdidas de textura, sabor, cambio de color y peso del producto.
- Mejorar la apariencia del producto.
- Evitar o disminuir la oxidación de los lípidos y la mioglobina.

2.1.7 Análisis microbiológicos.

El análisis microbiológico en la industria de alimentos constituye en una herramienta esencial para el control de materias primas, procesos y productos y manipuladores, ya que permite determinar el valor grado de contaminación biológica de estos, por esta razón el control microbiológico es parte fundamental en todo el proceso (Bello, 2022).

2.1.8 Influencia del pH alimentos con aplicación de recubrimientos bioactivos

El pH para los productos cárnicos, debe estar en el rango de 5 a 6 máximo 6.7 para evitar crear un ambiente de formación nitrosaminas. La caída rápida de pH post-mortem produce una carne pálida, blanda y exudativa (PSE). Capacidad de retención de agua, el descenso de pH provoca un encogimiento de la red de cadenas polipeptídicas que conllevan a una disminución de la carne a retener agua. La retención de agua está estrechamente ligado al pH. Considerando que este pequeño aumento en el pH podría deberse a la degradación de las proteínas y a la producción de aminos (Montaño, 2015).

2.2 Marco Referencial

Según (Milán & Grujić, 2017), menciona el desarrollo de las composiciones de los recubrimientos bioactivos elaborados por, polisacáridos, plastificantes, lípidos, proteínas y agua, para formar un recubrimiento natural para la industria alimentaria, ya que tiene una ventaja en la inhibición de microorganismos y sus propiedades mecánicas del recubrimiento dependiendo de su estructura química de los componentes usados.

El efecto antimicrobiano de los aceites esenciales se debe principalmente a la presencia de compuestos fenólicos como el carvacrol, timol, eugenol, entre otros compuestos. Los aceites esenciales con mayor actividad antimicrobiana son aquellos en los que se la proporción de compuestos fenólicos es mayor, aunque se ha observado que los elementos trazan también son relevantes debido a efectos de sinergia con el resto de los componentes. La hidrofobicidad de los AE les permite incorporarse en los lípidos de la membrana celular y las mitocondrias, volviéndolas permeables y provocando fugas del contenido celular. Su condición se ve favorable en condiciones físicas que mejoran la acción de los AE son un pH bajo, baja temperatura y bajos niveles de oxígeno (Burt, 2004).

En un estudio realizado por (Acosta, 2018), menciona que el almidón de papa ayuda a disminuir la carga de microorganismo, evita la oxidación del alimento, una baja solubilidad y alta absorción de agua y tiene mayor resistencia a la tracción.

Se menciona que el uso de la saponina de quinoa actúa como plastificante por (Almanza, 2016), donde se presenta una mayor elongación y permeabilidad de al vapor de agua. Las saponinas según (Sani, 2019), pose propiedades bioquímicas, ya que presentan actividades fungicida, alelopática, insecticida y antimicrobial. donde se realizaron investigaciones y se verificó que las saponinas son buenos fungicidas, debido a que pueden controlar plagas de hongos.

Por otro lado (Fani, 2016) menciona el efecto antimicrobiano de aceites esenciales naturales incorporados en recubrimientos bioactivos a base de almidón de papa en carne de pollo, como resultado de la investigación se pudo identificar los microorganismos que se encontraban, esto depende también de la concentración de aceite esencial que se trabajó (Arredondo, 2012).

Lo que menciona (Porta, 2016) que las propiedades mecánicas usualmente evaluadas para caracterizar recubrimientos bioactivos son la resistencia a la tracción, que es la fuerza requerida para romper el recubrimiento por estiramiento y elongación que implica el grado del cual el recubrimiento puede estirarse antes de romperse.

Según (Bello, 2022), menciona que los recubrimientos con aceites esenciales son efectivos contra la salmonella que se encuentra en la carne de pollo por lo que hace que se tarde el crecimiento de estos microorganismos, en este estudio escrito, utilizaron dos concentraciones de aceite esencial de orégano, por lo que la concentración más alta, obtuvo mejores resultados en la preservación de la carne de pollo.

Se ha observado que los recubrimientos comestibles pueden presentar propiedades similares a las películas comestibles hechas de lípidos en sus características físicas, resistencia, químicas y propiedades mecánicas (Cenobio et al., 2024). Los recubrimientos a base de lípidos debido a su naturaleza actúan como barreras para la pérdida de agua y humedad además proporcionan brillo los alimentos recubiertos (Pilaquinga, 2020). A diferencia de los polisacáridos y proteínas, los lípidos poseen una alta capacidad de barrera frente a la humedad gracias a sus propiedades hidrofóbicas, hay unos lípidos que tienen puntos de fusión altos como la cera de abeja y la cera de carnauba sin embargo algunos lípidos presentan propiedades mecánicas deficientes, lo que hace que algunos recubrimientos comestibles utilicen proteínas y polisacáridos (Villafuerte et al., 2021).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

La fase experimental del proyecto de investigación se realizó en La Estación Experimental Santa Catalina Panamericana Sur Km. 1, Sector Cutuglagua, Cantón Mejía, Pichincha.

Figura 2 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador INIAP



Nota: INIAP Panamericana Sur Km. 1, Sector Cutuglagua, Cantón Mejía, Pichincha Coordenadas 0°22'8.11" S, 78°33'18.47"

3.2 Tipo de investigación

De acuerdo con el planteamiento establecido, esta investigación fue de tipo experimental ya que se evaluaron tres factores en la elaboración de un bio recubrimiento activo, Porcentaje de almidón de papa (Factor A), Porcentaje de saponina de quinua (Factor B) y Porcentaje de aceite esencial de orégano (Factor C).

3.2.1 Investigación experimental

Para establecer el porcentaje necesario de cada factor en estudio, en la elaboración del bio recubrimiento activo se planteó un diseño Box BehnKen. Consiste en un arreglo de puntos que permite ajustar un modelo de regresión cuadrático para optimizar el proceso.

3.2.2 Investigación analítica

La valorización de los resultados del diseño experimental permitió establecer los porcentajes adecuados de los factores en estudio, interpretando las respuestas experimentales del diseño

(pH, acidez, actividad antioxidante y consistencia) se pudo apreciar el estado fisicoquímico del recubrimiento.

Luego para analizar la aplicabilidad del recubrimiento, este se aplicó en carne de pollo y se obtuvieron datos de pH, acidez y recuento microbiológico de coliformes totales y mesófilos, con el fin de determinar si la carne de pollo tuvo más durabilidad con el recubrimiento bioactivo en estudio.

3.3 Método de investigación

Para esta investigación fue necesario el uso de los siguientes métodos:

3.3.1 Método Descriptivo

Se empleó este método para observar y analizar los resultados obtenidos en las pruebas experimentales aplicadas. A partir de la recolección de datos, se buscó describir las propiedades fisicoquímicas del bio recubrimiento.

Se realizó un análisis detallado de los resultados luego de la aplicación del recubrimiento en carne de pollo, identificando características compartidas y diferencias significativas. Mediante el uso de técnicas de análisis estadístico y herramientas de visualización de datos, se buscó generar conclusiones y generalizaciones sobre el comportamiento del bio recubrimiento en la carne de pollo bajo ciertas condiciones de almacenamiento.

3.3.2 Método exploratorio

Este método permitió establecer la posibilidad del uso de almidón de papa, saponina de quinua y aceite esencial de orégano como materia prima en la elaboración de un bio recubrimiento activo que permita la conservación de carne de pollo.

3.3.4 Método analítico

Se utilizó este método para diseñar y evaluar los tratamientos realizados, ya que se les realizaron pruebas analíticas tanto al momento de la formulación como al momento de la aplicación en carne de pollo obteniendo datos precisos y confiables.

3.3.5 Materia Prima

En la investigación se utilizó almidón de papa de la variedad INIAP Cecilia, saponina de quinua variedad Tunkaguan. Las cuales fueron proporcionadas por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP Estación Experimental Santa Catalina, ubicada en la Panamericana Sur Km 1, Sector Cutulagua, Cantón Mejía, Pichincha.

El aceite esencial de orégano (*Origanum Vulgare*) se extrajo en el Departamento de Nutrición y Calidad.

3.4 Fuente de recopilación de información

3.4.1 Fuente primaria

Se investigo como realizar la formulación del recubrimiento bioactivo, para ello se buscó información de libros digitales, artículos, revistas científicas, normas INEN, tesis de diferentes universidades ecuatorianas.

3.4.2 Fuente secundaria

Además, se contó con la información del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP, para realizar las pruebas analíticas.

3.5 Diseño de investigación

Para esta investigación se trabajó con tres diferentes porcentajes de almidón de papa (5 %, 6 % y 7 %), tres diferentes porcentajes de saponina de quinua (0.5 %, 1 %, 1.5 %) y tres diferentes cantidades de aceite esencial de orégano (0.25 mL, 0.5 mL y 0.75 mL).

Cada factor, o variable independiente, se coloca en uno de tres valores equidistantes, generalmente codificados como -1, 0, +1.

Tabla 1

Diseño Box- BehnKen tomado en cuenta para la elaboración del Bio recubrimiento activo

BLOCK	Almidón	Aceite	Saponina
1	-1	-1	0
1	1	-1	0
1	-1	1	0
1	1	1	0
1	-1	0	-1
1	1	0	-1
1	-1	0	1
1	1	0	1
1	0	-1	-1
1	0	1	-1
1	0	-1	1
1	0	1	1
1	0	0	0
1	0	0	0
1	0	0	0

Factores	Niveles		
	1	0	1
Almidón (%)	7	6	5
Aceite Esencial de orégano(mL)	0.75	0.5	0.25
Saponina de quinua (%)	1.5	1	0.5

3.5.1 Características del diseño experimental

Al aplicar el modelo de superficie de respuesta (Box- BehnKen) el software estadístico Statgraphics versión 16.03, estableció 15 corridas (tratamientos), 5 G.L del error con tres puntos centrales ubicados al final (tabla 1).

Los resultados fueron analizados considerando: el coeficiente de determinación, (R^2), el análisis de varianza (ANOVA), el diagrama de Pareto, diagramas de superficie de respuesta

y diagramas de probabilidad normal de residuales. Un método de regresión no lineal fue empleado para ajustar el segundo orden polinomial para los datos experimentales y para identificar los términos relevantes del modelo. La Ecuación (1) representa en forma simbólica el modelo de respuesta considerando todos los términos lineales, cuadráticos y los términos de interacción lineal-lineal.

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x_i^2 + \sum \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon$$

Donde: β_0 es el término compensatorio; β_i es el término dependiente o el efecto lineal del factor de entrada x_i ; β_{ii} es el efecto cuadrático del factor de entrada x_i y β_{ij} es el efecto de interacción lineal- lineal entre el factor de entrada x_i y x_j .

3.5.1.1 Diseño Box – BehnKen

En la siguiente tabla 3 se presenta los factores en estudio (factor A), almidón de papa, aceite esencial de orógeno (factor B) y, saponina de quinua (factor C), junto con sus respectivos niveles.

Tabla 2*Factor en estudios y niveles*

Tratamientos	FA	FB	FC
T1	5	0.25	1
T2	7	0.25	1
T3	5	0.5	1
T4	7	0.75	1
T5	5	0.5	0.5
T6	7	0.5	0.5
T7	5	0.5	1.5
T8	7	0.5	1.5
T9	6	0.25	0.5
T10	6	0.75	0.5
T11	6	0.25	1.5
T12	6	0.75	1.5
T13	6	0.5	1
T14	6	0.5	1
T15	6	0.5	1

3.6 Instrumento de investigación

3.6.1 Análisis físico químico y mecánicos del recubrimiento bioactivo

3.6.1.1 Medición de pH

Metodología basada en (Pérez et al., 2020), primeramente, se procede a calibrar el pH-metro con dos (buffer pH 4 y 7) para poder medir con precisión y confiabilidad, lo que permite al pH metro dar lecturas correctas. Se utilizó 50 ml de recubrimiento bioactivo a una temperatura de 25 °C y se registraron las lecturas por triplicado a los 15 tratamientos.

3.6.1.2 Medición de acidez

Metodología basada en (Pérez et al., 2020), se utilizó 50 ml de recubrimiento bioactivo se realizó una solución de hidróxido de sodio (NaOH) a 0,01 N en presencia de fenolftaleína como indicador, esto se lo realizó a los 15 tratamientos por triplicado.

3.6.1.3 Medición de consistencia

Se basó en (Miranda et al., 2020), lo primero para medir la consistencia del recubrimiento bioactivo es la calibración del consistómetro de Bostwick para que los resultados sean más reales.

El procedimiento fue el siguiente se llenó la cámara, evitando burbujas de aire en cada tratamiento, una vez el tratamiento este en la cámara se jalo el gatillo y al mismo tiempo se utilizó el cronómetro (60 seg) mientras el recubrimiento fluía, se detenía el cronómetro y se comenzó a leer la distancia máxima alcanzada de cada tratamiento, se cuantifican por la distancia que recorrió el recubrimiento por 60 seg.

3.6.1.4 Procedimientos

3.6.1.4.1 Extracción de aceite esencial de orégano

Recepción: En la preparación del orégano se trabajó con hojas secas, luego se separó los tallos de gran tamaño (Mera, 2020).

Pesado: Se continuó con el pesado se pesó 900 g de hojas de orégano secas, para pasar a la tercera etapa, que es la molienda.

Molienda: Esto se lo llevo a un molino ultracentrífuga donde se obtuvo 785.7 g de polvo de orégano.

Pesado: Después de que se haya molido las hojas de orégano en el molino centrifugo esto se pesó de nuevo para poder macerar el polvo de orégano.

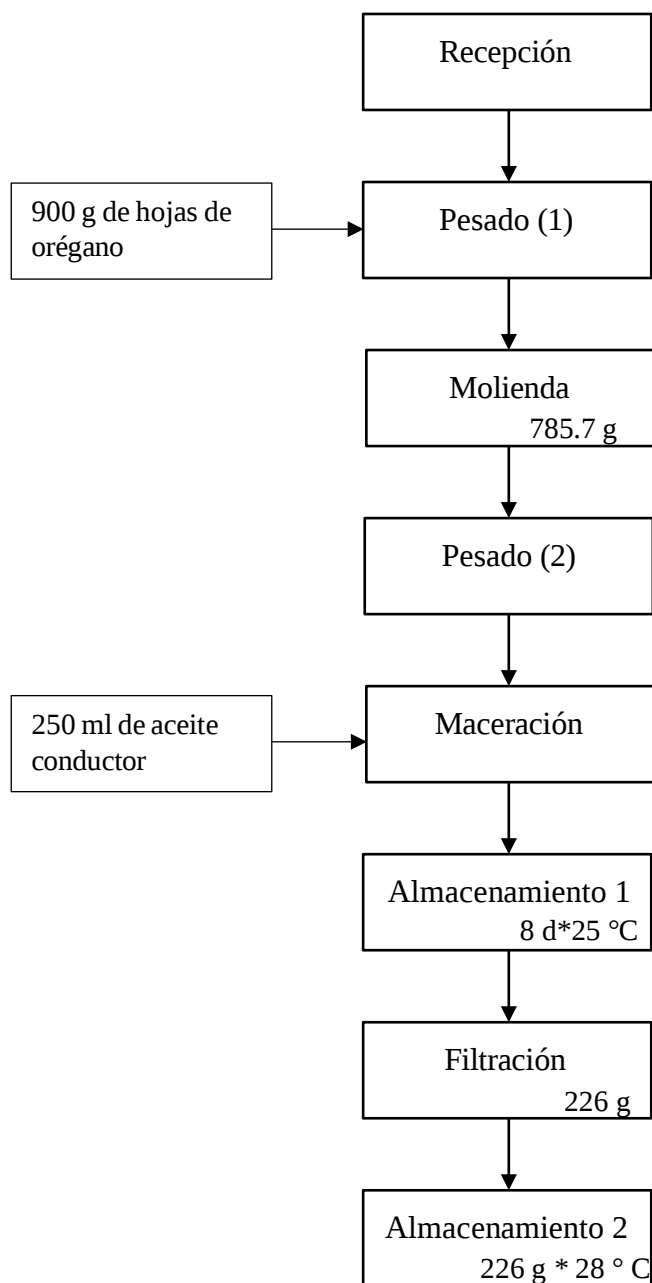
Maceración: Luego para la extracción del aceite esencial de orégano se realizó con el método de maceración en frio (Mera, 2020), se pesó 100 g de polvo de orégano en 250 ml de aceite conductor el aceite que se utilizo fue el girasol hasta cubrir el polvo de orégano,

Almacenamiento 1: Se llevó a cabo en un lapso de 8 días. En los días que estuvo se lo almaceno en un lugar oscuro a una temperatura de 25 °C.

Filtración: Después del almacenado el aceite esencial de orégano, se hizo el filtrado en papel filtro, este se colocó en un matraz, durante 30 min hasta obtener 226 ml de aceite esencial de orégano,

Almacenamiento 2: Este se lo reservo en un cuarto oscuro a 28 °C.

3.6.1.4.2 Diagrama de balance de materia para la extracción de aceite esencial de orégano



3.6.1.4.3 Procedimiento de extracción hídrica de saponina de quinua

Recepción: Para la preparación, se obtuvo la cascarilla de quinua, con la que se trabajó para extraer la saponina.

Pesado: Se peso 100 g de cascarilla de quinua en 2 L de agua destilada, en una relación de 1:2.

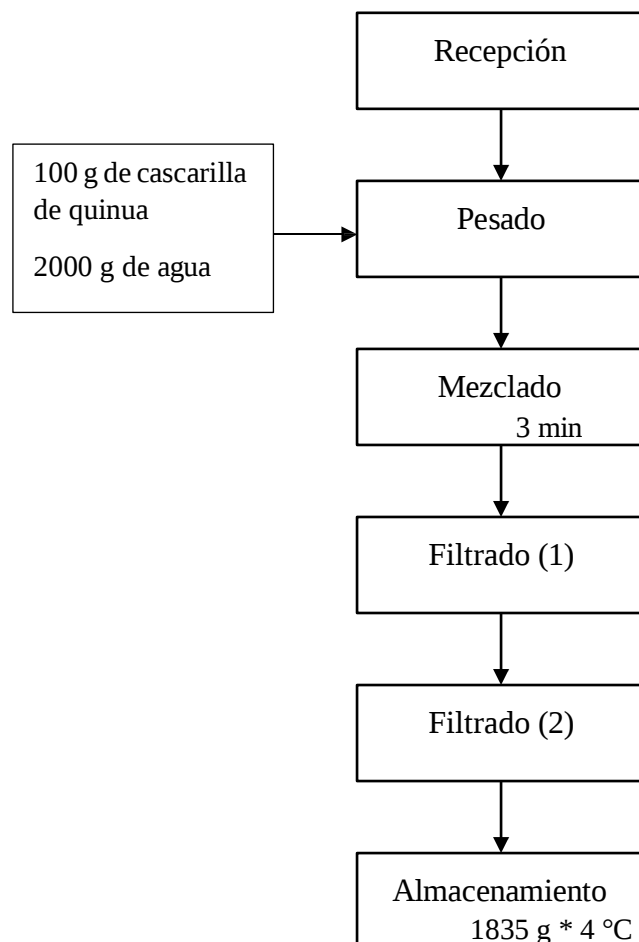
Mezclado: Se mezclo durante 3 min la quinua y el agua destilada a 300 rpm (Ruiz, 2019).

Filtración 1: Se hizo un primer filtrado con una malla de bolsa en lo consiguiente se retiró todo el residuo, 200 g.

Filtración 2: El segundo filtrado se lo realizo al vacío con un matraz Kitasato se colocó el cono de goma, crisol de porcelana, lana de filtro, después se conectó manguera con el matraz en la bomba de vacío y se eliminó los contaminantes restantes de la saponina de quinua 65 g de residuo.

Almacenamiento: Se almaceno la saponina de quinua a una temperatura de 4 °C durante 48 hora.

3.6.1.4.4 Diagrama de balance de materia extracción de saponina de quinua



3.6.1.8 Preparación de la solución de almidón y saponina

Para la preparación de una solución de almidón al 5 % y de saponina de quinua al 1 % (T1) se siguió la metodología establecida por (Escobar et al., 2011) esta metodología establece el siguiente cálculo para preparar la solución.

$$\% \frac{p}{v} = \frac{g \text{ de soluto}}{v \text{ de solución}} (100)$$

Donde:

P= peso (g)

V= volumen (mL)

3.6.1.9 Preparación para el recubrimiento bioactivo

Para la preparación de recubrimiento se siguió la metodología establecida por (Escobar et al., 2011) Consideración inicial se necesita 100 mL de solución del tratamiento T1 compuesta por solución de almidón al 5 %, aceite esencial 0.25 mL y solución de saponina de quinua al 1 % (tabla 2) para lo que se necesita:

- 82.8 mL de solución de almidón al 5%
- 3.4 mL de aceite esencial de orégano
- 13.8 mL de solución de saponina de quinua al 1%

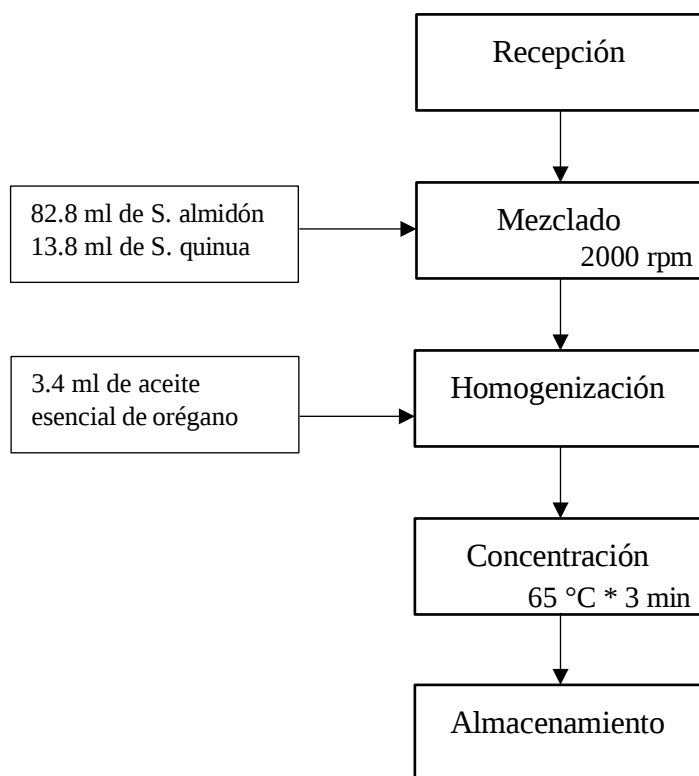
El cálculo para el resto de tratamientos sigue el mismo procedimiento

Se mezcla primero la solución de almidón y saponina de quinua y se agita a 2000 rpm por 30 min para que esta mezcla se homogenice, luego se añadió el aceite esencial de orégano donde nuevamente se homogeniza a 2000 rpm por 30 min, una vez homogenizado la mezcla

Se continuo con la cocción de cada tratamiento, a una temperatura de 65 °C por 3 min con agitación constante hasta que los tratamientos se cristalicen y tengan una consistencia espesa.

Finalmente se almaceno el recubrimiento a una temperatura de refrigeración de 4° C.

3.6.1.10 Diagrama de balance de materia del Recubrimiento Bioactivo



3.6.2 Análisis físico químico y microbiológico a la carne de pollo aplicado el recubrimiento

Se realizaron análisis de pH y acidez titulable a 15 tratamientos con recubrimiento aplicados en carne de pollo. Luego de 15 días de almacenamiento, se seleccionaron los tres tratamientos con mejores resultados en estas mediciones, a los cuales se les efectuaron análisis microbiológicos y de actividad antioxidante.

3.6.2.1 Medición de pH en la carne de pollo con el recubrimiento aplicado

Para la medición de pH se basó en la norma INEN 1338:2012 productos cárnicos para medir el pH se pesó 1 g de carne de pollo en una balanza analítica y se colocó 100 ml de agua destilada, esto se llevó a una licuadora hasta que se homogenice la muestra, en la medición de pH esta estuvo a 25 °C, esto se lo realizó a los 15 tratamientos por triplicado, durante 15 días seguidos, para ver los cambios que iba teniendo la carne de pollo con el recubrimiento aplicado.

3.6.2.2 Medición de acidez en la carne de pollo con el recubrimiento aplicado

Así como la medición del pH se basó en la Norma INEN 1338: 2012 para la medición de acidez, esto se colocó 1 g de muestra en 100 ml de agua destilada, y se lo llevo a la licuadora para que se homogenice y de valores más reales, una vez las muestras estén preparadas, se las llevó al equipo de titulación para la medición de acidez se realizó una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.01 N en presencia de fenolftaleína como indicador, esto se les hizo a los 15 tratamientos por triplicado, durante 15 días seguidos, para ver los cambios de acidez en la carne de pollo.

3.6.2.3 Determinación de actividad antioxidante

En determinación de actividad antioxidante se utilizó el método ABTS esto describe la capacidad de las moléculas redox de un alimento y sistemas biológicos para capturar radicales libres (Quelal, 2020).

La primera extracción lo primero fue la determinación de las muestras y un blanco, para lo cual las primeras muestras que fue el aceite esencial de orégano y los tratamientos se adiciono 3 ml de cada muestra previamente mezcladas y 5 ml de butanol, para la muestra de saponina de quinoa se adiciono 5 ml y 15 ml de metanol al 80 %, con el blanco se adición 5 ml de agua y 15 ml de metanol, se los cubrió con papel aluminio para que no le llegara la luz. Esto se llevó agitar las vortex por 5 min cada muestra, después del agitar se lo llevo a centrifugar durante 10 min a 500 rpm.

Después de que se haya centrifugado, las muestras se colocaron en un cuarto oscuro y se dejó reposar durante toda la noche a temperatura de 25 °C, al día siguiente se sacaron las muestra y estas se filtraron, para ello se colocó papel aluminio en tubos de ensayos, para evitar cualquier contacto con la luz, una vez filtradas las muestras, el sobrenadante que quedo se le coloco nuevamente al aceite esencial de orégano y las muestras 5 ml de butanol, a la saponina de quinoa y el blanco 15 ml de metanol. Esto es para segunda extracción se hace un segundo agitado, se lo centrifugo durante 10 minutos y se filtró, luego se lo coloco en las primeras muestras del día anterior.

3.6.2.4 Determinación de actividad microbiológica de la carne de pollo aplicada con el recubrimiento

En la determinación de la actividad antioxidante se basó en datos de la norma INEN 056 de productos cárnicos. Se le realizó dos pruebas para la detección de coliformes totales y mesófilos en la carne de pollo. Lo que se hizo fue la esterilización de los materiales y equipó que se utilizó. Para realizar la prueba de mesófilos se utilizó placas Petri films de aerobios, para preparar la muestra se pesó 1 g de la carne de pollo en 100 ml de agua, esto se licuo y se los coló en un vaso de precipitación. Para poder realizar el conteo de los mesófilos se hizo 4 diluciones 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} , las placas Petri films se ubicaron en la incubadora por dos días. En la prueba de coliformes se utilizó placas Petri films de alta sensibilidad para recuento de coliformes, se pesó 1 g de carne de pollo en 100 ml de agua destilada, se hizo 4 diluciones 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} , para poder realizar el conteo de los coliformes, estos se colocaron en una incubadora por dos días.

3.6.2.5 Preparación para la aplicación del recubrimiento bioactivo en la carne de pollo

Recepción: Se preparo la carne de pollo esta previamente fue obtenida de un mercado local, la parte que se utilizó del pollo fue la pechuga 200 g.

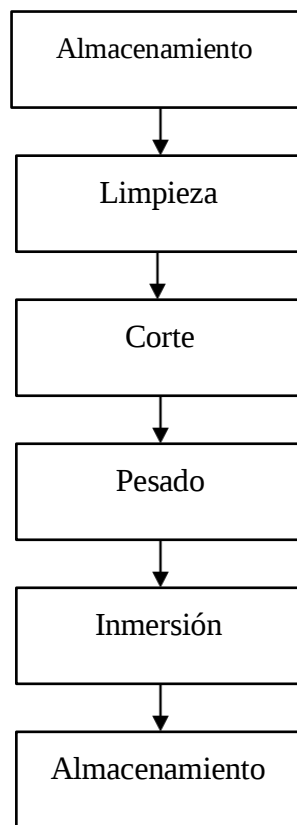
Limpieza: El pollo se lo limpio correctamente para que este inicio al iniciar el ensayo, para esto se utilizó una solución de ácido acético (vinagre) con una concentración del 1 %.

Corte: Se procedió hacer cortes uniformes y que sean lo más parecidos posible su peso fue de 9 g en los 15 tratamientos realizados.

Inmersión: En la aplicación del recubrimiento bioactivo se tomó los cuadros de pollo y se sumergieron por 2 min (Hernández & Aguirre, 2011).

Almacenamiento: Luego se colocaron en bandejas de aluminio de 11 cm de largo y 7.3 cm de ancho y se los dejo a una temperatura de 4 °C, posteriormente estos tratamientos se los monitoreo por 15 días midiendo pH, acidez y observar los cambios físicos de la carne.

3.6.2.6 Diagrama de flujo en la aplicación del recubrimiento en la carne de pollo



3.7 Recurso humanos y materiales

3.7.1 Recursos humanos

Docente: Dr. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD.

Estudiante: Zambrano Verdezoto Jeniffer Carlina

Co-tutor: Dra. Elena Villacrés, PhD - INIAP Santa Catalina

Colaboradora: Ing. María Belén Quelal, M Sc - INIAP Santa Catalina

Recursos materiales

Tabla 3

Materiales para la elaboración del recubrimiento bioactivo

Descripción	Cantidad
Bandejas	1
Utensilios	1
Ollas	1
Licuada	1
Frascos de vidrios	18
Estufa	1

Tabla 4

Insumos utilizados

Descripción	Cantidad
Almidón de papa	200 g
Hojas de orégano	1000 g
Quinoa	200 g
Carne de pollo	200 g

Tabla 5*Materiales de laboratorio utilizados*

Descripción	Cantidad
Vasos de precipitación de (50 ml, 100 ml, 250 ml)	16
Matraz Erlenmeyer	6
Matraz aforado	8
Gradillas	2
Tubos de ensayos	15
Matraz Kitasato	1
Probeta (10 ml, 40 ml, 150 ml, 500 ml)	8
Embudo cónico	6
Bureta	9
Barra	1
Soporte	1
Pipeta graduada	9
Agitadores magnéticos	6
Frascos lavadores	2
Micropipetas	2
Placas Petri films	
Pinzas	1
Crisol	1

Tabla 6*Reactivos*

Descripción	Cantidad
Butanol	60 ml
Metanol	30 ml
Hidróxido de sodio	100 ml
Fenolftaleína	50 ml
Buffer	20 ml

Tabla 7*Equipos de laboratorio utilizados*

Descripción	Cantidad
Molino ultracentrífuga	1
Incubadora	1
Cabina de seguridad biológica	1
Rotavapor	1
Estufa de laboratorio	1
Centrifugadora	1
Balanza analítica	1
Vortex	1
Agitador magnético	1
Consistómetro	1

CAPITULO IV
RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Formulación adecuada del recubrimiento bioactivo y sus propiedades

Para establecer la fórmula adecuada del recubrimiento se corrió 15 tratamientos descritos en la tabla 8 los cuales se le evaluó el pH, la acidez y consistencia con el fin de establecer la mejor combinación y sus características.

Tabla 8

Valores de pH, Acidez (g/L) y Consistencia (cm) de los tratamientos en estudio

Tratamientos	pH			Acidez			Consistencia		
	$\bar{X}$		σ	$\bar{X}$		σ	$\bar{X}$		σ
T1	6.19	±	0.01	1.00	±	0.00	12.17	±	0.29
T2	6.09	±	0.01	1.00	±	0.00	7.33	±	0.76
T3	6.37	±	0.01	1.06	±	0.05	11.33	±	0.29
T4	6.09	±	0.01	1.20	±	0.10	10.50	±	0.00
T5	5.80	±	0.01	0.97	±	0.06	15.33	±	0.29
T6	5.71	±	0.01	1.07	±	0.06	5.00	±	0.00
T7	6.10	±	0.01	0.83	±	0.06	10.50	±	0.00
T8	5.99	±	0.01	1.43	±	0.06	4.50	±	0.00
T9	6.15	±	0.02	1.22	±	0.03	14.50	±	0.00
T10	5.97	±	0.02	1.22	±	0.04	16.17	±	0.29
T11	6.62	±	0.02	1.32	±	0.03	6.00	±	0.00
T12	6.24	±	0.02	1.07	±	0.12	7.00	±	0.00
T13	6.19	±	0.02	0.93	±	0.12	6.50	±	0.00
T14	5.99	±	0.01	1.22	±	0.03	7.67	±	0.29
T15	6.30	±	0.04	1.00	±	0.00	9.00	±	0.00

4.2 Evaluación del pH en el recubrimiento bioactivo

Tabla 9

Análisis de Varianza para pH

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Almidón	0.04205	1	0.04205	1.68	0.2514
B: A.E Orégano	0.01805	1	0.01805	0.72	0.4344
C: Saponina Q	0.2178	1	0.2178	8.71	0.0319
AA	0.0945231	1	0.0945231	3.78	0.1096
AB	0.0081	1	0.0081	0.32	0.5940
AC	0.0001	1	0.0001	0.00	0.9520
BB	0.126369	1	0.126369	5.05	0.0745
BC	0.01	1	0.01	0.40	0.5550
CC	0.0369231	1	0.0369231	1.48	0.2787
Error total	0.1251	5	0.02502		
Total (corr.)	0.699	14			

$R^2 = 82.103 \%$

La tabla del ANOVA particiona la variabilidad de pH para cada uno de los efectos. En este caso, el factor C (Saponina de quinua) tienen un valor-P (0.0319) menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes del resto de factores con un nivel de confianza del 95.0 %.

El estadístico R^2 indica que el modelo, así ajustado, explica 82.103 % de la variabilidad en pH. Que se produce al interaccionar los tres factores en la elaboración de recubrimiento bioactivo.

El modelo de regresión ajustado a los datos es el siguiente:

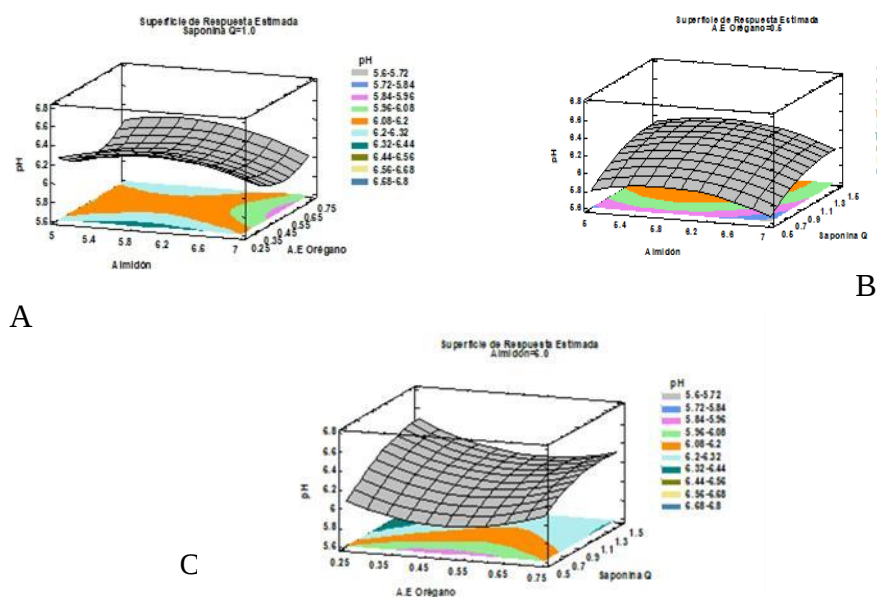
$$pH = 0.14 + 1.9475 * \text{Almidón} - 1.67 * \text{A.E Orégano} + 1.39 * \text{Saponina Q} - 0.16 * \text{Almidón}^2 - 0.18 * \text{Almidón} * \text{A.E Orégano} - 0.01 * \text{Almidón} * \text{Saponina Q} + 2.96 * \text{A.E Orégano}^2 - 0.4 * \text{A.E Orégano} * \text{Saponina Q} - 0.4 * \text{Saponina Q}^2$$

Este permite observar los efectos principales, efectos de las interacciones, coeficientes del modelo, de superficie Box-BehnKen.

Dentro del modelo se observar que el factor almidón (A), la saponina de quinua (B) y el efecto cuadrático del factor Aceite esencial de orégano (BB) muestran un efecto positivo sobre los valores de pH en el recubrimiento, en tanto que el resto de los efectos se muestran negativos.

Figura 3

Superficies de respuesta obtenidas para el pH, alternando los componentes: Saponina de quinua (A); Aceite esencial de orégano(B) y Almidón (C)



En la figura A, se puede observar que en este caso el factor saponina de quinua se encuentra en el nivel cero de acuerdo con la codificación del diseño o en otras palabras está en su nivel medio, lo que significa de acuerdo con los valores propuestos para este factor como: solución de saponina al 1 %, en tanto que los otros dos factores pueden variar libremente en sus niveles.

Se puede observar que el valor del pH en el recubrimiento bioactivo no varía cuando se añade una solución de almidón al 5 % o al 7 % manteniendo un valor de 6.2 aproximadamente (franja naranja) en la figura A.

En tanto que la acción del aceite esencial de orégano se mantiene similar a la del factor anterior bajando ligeramente el pH a 6.08 (franja verde) lo que de acuerdo con el ANOVA no es significativo.

En la figura B, el factor aceite esencial de orégano se encuentra en el nivel cero de acuerdo con la codificación del diseño o en otras palabras está en su nivel medio, lo que significa de acuerdo con los valores propuestos para este factor como: 0.5 mL, en tanto que los otros dos factores pueden variar libremente en sus niveles.

En este caso se puede observar que el valor del pH en el recubrimiento bioactivo no varía cuando se añade una solución de almidón al 5 % o al 7 % manteniendo un valor de 5.8 aproximadamente (franja azul) en la figura B.

En tanto que la acción de la saponina de quinua “eje Y” se muestra diferente observándose que a medida que el nivel de este factor aumenta el valor de pH también lo hace, demostrando que este factor se muestra significativo en relación con los cambios de pH que pudieran darse al elaborar el recubrimiento.

En la figura C, el factor almidón se encuentra en el nivel cero de acuerdo con la codificación del diseño o en otras palabras está en su nivel medio, lo que significa de acuerdo con los valores propuestos para este factor como: solución de almidón al 6 %, en tanto que los otros dos factores pueden variar libremente en sus niveles.

En este caso el valor del pH en el recubrimiento bioactivo no varía cuando se añade aceite esencial de orégano del 0.25 a 0.75 mL, manteniendo un valor de 6.2 aproximadamente (franja naranja) en la figura C.

En tanto que la acción de la saponina de quinua “eje Y” se muestra diferente observándose que a medida que el nivel de este factor aumenta el valor de pH también lo hace, sin embargo, este incremento del pH es mínimo.

Discusión

La varianza significativa que se muestra en el bio recubrimiento activo se ve influenciada por la presencia de saponina de quinua, se sabe que en el grano de quinua las saponinas contenidas en la parte externa de los tejidos son las responsables del sabor amargo.

Además, estructuralmente, son compuestos derivados de la β -amirina que consisten en una mezcla compleja de glucósidos triterpénicos derivados del ácido oleanólico, hederagenina, ácido fitolacagénico, ácido deoxifitolacagénico, ácido serjanico, y ácido 3 β ,23,30-trihidroxi olean-12-eno-28-oico, con los grupos hidroxilo y carboxilato en el C-3 y C-28, respectivamente esto nos hace pensar en su influencia en los cambios de pH mostrados en el

recubrimiento. Por su parte (Serna et al., 2020) menciona que la presencia de polisacáridos y plastificantes al no ser ácidos no genera cambios al ser adicionados en la formulación de un recubrimiento lo cual se muestra en concordancia con lo observado en esta investigación.

Los posibles valores a detectarse en el recubrimiento bajo los niveles establecidos en el diseño son de 5.6 a 6.8 (figura 3) observamos que si bien no son básicos pues tienden a serlo, de acuerdo con (Andrade et al., 2013) los recubrimientos comestibles deben ser inocuos. (McHugh & Krochta, 2021) menciona que si el pH de un recubrimiento es menor al rango de 6 - 7 y dentro de la emulsión se encuentra un mayor contenido de lípido su efecto como barrera disminuirá afectando la textura, estabilidad y lo hace menos efectivo a proteger al alimento al cual se le ha aplicado.

4.3 Evaluación del pH en el recubrimiento bioactivo

Tabla 10

Análisis de Varianza para Acidez

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Almidón	0.08	1	0.08	3.22	0.1326
B: A.E Orégano	0.00125	1	0.00125	0.05	0.8314
C: Saponina Q	0.00125	1	0.00125	0.05	0.8314
AA	0.00641026	1	0.00641026	0.26	0.6330
AB	0.0025	1	0.0025	0.10	0.7638
AC	0.0625	1	0.0625	2.52	0.1735
BB	0.025641	1	0.025641	1.03	0.3562
BC	0.01	1	0.01	0.40	0.5536
CC	0.025641	1	0.025641	1.03	0.3562
Error total	0.124167	5	0.0248333		
Total (corr.)	0.34	14			

$R^2 = 63.4804 \%$

La tabla del ANOVA particiona la variabilidad de acidez para cada uno de los efectos incluidos en el modelo. En este caso, ninguno de los factores ni sus interacciones muestra un valor-P menor que 0.05, lo que indica que no hay efectos significativamente diferentes en la acidez a un nivel de confianza del 95.0 %.

El modelo de regresión ajustado a los datos es el siguiente:

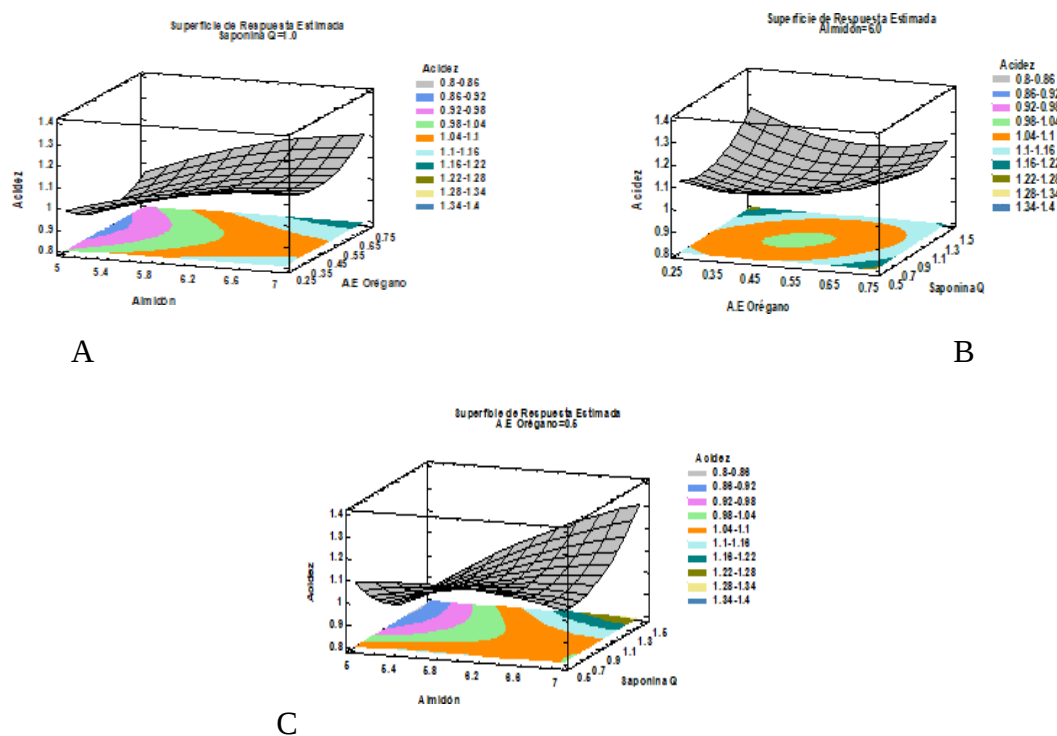
$$\text{Acidez} = 1.15 + 0.3 \text{ Almidón} - 1.48333 \text{ A.E Orégano} - 1.94167 \text{ Saponina Q} - 0.0416667 \text{ Almidón}^2 + 0.1 \text{ Almidón A.E Orégano} + 0.25 \text{ Almidón Saponina Q} + 1.33333 \text{ A.E Orégano}^2 - 0.4 \text{ A.E Orégano Saponina Q} + 0.333333 \text{ Saponina Q}^2.$$

Este modelo permite observar los efectos principales, los efectos de interacción, y los efectos cuadráticos dentro de un diseño de superficie de respuesta tipo Box-Behnken.

Se observa el Almidón (A) tiene un coeficiente positivo los efectos cuadráticos de A.E. de orégano (BB) y de la saponina de quinua (CC) también muestran coeficientes positivos y los factores A.E. de orégano (B) y Saponina de quinua (C) tienen efectos principales negativos.

Figura 4

Superficies de respuesta obtenidas para la Acidez, alternando los componentes: Saponina de quinua (A); Aceite esencial de orégano(B) y Almidón (C)



En la figura A el factor saponina de quinua se mantiene constante en su nivel medio (1.0 %), mientras que almidón y aceite esencial de orégano varían dentro de sus niveles establecidos en el diseño.

Se observa que la acidez se mantiene relativamente estable en torno a valores de 1.1 (franja naranja), tanto cuando se utiliza almidón al 5 % como al 7 %. Esto sugiere que el efecto del almidón, bajo estas condiciones, no genera un cambio drástico en la acidez del recubrimiento. El aceite esencial de orégano, aunque también varía, no produce una alteración significativa en la acidez, presentando valores que fluctúan ligeramente a 1.0–1.08 (franja verde-amarilla).

En la figura B el almidón se mantiene en su nivel medio (6.0 %), permitiendo que los factores aceite esencial de orégano y saponina de quinua varíen libremente.

Se aprecia que la acidez se mantiene en torno a 0.9–1.1 (franjas azul a naranja) cuando el orégano varía, lo que sugiere una respuesta relativamente estable frente a los cambios en este factor, a medida que se incrementa la concentración de saponina de quinua (eje Y), se observa una tendencia creciente en la acidez del recubrimiento, pasando de valores cercanos a 0.9 hasta 1.3–1.4 (franja mostaza y celeste claro), lo que indica que la saponina tiene un efecto notable sobre la acidez, aunque no sea estadísticamente significativo según ANOVA.

La figura C el aceite esencial de orégano se mantiene constante en su nivel medio (0.5 mL), y los factores almidón y saponina de quinua se ve en sus respectivos rangos.

Al igual que en la figura A, el almidón no parece generar cambios en la acidez, manteniéndose los valores dentro de una franja similar (1.1 aproximadamente). Por otro lado, al aumentar la concentración de saponina de quinua, se aprecia un ligero incremento en los valores de acidez, con una superficie que asciende de a poco desde 0.9 hasta 1.3. Como se vio en las gráficas que la saponina tiene el efecto más visible sobre la acidez entre los tres factores.

Discusión

La acidez que se tomó en cada tratamiento como se mostró en la figura no hubo diferencia significativa en este caso un estudio menciona (Cahuaya et al., 2022) que la acidez titulable para los recubrimientos comestibles está en un rango de 1.5 a 05 esto quiere decir que con

el estudio y dando estos resultados que se aproxima al estudio realizado por Cahuaya se puede mencionar que al momento de la toma de la acidez titulable los tratamientos sí estuvieron en los rangos de proximidad de los recubrimientos comestibles.

Sin incluir el lípido en el recubrimiento bioactivo el polisacárido y plastificante aún cumple con la función de proteger al alimento que se aplique el recubrimiento bioactivo, por lo que el polisacárido y plastificante estos al colocarse con las cantidades correctas formuladas no llega a aumentar el índice de acidez, por lo que el recubrimiento aún sigue en el rango óptimo de acidez que debe tener una película o recubrimiento comestible dicho por (Cahuaya et al., 2022).

Al excluir el componente plastificante y solo medir con polisacárido y lípido, el recubrimiento bioactivo no se ve tan afectado en el cambio de la acidez, sigue estando en el rango que se menciona (Cahuaya et al., 2022) en este caso la acidez del recubrimiento sin plastificante aún protege al producto aplicado, sigue teniendo la misma función de proteger y conservar el alimento al que se lo aplicara. Como el primer resultado de la gráfica de superficie de respuesta de la acidez titulable, sin que se le coloque lípido este también no se vio que haya una diferencia significativa en los tratamientos, siendo así que el recubrimiento sigue estando bajo el rango que se estudió.

A diferencia de colocar polisacárido con cualquiera de los dos componentes, estos componentes lípido y plastificante, la acidez del recubrimiento tiende a ser muy baja en este caso no se aproxima a la acidez estudiada por (Cahuaya et al., 2022), lo que hace que el recubrimiento bioactivo no pueda cumplir con la función de conservar el alimento, por eso es necesario que haya un polisacárido en el recubrimiento para que este cumpla con la función de proteger al alimento.

4.4 Evaluación de la consistencia en el recubrimiento bioactivo.

Tabla 11

Análisis de Varianza para Consistencia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Almidón	60.5	1	60.5	8.31	0.0344
B: A.E Orégano	3.125	1	3.125	0.43	0.5412
C: Saponina Q	66.125	1	66.125	9.09	0.0296
AA	0.253616	1	0.253616	0.03	0.8592
AB	4.02002	1	4.02002	0.55	0.4907
AC	4.68722	1	4.68722	0.64	0.4586
BB	20.3402	1	20.3402	2.80	0.1554
BC	0.112225	1	0.112225	0.02	0.9060
CC	2.64942	1	2.64942	0.36	0.5726
Error total	36.3826	5	7.27652		
Total (corr.)	196.947	14			

$R^2 = 81.5267 \%$

La tabla del ANOVA particiona la variabilidad del análisis de consistencia para cada uno de los efectos. En este caso, el almidón (A) y la saponina de quinua (C) presentan valores-P menores que 0.05, lo que indica que ambos factores tienen un efecto significativamente diferente sobre la consistencia al nivel de confianza del 95.0 %. El resto de los factores y sus interacciones no muestran significancia.

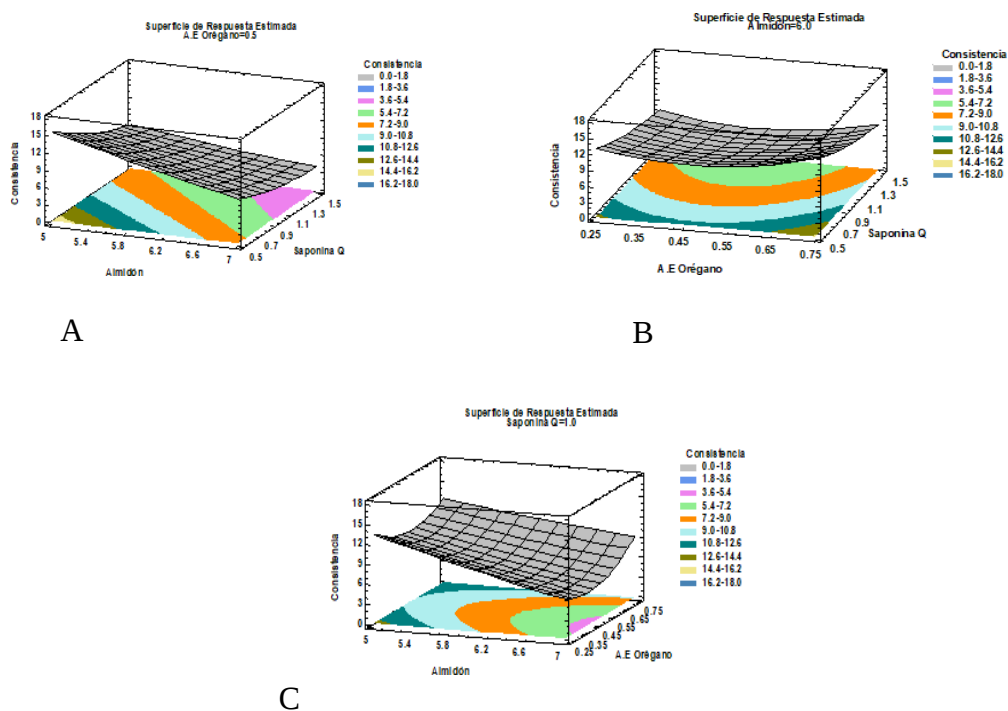
El modelo de regresión ajustado a los datos es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Consistencia} = & 75.285 - 10.065 * \text{Almidón} - 57.7733 * \text{A.E Orégano} - 24.8467 * \text{Saponina Q} + \\ & 0.262083 * \text{Almidón}^2 + 4.01 * \text{Almidón} * \text{A.E Orégano} + 2.165 * \text{Almidón} * \text{Saponina Q} + \\ & 37.5533 * \text{A.E Orégano}^2 - 1.34 * \text{A.E Orégano} * \text{Saponina Q} + 3.38833 * \text{Saponina Q}^2 \end{aligned}$$

Se destaca que el almidón (A) y la saponina de quinua (C) presentan efectos principales significativos y positivos. Aunque los términos cuadráticos y de interacción no son significativos, el coeficiente de determinación $R^2 = 81.53 \%$.

Figura 5

Superficies de respuesta obtenidas para la Consistencia, alternando los componentes: Saponina de quinua (A); Aceite esencial de orégano(B) y Almidón (C)



En la figura A se observa que la consistencia tiende a aumentar ligeramente a medida que se incrementa el contenido de almidón desde 5% a 7%, aunque el cambio no es muy drástico. El A.E. de orégano también influye, pero su efecto es leve. Los valores más altos de consistencia (franjas naranjas y verdes, de 5.4 a 9.0) se ubican en la zona media del gráfico, no se evidencian variaciones significativas, y las combinaciones se mantienen en niveles intermedios.

En la figura B la variable saponina de quinua muestra un efecto en la consistencia, a medida que aumenta su concentración, la consistencia también se incrementa, alcanzando valores más altos (hasta la franja fucsia: 16.2-18.0). El almidón no genera grandes cambios; su efecto se ve cuando actúa en combinación con niveles altos de saponina, se puede mencionar que la saponina influye.

La figura C la saponina de quinua tiene un impacto positivo sobre la consistencia del recubrimiento, con un aumento visible en los niveles de consistencia hacia el lado derecho de la figura. En cambio, el A.E. de orégano no muestra un efecto significativo; la consistencia del recubrimiento bioactivo se mantiene estable a lo largo de su rango (0.25 a 0.75 mL). Como se muestra en la figura la zona de mayor consistencia (franja naranja: 5.4-7.2) se sitúa hacia niveles altos de saponina.

Discusión

Un estudio que realizó (McHugh & Krochta, 2021), muestra que al momento de medir la consistencia con el consistómetro Bostwick para un recubrimiento este dio un valor de 8 a 10 cm en este caso el recubrimiento elaborado con almidón de papa, saponina de quinua y aceite esencial de orégano, está en un aproximado óptimo de 9 en la consistencia del recubrimiento bioactivo.

4.5 Optimización de Múltiples Respuestas

Para la optimización del modelo se tomó en cuenta la acidez, consistencia y pH dado que el proceso de optimización se basa en maximizar, minimizar o establecer un parámetro tope de las respuestas experimentales, se obtuvieron los siguientes resultados preliminares.

Tabla 12

Valores mínimos y máximos observados con el modelo

Respuesta	Mínimo Observado	Máximo Observado
Acidez	0.8	1.4
Consistencia	4.5	16.17
pH	5.71	6.62

En la tabla 12, se muestra los valores mínimos y máximos de pH, acidez y consistencia que se logran con el modelo es decir los valores a los cuales el modelo es capaz de predecir con la combinación de los factores en estudio y sus niveles.

Tabla 13*Deseabilidad establecida y meta propuesta para la optimización*

	<i>Deseabilidad</i>	<i>Deseabilidad</i>		<i>Pesos</i>	<i>Pesos</i>	
<i>Respuesta</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Meta</i>	<i>Primero</i>	<i>Segundo</i>	<i>Impacto</i>
Acidez	0.8	1.4	Minimizar	1.0		3.0
Consistencia	4.5	16.17	Minimizar	1.0		3.0
pH	5.71	6.62	6.62	3.0	3.0	3.0

La siguiente tabla 13 nos muestra las decisiones tomadas para el proceso de optimización para lo cual dado que se necesita que la acidez de la carne pollo con recubrimiento no se altere se decidió minimizar esta respuesta, en el caso de la consistencia debido a que a medida que el recubrimiento es más consistente forma una capa más densa sobre la carne de pollo y esto no permite que el recubrimiento seque de forma rápida y homogénea por lo cual se decidió minimizar también esta variable, para el caso del pH este valor debe permanecer lo más cercano a la inocuidad y esto se logra con el valor de 7 sin embargo como se observó en la tabla 13 los valores mínimos a los que llega el modelo es 5.71 y el máximo es 6.62 se decidió que la optimización se realice basado en el mayor valor de pH y el más cercano a 7, buscando la combinación más optima que nos permita obtener los parámetros planteados para cada respuesta experimental.

Esta serie de pasos es el proceso que permite determinar la combinación de los factores experimentales que simultáneamente optimiza las respuestas experimentales establecidas en este estudio, para lo cual se maximiza la función de ‘deseabilidad’.

En la tabla 13 se muestra la función de ‘deseabilidad’ evaluada en cada punto del diseño. Entre los puntos de diseño, la deseabilidad máxima se alcanza en el tratamiento 11 (52.5%) para 1.3 (Cahuaya et al., 2022) de acidez, 6 (McHugh & Krochta, 2021) de consistencia y 6.62 de pH.

Tabla 14*Respuestas experimentales pH, consistencia, acidez y deseabilidad*

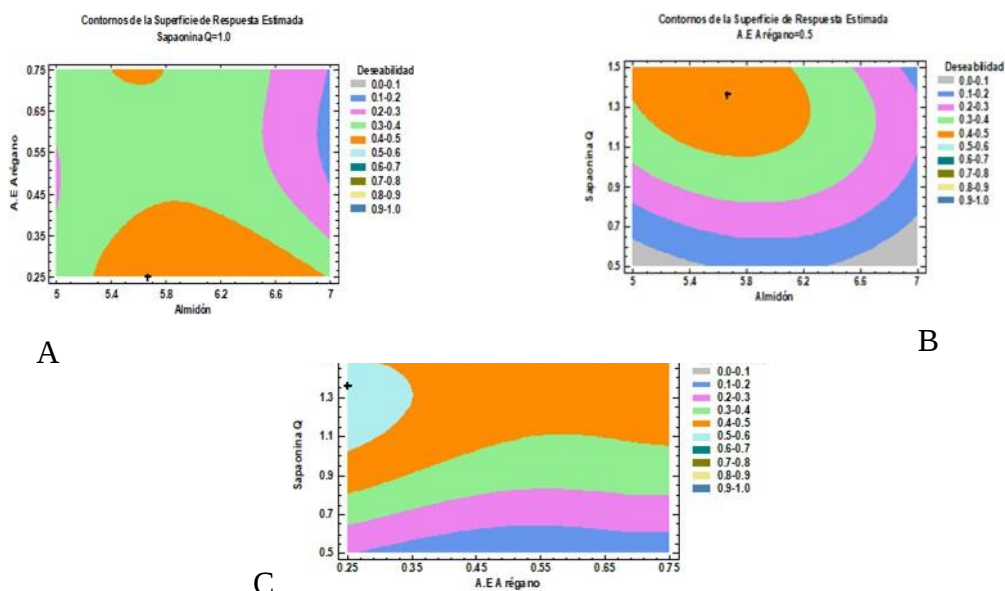
<i>Fila</i>	<i>Acidez</i>	<i>Consistencia</i>	<i>pH</i>	<i>Deseabilidad</i>	
				<i>Prevista</i>	<i>Observada</i>
1	1.0	12.17	6.19	0.327878	0.322477
2	1.0	7.33	6.09	0.395014	0.332536
3	1.1	11.33	6.37	0.359618	0.42929
4	1.2	10.5	6.09	0.194588	0.227618
5	1.0	15.33	5.8	0.0309093	0.0359396
6	1.1	5.0	5.71	0.0	0.0
7	0.8	10.5	6.1	0.412953	0.33692
8	1.4	4.5	5.99	0.160512	0.0
9	1.2	14.5	6.15	0.201654	0.175356
10	1.2	16.17	5.97	0.132551	0.0
11	1.3	6.0	6.62	0.498378	0.525654
12	1.1	7.0	6.24	0.415114	0.42657
13	0.9	6.5	6.19	0.376776	0.46622
14	1.2	7.67	5.99	0.376776	0.191952
15	1.0	9.0	6.3	0.376776	0.4815

4.6 Optimizar Deseabilidad

La optimización de la deseabilidad se basa en la optimización del modelo obtenido para cada una de las respuestas experimentales mediante la combinación de los diferentes niveles de los factores en estudio en valores óptimos que generan un porcentaje de deseabilidad de los valores encontrados (figura 6).

Figura 6

Contornos de superficie de respuesta obtenidas para la deseabilidad, alternando los componentes: Saponina de quinua (A); Aceite esencial de orégano(B) y Almidón (C)Observada



En la figura, se muestra la combinación de niveles de los factores que maximiza la función de deseabilidad y a su vez nos permite obtener el óptimo, para el caso de la gráfica A, el factor saponina de quinua se mantienen en el nivel (solución al 1 %) en tanto que el factor aceite esencial de orégano se encuentra en el nivel (0.25 mL) y el factor Almidón se muestra en el nivel (solución al 5.67 %) en este punto (cruz negra) y región naranja se obtienen una deseabilidad del 40-50 %.

En el caso de la figura B, el factor saponina de quinua se mantienen en el nivel (solución al 1.45 %) en tanto que el factor aceite esencial de orégano se encuentra en el nivel (0.5 mL) y el factor Almidón se muestra en el nivel (solución al 5.67 %) en este punto (cruz negra) y región naranja se obtienen una deseabilidad del 40-50 %.

En la figura C, el factor saponina de quinua se mantienen en el nivel (solución al 1.45 %) en tanto que el factor aceite esencial de orégano se encuentra en el nivel (0.25 mL) y el factor Almidón se muestra en el nivel (solución al 6 %) en este punto (cruz negra) y región naranja se obtienen una deseabilidad del 50-60 %.

Como se puede establecer la mejor combinación de los niveles de los factores se obtienen con la combinación de la figura C la cual nos muestra que se puede lograr una deseabilidad que se encuentra entre el 50 – 60 %.

4.6.1 Establecimiento de los óptimos

Al efectuar la optimización de la deseabilidad se encontró que los niveles óptimos para lograr 55.63 % de deseabilidad en el diseño son: una solución de almidón al 5.66 %, 0.25 mL de aceite esencial de orégano y una solución de 1.36 % de saponina de quinua (Tabla 15).

Tabla 15

Niveles Óptimos de los factores estudiados luego del tratamiento Estadístico

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Almidón	5.0	7.0	5.6674
A.E Orégano	0.25	0.75	0.25
Saponina Q	0.5	1.5	1.36215

Además, el tratamiento estadístico muestra que con esos niveles recalculados se puede lograr una acidez de 1.13 (Cahuaya et al., 2022), una consistencia de 8.94 y un pH de 6.48 estos valores encontrados se encuentran diferentes a los encontrados en el tratamiento 11, sin embargo, se ajustan a las condiciones de acercarnos lo más próximos al pH de 7 sacrificando un poco la consistencia, pero manteniendo la baja acidez (tabla 15).

Tabla 16

Valores óptimos de las respuestas experimentales basados en la máxima deseabilidad

<i>Respuesta</i>	<i>Óptimo</i>
Acidez	1.13349
Consistencia	8.94506
pH	6.48842

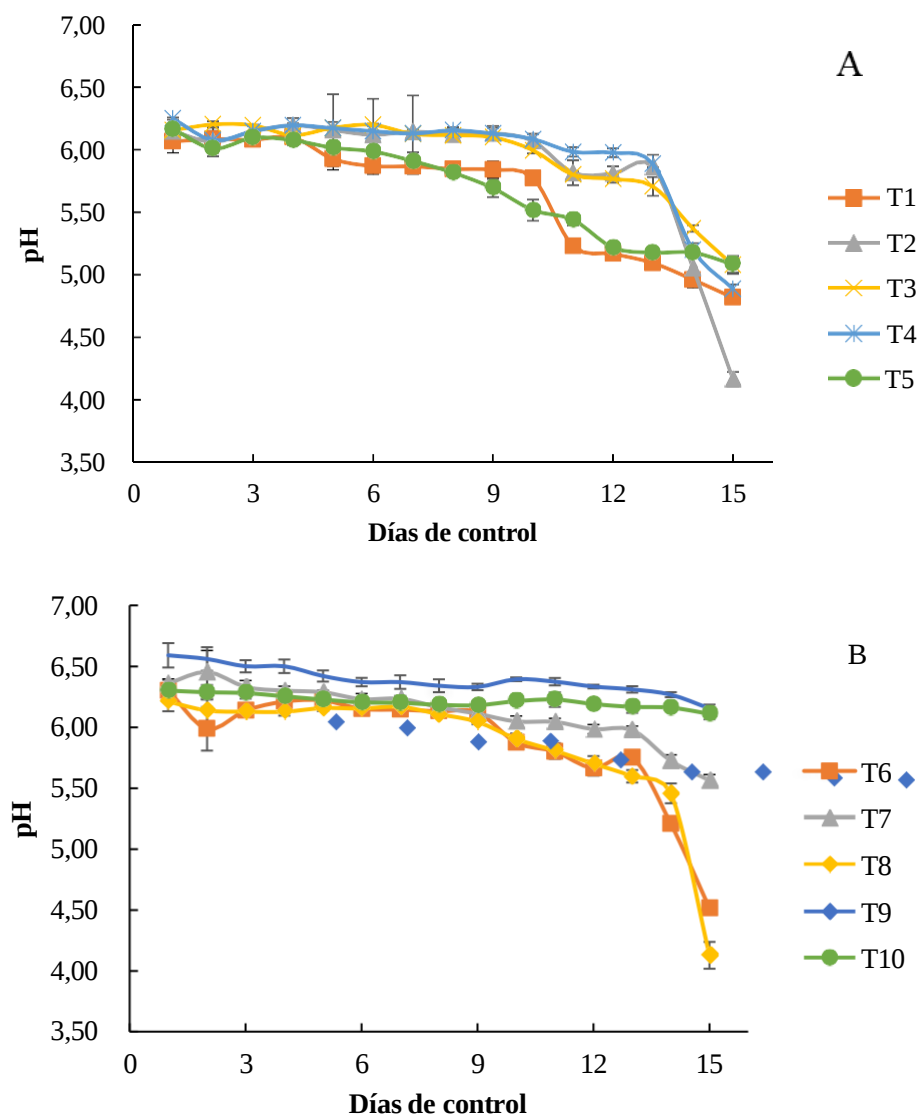
4.7 Evaluación de la calidad de la carne de pollo aplicada el recubrimiento bioactivo

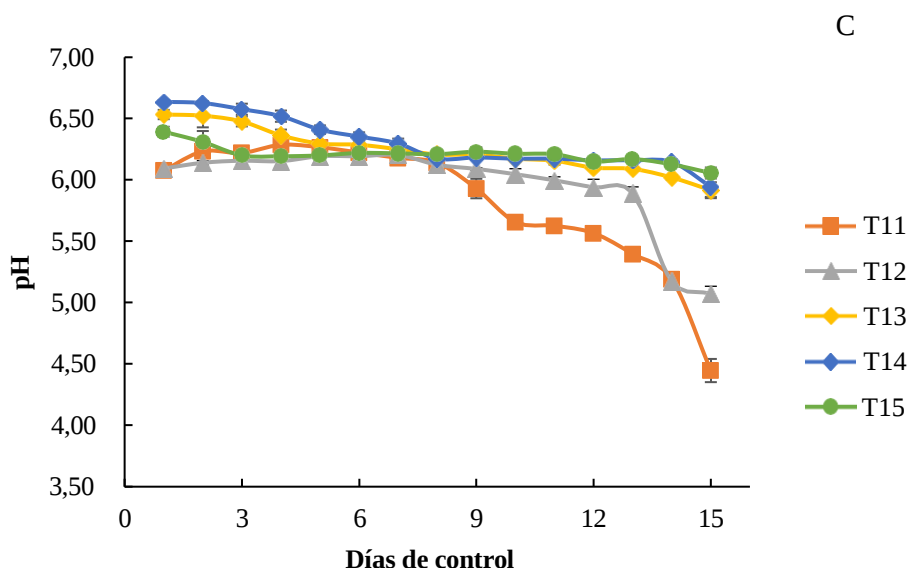
Para la evaluación de la calidad de la carne de pollo se le aplicó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la figura 7, además se monitoreo el pH y la acidez de la carne durante 15 días, con estos resultados se escogieron tres tratamientos y se les realizo pruebas microbiológicas y se evaluó la capacidad antioxidante de los recubrimientos seleccionados

4.7.1 Monitoreo del pH en la carne de pollo con recubrimiento bioactivo

Figura 7

Monitoreo del pH en la carne de pollo aplicada el recubrimiento durante 15 días





En la figura A, se representa los cinco primeros tratamientos en estudio, los cuales permanecen estables en el valor del pH hasta el día 5, observándose una variabilidad mínima (6 - 6.13). A partir del día 10 hasta el día 15 el valor de pH comienza a decaer siendo este decaimiento más prominente en los tratamientos T2 (4.16) en tanto que en el resto de tratamiento el descenso llega entre (5.3 a 4.88). En la figura B, se representa los tratamientos del 6 al 10 en estudio, en este caso los tratamientos T9 y T10 permanecen estables a lo largo de los 15 días que se realizó el monitoreo permaneciendo en un pH de 6.59 a 6.11, por su parte el tratamiento T7 comenzó a decaer a partir del día 11 llegando a un pH de 5.5 partiendo de un pH de 6.4. Por su parte los tratamientos T6 y T8 su decaimiento comenzó a partir del día 9 llegando a un pH de 4.1 – 4.5 respectivamente partiendo de un pH de 6.4. De igual forma en la figura C, se representa los tratamientos del 11 al 15 en estudio, para este caso se puede establecer que el tratamiento T15 es el más estable permaneciendo en un rango de pH de 6.3 a 6; Además los tratamientos T13 y T14 experimentan un descenso en el pH a partir del día 8, sin embargo es de descenso no se muestra muy pronunciado dado que estos tratamientos comenzaron con un pH inicial de 6.5 y llegando a un pH de 6 luego de los 15 días de monitoreo. Finalmente, los tratamientos T12 y T11 experimentan un descenso más pronunciado comenzando a ser observable a partir del día 8 llegando a un pH de 5 y 4.5 respectivamente, el recubrimiento cumplió con su función de conservar la carne de pollo, como se muestra en la Norma INEN 056 el pH para la carne es de 6 a 7 y este cumplió su funcionamiento al quinto día, ya que en el día 15 el pH se volvió muy ácido 4.82 ± 0.04 .

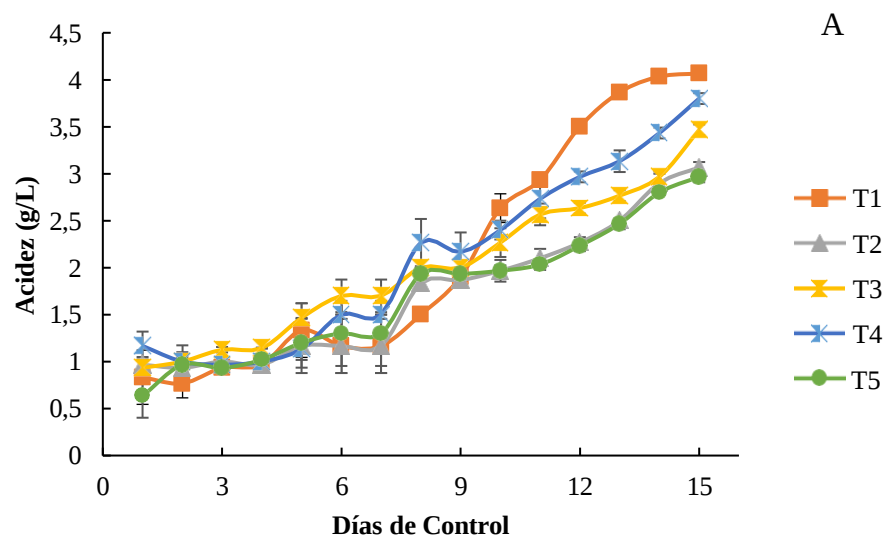
4.7.2 Monitoreo de la Acidez en la carne de pollo con recubrimiento bioactivo

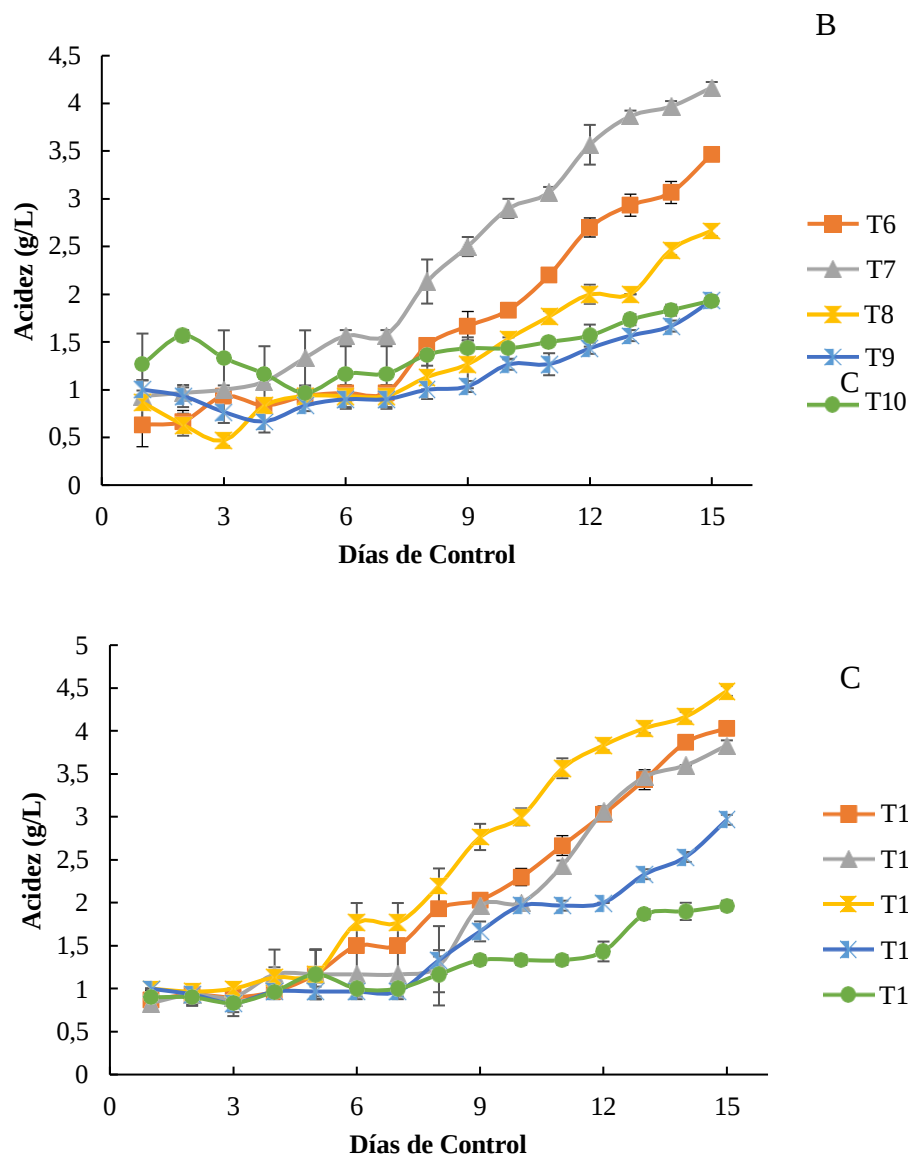
Este monitoreo permite inferir el grado de deterioro microbiológico y bioquímico en el producto, dado que el aumento de acidez está asociado principalmente con la degradación de proteínas y lípidos, así como con el crecimiento de microorganismos contaminantes (Gram et al., 2002).

El monitoreo de la acidez en carne de pollo es clave para evaluar el deterioro microbiológico y bioquímico, ya que una acumulación de compuestos ácidos puede ser indicativa de contaminación, descomposición o pérdida de calidad sensorial; Además es una herramienta esencial para asegurar la estabilidad del alimento durante su conservación, especialmente cuando se emplean tecnologías como recubrimientos bioactivos. Su uso no solo busca prolongar la vida útil, sino también mantener la seguridad microbiológica sin el uso de conservantes sintéticos (FAO, 2025).

Figura 8

Monitoreo de la Acidez en la carne de pollo aplicada el recubrimiento durante 15 día





La figura A muestra el comportamiento de la acidez en carne de pollo tratada con recubrimientos bioactivos durante 15 días de almacenamiento. Se observa un patrón creciente en todos los tratamientos, reflejando una acidificación progresiva, común en productos cárnicos almacenados, debido a procesos como la descomposición proteica y el metabolismo microbiano residual.

Durante los primeros días (1–6), los tratamientos mantienen niveles de acidez bajos (0.8–1.5), indicando que los recubrimientos ejercen un efecto inicial de protección antimicrobiana, probablemente gracias a la acción de los compuestos fenólicos presentes en el aceite esencial de orégano y la saponina de la quinua (Del Toro et al., 2018).

A partir del día 7, la acidez comienza a aumentar de forma más notoria, especialmente en el tratamiento T1, que alcanza un valor cercano a 4.2 hacia el día 15. Este incremento podría estar asociado a una menor concentración de agentes bioactivos en ese tratamiento, lo que

habría permitido mayor actividad microbiana y, por ende, mayor formación de compuestos ácidos como resultado de la degradación de proteínas (Oliveira et al., 2015).

En contraste, los tratamientos T2 a T5 muestran incrementos más controlados, llegando a valores entre 2.8 y 3.5, lo que sugiere que las concentraciones más altas de saponina y aceite esencial ejercen un efecto más prolongado en la inhibición microbiana, evitando la acumulación rápida de metabolitos ácidos (Ayala et al., 2008).

En la gráfica B, la tendencia general indica que, con excepción de algunos tratamientos, la mayoría muestra un aumento progresivo de acidez a partir de los primeros 6 a 9 días de monitoreo, lo que refleja procesos bioquímicos y microbiológicos típicos del deterioro cárnico (Jay et al., 2005).

Los tratamientos T9 y T10 presentan una estabilidad destacable, con acidez contenida entre 1.0 y 2.0 unidades hasta el día 15. Este comportamiento sugiere una efectividad prolongada del recubrimiento bioactivo, probablemente asociado a una mayor concentración o mejor combinación de saponinas y compuestos fenólicos del aceite esencial de orégano, conocidos por inhibir el crecimiento de bacterias alterantes como *Pseudomonas* spp. y *Enterobacteriaceae* (Del Toro et al., 2018; Oliveira et al., 2015).

En cambio, el tratamiento T7 comienza a mostrar un aumento pronunciado de la acidez a partir del día 10, alcanzando valores superiores a 4.0 al final del almacenamiento. Esto indica un menor control microbiano, posiblemente debido a una menor eficacia del recubrimiento, lo que permite la proliferación bacteriana y la consiguiente producción de metabolitos ácidos como ácidos grasos libres, compuestos sulfurosos y aminas volátiles (Gram et al., 2002).

Los tratamientos T6 y T8 presentan un comportamiento intermedio. Ambos muestran un aumento progresivo de acidez a partir del día 7–9, alcanzando valores entre 2.6 y 3.5 hacia el final del estudio. Esto sugiere que, aunque las formulaciones tienen algún efecto inhibitorio, este se vuelve menos eficaz en etapas avanzadas del almacenamiento, lo que podría estar relacionado con la pérdida de integridad del recubrimiento o el agotamiento de los compuestos activos (Ayala et al., 2008).

Por su parte en la gráfica C, se muestra los tratamientos del T11-T15; El tratamiento T15 destaca por su estabilidad a lo largo del período, manteniéndose dentro de un rango de acidez bajo (aproximadamente 1.0 a 2.0). Esto indica un efecto conservante más eficaz,

posiblemente debido a una mayor concentración de los compuestos bioactivos en la formulación.

Estos resultados subrayan la importancia de la formulación y estabilidad de los recubrimientos bioactivos en productos cárnicos, ya que una liberación controlada y sostenida de agentes antimicrobianos puede ser clave para mantener la calidad microbiológica y sensorial del alimento (Altiok et al., 2010). En este contexto, la acidez se posiciona como un indicador indirecto útil para estimar el deterioro del producto y la eficacia del tratamiento aplicado.

4.7.3 Análisis Microbiológicos a los tratamientos seleccionados

Estos resultados subrayan la importancia de la formulación y estabilidad de los recubrimientos bioactivos en productos cárnicos, ya que una liberación controlada y sostenida de agentes antimicrobianos puede ser clave para mantener la calidad microbiológica y sensorial del alimento (Altiok et al., 2010). En este contexto, la acidez se posiciona como un indicador indirecto útil para estimar el deterioro del producto y la eficacia del tratamiento aplicado.

Tabla 17

Prueba microbiológica de Coliformes Totales y Mesófilos Aerobios en el tratamiento 9,10 y 15

Pruebas Microbiológicas	Tratamientos				Nivel de aceptación NTE INEN 1338:2012
	T9	T10	T15	Unidad	
Aerobios	$5,4 \times 10^2$	$1,21 \times 10^2$	$3,46 \times 10^2$	UFC/g	1×10^6
Mesófilos					
Coliformes	$5,5 \times 10^1$	$6,9 \times 10^1$	$7,8 \times 10^1$	UFC/g	1×10^2
Totales					

Nota:

T9: solución al 6 % de almidón, 0.25 mL de aceite esencial de orégano solución al 0.5 % de saponina de quinua.

T10: solución al 6 % de almidón, 0.75 mL de aceite esencial de orégano y solución al 0.5 % de saponina de quinua

T15: solución al 6 % de almidón, 0.5 mL de aceite esencial de orégano solución al 1 % de saponina de quinua.

En la tabla 17, se puede observar los resultados obtenidos para los tres tratamientos seleccionados (T9, T10 y T15) en la pruebas microbiológicas de Aerobios Mesófilas y Coliformes totales, estos resultados nos muestran que la carne de pollo con recubrimiento activo no superan el nivel de aceptación que exige la normativa NTE INEN 1338:2012 para productos cárnicos de consumo humano, lo que indica que no existe riesgo microbiológico en la carne de pollo en estudio y por lo tanto es apta para su consumo.

Discusión

Los resultados del análisis microbiológico confirman la eficacia de los tratamientos T9, T10 y T15 en el control del crecimiento microbiano en carne de pollo durante el período de almacenamiento. En todos los casos, los recuentos de aerobios mesófilos se mantuvieron por debajo de $5,4 \times 10^2$ UFC/g, muy por debajo del límite de aceptación de 1×10^6 UFC/g establecido para carnes (ICMSF, 2005), lo que indica una buena calidad microbiológica. De manera similar, los coliformes totales estuvieron en un rango de $5,5 \times 10^1$ a $7,8 \times 10^1$ UFC/g, también por debajo del nivel máximo permitido de 1×10^2 UFC/g, lo que sugiere buenas prácticas higiénicas y una efectiva acción antimicrobiana de los recubrimientos bioactivos.

Estos resultados coinciden con las observaciones anteriores sobre la estabilidad de la acidez en estos tratamientos (ver figura A y B), lo que refuerza la hipótesis de que la combinación de saponinas de quinua y aceite esencial de orégano en los recubrimientos inhibe de manera significativa el crecimiento de bacterias alterantes y coliformes. Este efecto se ha atribuido a la acción sinérgica de los compuestos fenólicos del orégano (como el carvacrol y el timol) y las saponinas, que alteran la permeabilidad de las membranas celulares bacterianas y generan desequilibrios osmóticos (Burt, 2004).

En consecuencia, los tratamientos T9, T10 y T15 no solo presentan una menor variación en la acidez, sino también una alta estabilidad microbiológica, lo que los posiciona como opciones prometedoras para prolongar la vida útil de la carne de pollo sin recurrir a conservantes sintéticos.

4.7.4 Actividad Antioxidante presente en el aceite esencial de orégano, saponina de quinua y en los tres tratamientos de recubrimiento activo seleccionados.

En la Tabla 17, se presentan los valores promedio y desviación estándar de la capacidad antioxidante, expresada en μM Trolox Eq/ 100 g, del aceite esencial de orégano (AEO), saponina de quinua (SQ) y los tratamientos seleccionados T9, T10 y T15, determinados mediante el método ABTS⁺.

Tabla 18

Valores de actividad antioxidante por el Método de ABTS⁺

Muestras	$\bar{x}$		σ
AEO	2031.3	$\pm$	37.7
SQ	1510.4	$\pm$	349.8
T9	737.5	$\pm$	246.0
T10	739.6	$\pm$	199.6
T15	718.7	$\pm$	146.2

Nota

T9: solución al 6 % de almidón, 0.25 mL de aceite esencial de orégano solución al 0.5 % de saponina de quinua.

T10: solución al 6 % de almidón, 0.75 mL de aceite esencial de orégano y solución al 0.5 % de saponina de quinua.

T15: solución al 6 % de almidón, 0.5 mL de aceite esencial de orégano solución al 1 % de saponina de quinua.

El aceite esencial de orégano mostró la mayor actividad antioxidante con un valor de $2031.3 \pm 37.7 \mu\text{M TE}/100 \text{ g}$, seguido por la saponina de quinua ($1510.4 \pm 349.8 \mu\text{M TE}/100 \text{ g}$), lo que confirma su reconocido potencial antioxidante (Martos et al., 2009; Teixeira et al., 2013).

En cuanto a los tratamientos formulados con recubrimientos bioactivos, se observó que T10 (con mayor proporción de AEO) registró una capacidad antioxidante ligeramente superior ($739.6 \pm 199.6 \mu\text{M TE}/100 \text{ g}$) respecto a T9 ($737.5 \pm 246.0 \mu\text{M TE}/100 \text{ g}$) y T15 ($718.7 \pm 146.2 \mu\text{M TE}/100 \text{ g}$), aunque sin diferencias marcadas entre ellos. Estos resultados sugieren que tanto el aceite esencial como la saponina contribuyen sinérgicamente a la actividad

antioxidante del sistema, aunque diluidos en la matriz del recubrimiento su efecto se ve atenuado.

La capacidad antioxidante en estos tratamientos podría estar asociada con el retardo en el aumento de la acidez y el control microbiológico observado durante los 15 días de monitoreo, ya que los compuestos fenólicos presentes en el AEO y los triterpenoides de la saponina han demostrado propiedades protectoras contra la oxidación y proliferación microbiana (Bounatirou et al., 2007; Burt, 2004).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se logró determinar la formulación adecuada para la elaboración del recubrimiento bioactivo a partir de la combinación de almidón de papa (5, 6 y 7%), saponina de quinua (0,75, 1 y 1,5%) y aceite esencial de orégano (0,25, 0,50 y 0,75%), siguiendo el método de Escobar. Para ello, se realizaron 15 tratamientos experimentales, cuyos resultados fueron evaluados con base en tres parámetros físico-químicos fundamentales: pH, acidez y consistencia. El análisis de los resultados permitió observar variaciones significativas entre las diferentes formulaciones, destacando aquellas que lograron un equilibrio entre un pH moderado, una acidez adecuada y una consistencia óptima para su aplicación como recubrimiento.

El recubrimiento bioactivo elaborado a partir de almidón de papa, saponina de quinua y aceite esencial de orégano se le realizaron características físico-químicas y mecánicas. En relación con el pH, se identificó que la saponina de quinua es el único factor con efecto significativo ($p = 0.0319$), mostrando un incremento del pH a medida que aumenta su concentración; el modelo ajustado explica el 82.10 % de la variabilidad de esta variable, lo que indica una buena capacidad predictiva y representatividad. Además, los valores de pH se mantuvieron entre 5.6 y 6.8, dentro del rango considerado seguro e inocuo para aplicaciones comestibles. En cuanto a la acidez, no se encontraron efectos estadísticamente significativos ($p > 0.05$) de ninguno de los factores, los valores 0.8 y 1.4, la consistencia del recubrimiento bioactivo fue significativamente por el almidón de papa ($p = 0.0344$) como por la saponina de quinua ($p = 0.0296$), alcanzando valores entre 4.5 y 16.2. El modelo estadístico ajustado para esta variable explicó el 81.53 % de la variabilidad, que tanto el almidón de papa y saponina de quinua tuvieron comportamientos en el recubrimiento bioactivo.

La aplicación del recubrimiento bioactivo permitió conservar la carne de pollo en buenas condiciones microbiológicas y fisicoquímicas durante al menos cinco días, manteniendo el pH dentro del rango establecido por la norma INEN 056 (6–7). A partir del día 10, se observó una disminución progresiva del pH y un aumento de la acidez, lo que indica el inicio del deterioro del producto. Los tratamientos T9, T10 y T15 destacaron por mantener mejor estabilidad en el pH y menor incremento de acidez, además de cumplir con los límites microbiológicos establecidos en la norma NTE INEN 1338:2012, lo que confirma su eficacia en la inhibición del crecimiento bacteriano, estos tratamientos mostraron buena capacidad antioxidante, lo que ayudó a retrasar la oxidación y el deterioro de la carne.

5.2 Recomendaciones

- Al momento de la elaboración de una película o recubrimiento comestible se debe determinar primero la formulación de las cantidades que se va utilizar, lo más importante ver la cantidad de lípido que se utiliza ya que se va a formular una emulsión, y estudios previos, la cantidad de lípidos puede afectar, la acidez, pH y características mecánicas.
- Una vez realizado la película o recubrimiento comestible augurarse de tomar análisis físico químico y consultar en investigaciones realizadas o normativas que siempre debe ser inocuo, ya que estos films se colocaran a productos para conservación.
- Realizar los tratamientos previos de sanitización al producto que se va a colocar el film para que este actúe en conservar, y proteger al alimento, si es un producto vegetal asegurarse de limpiarlo previamente, si es un producto cárnico verificar el lugar donde se ha comprado y limpiarlo adecuadamente, ya que los productos cárnicos son muy sensibles.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1 Bibliografía

- Acevedo, A., & Soliva, R. (2017, June 17). Nanoemulsiones como recubrimientos comestibles. *Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad de Lleida*.
<https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=154770>
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 45(3), 438–469.
<https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>
- Altıok, E., Deniz, B., & Bayraktar, O. (2010). Aislamiento de polifenoles de extractos de hojas de olivo (*Olea europaea* L.) por adsorción sobre fibroína de seda.
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2008.01.022>
- Andrade, J., Acosta, D., Bucheli, M., & Luna, G. (2013). Elaboración y evaluación de un recubrimiento comestible para la conservación postcosecha del tomate de árbol *Cyphomandra betacea* Cav. Sendt. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30(2), 60–72.
- Apriyanto, A., & Fettke, J. (2022). Una revisión del almidón, un biopolímero único: estructura, metabolismo y modificaciones in planta.
<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2022.111223>
- Arcila, C., Loarca, G., Lecona, S., & González, E. (2021). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.2289>
- Ayala, F., Wang, S., Wang, C., & Gonzalez, G. (2008). Efecto de las temperaturas de almacenamiento sobre la capacidad antioxidante y los compuestos aromáticos en la fruta de fresa. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.03.002>
- Bello, D. (2022). “Efecto de un recubrimiento comestible de almidón de papa ‘*Solanum tuberosum*’ y aceite de orégano ‘*Origanum vulgare*’ en la conservación de pechugas de pollo.” Universidad Politécnica Estatal Del Carchi.
- Bósquez, M., & Vernon, C. (2005). Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera de candelilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 4(2), 157–162.
<https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62040203>

- Bounatirou, S., Smiti, M., Faleiro, L., Rejeb, M., & Neffati, M. (2007). *Composición química, actividades antioxidantes y antibacterianas de los aceites esenciales aislados de Thymus capitatus tunecino Hoff.*
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.059>
- Burt, S. (2004). *Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Cahuaya, Y., Ticona, O. R., & Quiroga, B. M. (2022). Recubrimiento de la frutilla (*Fragaria* sp.) a base de proteína comestible en estado de poscosecha. *Cibum Scientia*, 1(2), 105–113. <https://doi.org/10.53287/exub8510tk71g>
- Castro, A. (2014). *Efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles en la calidad poscosecha de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.)* [Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6103>
- CDC, C. for D. C. and P. (2013). *Centers for Disease Contril and Prevention [CDC]*.
<https://www.cdc.gov/>
- Cenobio, A. de J., Vargas, K., Rodríguez, I., Hernández, I., & Campos, R. (2024). Almidón como recubrimiento para alargar la vida de alimentos origen vegetal: una revisión. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 10(19), 27–31.
<https://doi.org/10.29057/icap.v10i19.11039>
- Del Toro, C., Cornejo, Y. I., Martínez-Cruz, O., Wong-Corral, F. J., Borboa-Flores, J., & Cinco-Moroyoqui, F. J. (2018). The structural characteristics of starches and their functional properties. *CYTA - Journal of Food*, 16(1), 1003–1017.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>
- Díaz, R. (2015). *Films biodegradables antimicrobianos a bse de almidóno y gelatina.* 2–10. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10251/56543>.
- Escobar, D., Sala, A., Harispe, R., & Márquez, R. (2011). Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *Innotec*, 4(4), 33–36. <https://doi.org/10.26461/04.07>
- FAO. (2025). *Codex Alimentarius*.

- Galus, S., & Kadzinska, J. (2015). *Aplicaciones alimentarias de películas y recubrimientos comestibles a base de emulsiones*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.011>
- Giannenas, I., Bonos, E., & Florou, P. (2022). *Orégano: Un aditivo alimentario con propiedades funcionales*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811517-6.00006-4>
- Gijón, A. (2010). *Propiedades de formación de películas de mezclas λ carragenina-quitosano en relación con sus propiedades viscoelásticas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. de México.
- Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., & Bruhn, J. (2002). *Deterioro de los alimentos: interacciones entre las bacterias que causan el deterioro de los alimentos*.
[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00233-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00233-7)
- Hernández, & Aguirre. (2011). Uso de aceites esenciales y extractos de especias en la protección de la carne. *Asociación de Científicos y Tecnólogos de Alimentos*.
- Huff, K. (2020). Envases activos e inteligentes para alimentos. *Centro Tecnológico Del Plástico*, 1–6. <https://doi.org/https://www.iopp.org/files/public/VirginiaTechKarleigh>
- Jay, J., Golden, D., & Springer, J. (2005). *Evaluación de la calidad microbiana y microorganismo predominante del biltong producido en carnicerías de Gaborone, Botsuana*. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.33048>
- Kadir, O. (2016, March 13). Propiedades físicas y antimicrobianas de las nanoemulsiones cargadas con aceite de anís en la supervivencia de patógenos transmitidos por los alimentos. *Department of Seafood Processing Technology, Fisheries Faculty of Akdeniz University in Antalya, Turkey*.
- Martos, M., Ruiz, Y., Sanchez, E., & Fernandez, J. (2009). *Actividad antioxidante de los aceites esenciales de cinco plantas de especias ampliamente utilizadas en la dieta mediterránea*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ffj.1951>
- McHugh, H., & Krochta, J. (2021). *Propiedades de permeabilidad al vapor de agua de películas de emulsión de lípidos y proteína de suero comestibles*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF02638058>
- Mera, C. (2020). *“Caracterización química del aceite esencial de orégano como agente*

bioconservador en alimentos.”

- Milán, V., & Grujić, S. (2017). *Aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la producción de alimentos* (S. Cham (ed.)). https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-62767-0_7
- Miranda, W., Calle, E., Flores, L. C., Impanaque, D., Lopez, L., Sánchez, M., & Sánchez, J. A. (2020). Consistómetro Bostwick como una herramienta visual de control de calidad para alimentos espesados. *Ucv-Hacer*, 9(1), 29–34. <https://doi.org/10.18050/ucv-hacer.v9i1.2339>
- Montaño, E. (2015). *Desarrollo de un recubrimiento comestible de quitosano y té verde para conservar la calidad de la carne de cerdo en refrigeración.*
- Morris, B. (2003). The components of the wired spanning forest are recurrent. *Probability Theory and Related Fields*, 125(2), 259–265. <https://doi.org/10.1007/s00440-002-0236-0>
- Muñiz, D., Wong, J., Aguilar, P., & Rojas, R. (2017). Aplicación de recubrimientos comestibles a base de pectina, glicerol y cera de candelilla en frutos cultivados en la Huasteca Potosina. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 4(10), 20–28. <https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/329057937>
- Ojagh, S., Rezaei, M., Razavi, S., & Mohamad, S. (2010). *Efecto de recubrimientos de quitosano enriquecidos con aceite de canela sobre la calidad de la trucha arcoíris refrigerada.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.006>
- Oliveira, C., Silva, A., Tilbur, M., & Fernandes, C. (2015). *Evaluación de la calidad de la carne de cabras jóvenes alimentadas durante largos periodos con torta de ricino desaceitada.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.03.008>
- OMS, O. M. la S. (2022). *Organización Mundial de la Salud [OMS]*. <https://www.who.int/es>
- Osorio, F. A., Molina, P., Matiacevich, S., Enrione, J., & Skurtys, O. (2011). Characteristics of hydroxy propyl methyl cellulose (HPMC) based edible film developed for blueberry coatings. *Procedia Food Science*, 1, 287–293. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.045>

- Peréz, L., Cifuentes, M., Franco, A., & Andrade, R. (2020). *Desarrollo y caracterización de películas comestibles a base de almidón nativo de yuca, cera de abejas y propóleo*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.09.002>
- Pilaquinga, M. F. (2020). Revisión de la actividad antiviral in vitro de plantas sudamericanas como potencial tratamiento contra el virus SARS-CoV-2. *InfoANALÍTICA*, 14–47. <https://doi.org/10.26807/ia.vi.180>
- Pramila, U., Munekata, P., Verma, A., Barba, F., & Pavan, K. (2020). *Películas/recubrimientos comestibles con propiedades personalizadas para el envasado activo de carne, pescado y productos derivados*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.032>
- Quelal, M. B. (2020). *Evaluación de la actividad antioxidante hidrofílica en muestras liofilizadas de papa*. <https://doi.org/2504996>
- Ruiz, J. (2019). *Optimización del proceso de extracción de saponinas del escarificado de quinua (Chenopodium quinoa willd) asistido por ultrasonido, y caracterización* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://doi.org/20.500.12894/5400>
- Santos, M., Jiménez, J., & Balois, R. (2023). *Evaluation of starch as an edible coating on phenolic compounds and antioxidant activity in guanabana (Annona muricata L.) fruits*. <https://doi.org/https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4.443>
- Serna, L., Vargas, B., & López, J. (2020). *Potencial Agroindustrial del Mango (Mangifera Indica) Variedad Cáscara Criollo*. <https://doi.org/https://47220489>
- Solano, L. G., Alamilla, L., & Jiménez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 21, 30. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Suput, D., Lazic, V., & Popovic, S. (2015). *Películas y recubrimientos comestibles: fuentes, propiedades y aplicaciones*. 11–22. <https://doi.org/10.5937/FFR1501011S>
- Swarup, R., Zhang, W., Biswas, D., Rejish, R., & Whan, J. (2023). *Películas y recubrimientos funcionales con extracto de semilla de pomelo añadido para aplicaciones de envasado activo: una revisión*. <https://doi.org/doi.org/10.3390/molecules28020730>

- Teixaeira, B., Marques, A., Ramos, C., & Neng, N. (2013). *Composición química y propiedades antibacterianas y antioxidantes de aceites esenciales comerciales*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.07.069>
- Valdés, F., Bautista, S., Ocampo, A., & Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas Eatable films and coverings: a favorable alternative in the postharvesIng. conservation of fruits and vegetables. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52–57. <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93241559008>
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Functional properties of potato (*Solanum tuberosum*) starch and its chemical modification by acetylation. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 223–230. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>
- Villafuerte, F., Ortega, Angulo, C., & Enríquez, C. (2021). *Influencia del uso de recubrimientos comestibles en la conservación poscosecha de productos hortofrutícolas. Influence of the use of edible coatings on the post-harvest preservation of horto-fruit products*. 43–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.47187/n82r1084>

CAPITULO VII

ANEXOS

Figuras 1 Extracción de saponina de quinua (*Chenopodium quinoa*)

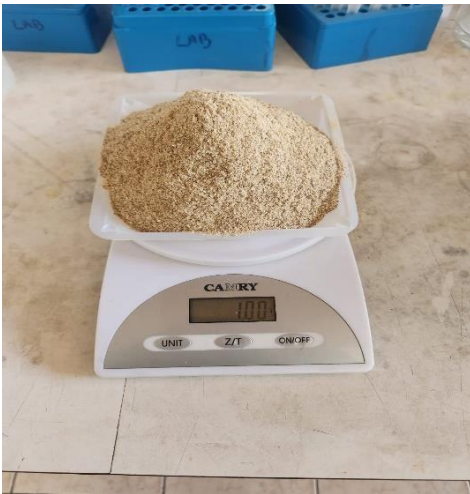


Figura 1 Peso de cascarilla de quinua



Figura 2 Inmersión de la cascarilla en agua



Figura 3 Mezcla de cascarilla de quinua



Figura 4 Colocación de la saponina en el filtro



Figura 5 Filtración de la saponina de quinua

Figuras 2 Extracción de aceite esencial de orégano

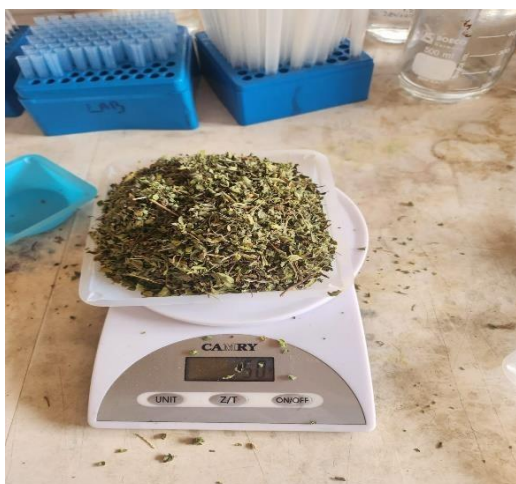


Figura 6 Peso de las hojas de orégano



Figura 7 Molienda de las hojas



Figura 8 Polvo de orégano



Figura 9 Colocación del polvo de orégano en frasco



Figura 10 Maceración del polvo de orégano

Figuras 3 Elaboración del recubrimiento Bioactivo



Figura 11 Peso del almidón de papa



Figura 12 Medición de almidón de papa



Figura 13 Medición de saponina de quinua



Figura 14 medición de aceite esencial de orégano



Figura 15 Concentración del recubrimiento

Figuras 4 Pruebas físico químicas del Recubrimiento Bioactivo

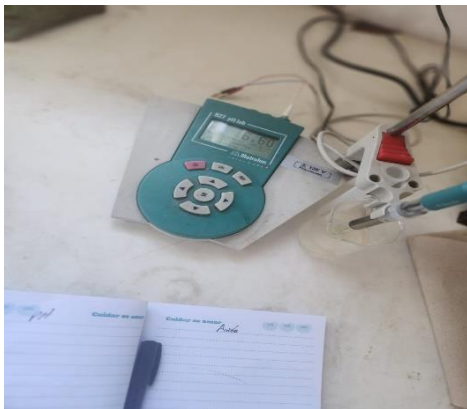


Figura 16 Medición de pH



Figura 17 Medición de acidez



Figura 18 Medición de consistencia

Figuras 5 Pruebas microbiológicas en la carne de pollo con el recubrimiento aplicado



Figura 19 Aplicación del recubrimiento en la carne de pollo



Foto 20 Aplicación el recubrimiento los 15 tratamientos



Figura 21 Prueba microbiológica de Mesófilos y Coliformes

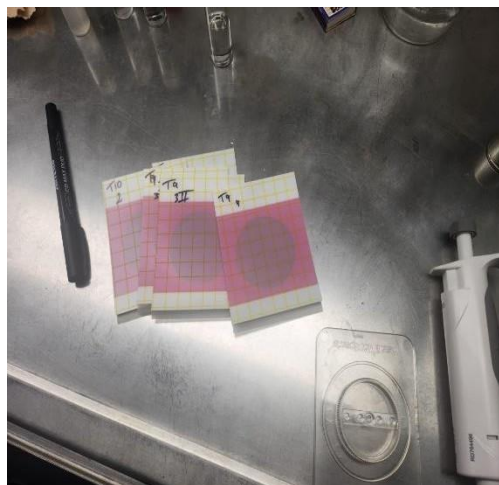


Figura 22 Disoluciones



Figura 23 Incubación

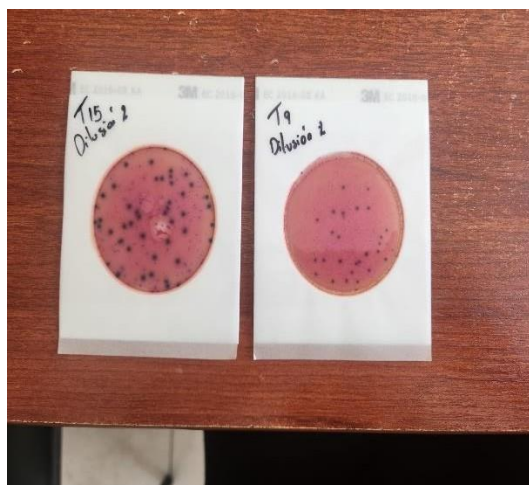


Figura 24 Conteo de mesófilos y Coliformes