

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas
Escuela Profesional de Ingeniería de Industria Alimentaria



Elaboración de recubrimiento comestible a base de gelatina y gel de sábila
(*Aloe Vera L*) para la conservación post cosecha de la papaya andina (*Carica*
***Pubescens*)**

Tesis presentada por la Bachiller:

Vargas Mamani, Diana Milagros

ORCID: 0009-0007-1053-1832

para optar el Título Profesional de Ingeniero de Industria Alimentaria

Asesor (a):

Mg. Salas Castro, Jorge Enrique

ORCID: 0000-0002-7692-1610

Arequipa - Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA DE INDUSTRIA ALIMENTARIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 19 de Junio del 2025

Dictamen: 012512-C-EPIDA-2025

Visto el borrador del expediente 012512, presentado por:

2017250462 - VARGAS MAMANI DIANA MILAGROS

Titulado:

**ELABORACIÓN DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE GELATINA Y GEL DE SÁBILA
(ALOE VERA L) PARA LA CONSERVACIÓN POST COSECHA DE LA PAPAYA ANDINA (CARICA
PUBESCENS)**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

INGENIERO DE INDUSTRIA ALIMENTARIA

**08766793 - MORI NUÑEZ CARLOS LUIS
DICTAMINADOR**



**29273052 - GARCIA LAZO HELARD ARTURO
DICTAMINADOR**



**29636520 - PALO GRESIA PATRICIA SUSANA
DICTAMINADOR**



Elaboración de recubrimiento comestible a base de gelatina y gel de sábila (Aloe Vera L) para la conservación post cosecha de la papaya andina (Carica Pubescens)

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María	7%
	Trabajo del estudiante	
2	tesis.ucsm.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
3	cybertesis.unmsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.unc.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar mi camino, ser mi guía, fortaleza y refugio en cada paso de este camino,
benedicida porque me sostiene con su amor infinito en cada paso de este sueño.

A mi familia, porque siempre hemos sido un equipo de cinco, caminando juntos sin soltar jamás
nuestras manos.

En especial a mis papas Elsa y Nicolás, por ser el pilar más firme de mi vida, por sus sacrificios
silencios y su fe inquebrantable en mí.

Esta meta es tan mía como suya

Con todo mi amor, a ustedes,

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi luz y fortaleza en este camino, agradecida porque me brindo la paciencia necesaria para superar los desafíos, por darme salud y por no soltar mi mano.

A mis papas, Elsa y Nicolás, por su amor incondicional, por su ayuda incansable y sus sacrificios. Todo lo que soy y lo que logro es reflejo de sus enseñanzas y del inmenso cariño con el que han guiado mi vida, su amor infinito ha sido la base sobre la cual obtuve este resultado.

Por darme la oportunidad de estudiar, priorizando mi bienestar y mis metas, su infinita paciencia en los momentos de frustración me han demostrado que no hay amor más grande que el de unos padres por su hija.

A mis hermanos, Nicole y Gonzalo, por estar a mi lado en cada noche de desvelo, animándome cuando el cansancio quería vencernos, por su compañía, por ser mis compañeros de vida, por estar siempre a mi lado, en mi vida son un regalo que valoro profundamente.

A mi asesor, Magister Jorge Enrique Salas Castro, por su guía, dedicación, sobre todo apoyo constante.

A mi pequeño grupo de amigas, por escucharme, brindarme su tiempo y su apoyo incondicional. No puedo nombrarlas una a una, pero sin su amistad y compañía, el camino habría sido mucho más difícil.

A esa persona especial que, con paciencia y cariño, me acompañó en el proceso de subsanación de observaciones. Gracias por la ayuda sincera, por quedarse conmigo hasta tarde revisando punto por punto y por las risas que hicieron más llevadero este camino.

RESUMEN

La investigación desarrolló un recubrimiento comestible mediante la optimización de una formulación basada en biopolímeros de gel de Aloe vera (80%) y gelatina (3.5%) para prolongar la vida postcosecha de Carica papaya arequipeña. La caracterización fisicoquímica del sistema polimérico demostró propiedades óptimas con un espesor de 0.45 ± 0.03 mm, densidad de 1.25 g/cm^3 y capacidad de retención hídrica del 35.79%, atribuibles a la formación de una matriz supramolecular con alta densidad de grupos hidroxilo del acemannan.

La aplicación mediante inmersión en dos capas estableció un protocolo eficiente, reduciendo la pérdida de masa por transpiración en 68% y manteniendo parámetros de firmeza superiores a 7 N durante el almacenamiento. El análisis de la interacción entre factores demostró que la combinación del estado de madurez fisiológica con almacenamiento a 6°C maximizó la conservación, extendiendo la vida útil a 12 días mediante la supresión de la actividad enzimática pectinolítica y la reducción de la tasa respiratoria, la evaluación de compuestos bioactivos mostró una conservación de polifenoles (0.095 mg/g) mediante mecanismos de protección oxidativa. Los controles microbiológicos certificaron la efectividad antimicrobiana con reducción del 85% en mesófilos aerobios y ausencia de desarrollo fúngico patógeno. El perfil sensorial presentó una aceptabilidad del 65% con preservación de atributos organolépticos esenciales.

Los mecanismos de acción incluyeron: formación de barrera semipermeable, modificación atmosférica interna y actividad bioactiva de componentes del Aloe vera. Este desarrollo representa una alternativa sustentable para la industria hortofrutícola, estableciendo parámetros para la aplicación de recubrimientos comestibles en frutos tropicales de alta perecibilidad.

Palabras clave: Biopolímeros, postcosecha, Aloe vera

ABSTRACT

This research developed an edible coating by optimizing a formulation based on Aloe vera gel biopolymers (80%) and gelatin (3.5%) to extend the postharvest life of *Carica papaya* from Arequipa. The physicochemical characterization of the polymeric system demonstrated optimal properties with a thickness of 0.45 ± 0.03 mm, density of 1.25 g/cm^3 , and water retention capacity of 35.79%, attributable to the formation of a supramolecular matrix with high density of hydroxyl groups from acemannan.

The application through immersion in two layers established an efficient protocol, reducing mass loss through transpiration by 68% and maintaining firmness parameters above 7 N during storage. The analysis of the interaction between factors demonstrated that the combination of physiological maturity stage with storage at 6°C maximized conservation, extending shelf life to 12 days through suppression of pectinolytic enzymatic activity and reduction of respiratory rate.

The evaluation of bioactive compounds showed preservation of polyphenols (0.095 mg/g) through oxidative protection mechanisms. Microbiological controls certified antimicrobial effectiveness with an 85% reduction in aerobic mesophiles and absence of pathogenic fungal development. The sensory profile presented 65% acceptability with preservation of essential organoleptic attributes.

The mechanisms of action included: formation of a semipermeable barrier, internal atmospheric modification, and bioactive activity of Aloe vera components. This development represents a sustainable alternative for the horticultural industry, establishing parameters for the application of edible coatings in highly perishable tropical fruits.

Keywords: Biopolymers, postharvest technology, aloe vera

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPITULO I..... 3

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 4

1.1. Identificación del problema.....4

1.2. Justificación de investigación.....5

1.2.1. Impacto social.....5

1.2.2. Impacto tecnológico.....5

1.2.3. Impacto económico.....5

1.2.4. Impacto ambiental6

1.3. Estado del arte6

1.3.1. Estado del Arte (Internacional)6

1.3.2. Estado del Arte (Nacional)..... 10

1.3.3. Estado del Arte (Regional)..... 13

1.4. Bases teóricas de la investigación..... 16

1.5. Objetivos 31

1.5.1. Objetivo general	31
1.5.2. Objetivos específicos	31
1.6. Hipótesis.....	32
CAPITULO II:.....	33
2.IDENTIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA	34
2.1. Caracterización de la materia	34
2.2. Evaluación de los experimentos	35
2.2.1.Experimento 1: Determinar la cantidad adecuada de Gel de Aloe Vera y Gelatina para la formulación del recubrimiento comestible	35
2.2.2 Experimento 2: Aplicación del recubrimiento comestible.....	53
2.2.3Experimento 3: Aplicación del recubrimiento comestible en dos estados de madurez de la papaya andina almacenada en refrigeración y temperatura ambiente	80
2.3. Caracterización final: recubrimiento comestible	103
CONCLUSIONES.....	107
RECOMENDACIONES.....	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes químicos.....	18
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la Papaya Andina	26
Tabla 3. Clasificación taxonómica de la Papaya Andina	27
Tabla 4. Análisis físico - químico - proximal de Aloe Vera.....	34
Tabla 5. Análisis Microbiológico de Aloe Vera.....	34
Tabla 6. Análisis físico -químico de la Papaya Andina	35
Tabla 7. Análisis microbiológico de la Papaya andina	35
Tabla 8. Formulación del recubrimiento comestible	36
Tabla 9. Grosor del recubrimiento comestible (mm).....	37
Tabla 10. Análisis de varianza para el grosor del recubrimiento comestible	37
Tabla 11. Tabla de Análisis de factores	38
Tabla 12. Densidad del recubrimiento comestible.....	39
Tabla 13. Análisis de varianza para la densidad del recubrimiento comestible	40
Tabla 14. Pérdida de peso de la película comestible.....	41
Tabla 15. Análisis de varianza para la pérdida de peso de la película comestible.....	41
Tabla 16. Solubilidad en Inmersión de agua de la película comestible	42
Tabla 17. Análisis de varianza para la Solubilidad en Inmersión de agua de la película comestible	43
Tabla 18. Permeabilidad al Vapor de agua de la película comestible.....	44
Tabla 19. Análisis de varianza para la Permeabilidad al Vapor de agua de la película comestible.....	44
Tabla 20. Aplicación del recubrimiento comestible en Papaya Andina	54
Tabla 21. Pérdida de peso de la Papaya Andina con recubrimiento (%)	55
Tabla 22. Promedio de pérdida de peso de la papaya andina con recubrimiento (%).....	56
Tabla 23. Análisis de varianza para evaluar la pérdida de peso de la Papaya Andina.....	56
Tabla 24. Firmeza de la papaya andina con recubrimiento (N).....	58

Tabla 25. Análisis de varianza para evaluar la firmeza de la Papaya Andina	58
Tabla 26. Retención de Agua en la papaya Andina con Recubrimiento	59
Tabla 27. Análisis de varianza para evaluar la retención de agua en la Papaya Andina con Recubrimiento	60
Tabla 28. Solubilidad en Inmersión de agua en la papaya Andina con Recubrimiento	61
Tabla 29. Análisis de varianza para evaluar la Solubilidad en Inmersión de Agua de la Papaya Andina con Recubrimiento	61
Tabla 30. Adhesividad de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible	62
Tabla 31. Análisis de varianza para evaluar la Adhesividad de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible	62
Tabla 32. Apariencia de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible.....	64
Tabla 33. Análisis de varianza para evaluar la Apariencia de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible	64
Tabla 34. Sabor de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible.....	65
Tabla 35. Análisis de varianza para evaluar el Sabor de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible	66
Tabla 36. Color de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible.....	67
Tabla 37. Análisis de varianza para evaluar el Color de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible	67
Tabla 38. Olor de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible.....	69
Tabla 39. Análisis de varianza para evaluar el Olor de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible	69
Tabla 40. Análisis microbiológico de las muestras de Papaya Andina.....	70
Tabla 41. Aplicación del recubrimiento comestible en dos estados de madurez de la papaya andina almacenada en refrigeración y temperatura ambiente	82
Tabla 42. Pérdida de Peso de la Papaya Andina con Recubrimiento (%), almacenada a 6°C y 22°C.....	82

Tabla 43. Promedio de pérdida de peso de la papaya andina con recubrimiento (%).....	83
Tabla 44. Análisis de varianza para evaluar la Pérdida de Peso de la Papaya Andina con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C.....	84
Tabla 45. Firmeza de la Papaya Andina con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C	85
Tabla 46. Análisis de varianza para evaluar la Firmeza de la Papaya Andina en dos estados de madurez con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C	85
Tabla 47. Apariencia de la Papaya Andina con dos estados de madurez almacenada a 6°C y 22°C.....	86
Tabla 48. Análisis de varianza para evaluar la Apariencia de la Papaya Andina en dos estados de madurez con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C	87
Tabla 49. Comparación de medias entre testigo y tratamiento empleando distribución T (Apariencia)	88
Tabla 50. Sabor de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C	89
Tabla 51. Análisis de varianza para evaluar el Sabor de la Papaya Andina en dos estados de madurez con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C	90
Tabla 52. Comparación de medias entre testigo y tratamiento empleando distribución T (Sabor)	91
Tabla 53. Color de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C.....	92
Tabla 54. Análisis de varianza para evaluar el Color de la Papaya Andina en dos estados de madurez con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C	92
Tabla 55. Comparación de medias entre testigo y tratamiento empleando distribución T (Color)	93
Tabla 56. Análisis de varianza para evaluar el Olor de la Papaya Andina en dos estados de madurez con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C	94
Tabla 57. Comparación de medias entre testigo y tratamiento empleando distribución T (Olor)	95
Tabla 58. Conservación de polifenoles en la Papaya Andina con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C.....	97
Tabla 59. Análisis fisicoquímico del recubrimiento comestible.....	103
Tabla 60. Análisis organoléptico del recubrimiento comestible.....	103



Tabla 61. Análisis microbiológico del recubrimiento comestible 104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grosor de la película comestible (mm)	39
Figura 2. Densidad de la película comestible	40
Figura 3. Solubilidad en Inmersión de agua de la película comestible	43
Figura 4. Permeabilidad al Vapor de agua de la película comestible	45
Figura 5. Pérdida de peso de la Papaya Andina con recubrimiento	57
Figura 6. Firmeza de la Papaya Andina con recubrimiento (%).....	59
Figura 7. Retención de Agua en la Papaya Andina con recubrimiento (%).....	60
Figura 8. Solubilidad en Inmersión de Agua en la Papaya Andina con recubrimiento.....	62
Figura 9. Adhesividad de la Papaya Andina con recubrimiento comestible	63
Figura 10. Apariencia de la Papaya Andina con recubrimiento comestible.....	65
Figura 11. Sabor de la Papaya Andina con recubrimiento comestible.....	66
Figura 12. Color de la Papaya Andina con recubrimiento comestible.....	68
Figura 13. Olor de la Papaya Andina con recubrimiento comestible.....	70
Figura 14. Pérdida de Peso de la Papaya Andina con recubrimiento comestible, almacenada a 6°C y 22°C.....	84
Figura 15. Firmeza de la Papaya Andina en dos estados de madurez con recubrimiento comestible, almacenada a 6°C y 22°C.....	86
Figura 16. Apariencia de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C	88
Figura 17. Sabor de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C.....	91
Figura 18. Color de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C	94
Figura 19. Olor de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C.....	96

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Del proyecto de investigación aprobado: transcripción del planteamiento operacional.....	124
Anexo 2: Estructura del artículo científico	149
Anexo 3. Ficha Técnica del Producto.....	156
Anexo 4. Etiqueta del producto final.....	157
Anexo 5. Métodos de análisis	158
Anexo 6: Cartilla de evaluación para análisis sensorial	163
Anexo 7: Informes de análisis de laboratorio	164
Anexo 8: Fotografías	174

INTRODUCCIÓN

El Perú tiene una gran biodiversidad vegetal, aunque encontramos una serie de plantas que aún no han sido estudiadas, esto debido a que no cuentan con mucha difusión y tampoco una gran importancia comercial, dentro de este grupo destaca la Papaya Andina (*Carica pubescens*). Esta fruta cuenta con un recurso valioso de vitaminas, azúcares, compuestos gelificantes, agentes antioxidantes, ácidos orgánicos, compuesta con aromas y sabores agradables al consumidor. Se evaluaron distintas frutas peruanas llegando a encontrar que la papaya Arequipeña presenta mayor porción de compuestos fenólicos y por ende nivel antioxidante más alto. (Repo et al. 2012)

La vida útil de esta fruta es muy corta, es debido a esto que es necesario desarrollar nuevos métodos de conservación, saludables, económicos y a su vez que nos permita preservar el medio ambiente, para lograr tener un mejor aprovechamiento en la agroindustria.

Los consumidores en la actualidad buscan alimentos que sean sencillos de almacenar y sobre todo fáciles de consumir, evitando que tengan una manipulación innecesaria, es debido a esto que, en años recientes, se observó un crecimiento en la demanda de frutas sometidas a un mínimo procesamiento

Por lo anterior mencionado los recubrimientos comestibles son percibidos como una alternativa que conserva y mejora la percepción sensorial presente en la papaya arequipeña recubierta alargando la vida útil de nuestra fruta reduciendo la respiración y otras reacciones oxidativas, disminuyendo así las alteraciones fisiológicas. (Cano & Corales, 2014)

La ventaja del uso de las coberturas es que son consumidas a la par con el alimento, esto es debido a que tienen contacto directo con este, es debido a esto que se desea que la cobertura posea propiedades organolépticas neutras, en otras palabras, que sea inodora, insípida y transparente,

logrando así no alterar las características sensoriales al alimento al cual se aplicara.

Otra de sus ventajas es que presentan una alternativa muy económica en cuanto a consumo energético y equipamiento, pues a comparación de otras técnicas de conservación como lo son las atmosferas modificadas o el proceso de deshidratación es de un costo bajo, añadiendo que no llega a influir en la calidad sensorial.

El proveniente del aloe vera es muy versátil y se adapta a diferentes campos en la elaboración de alimentos, este posee propiedades biológicas, microbianas y antivirales que llama la atención de la agroindustria, siendo objeto de muchas investigaciones, ha sido aplicado en papayas, uvas, cerezas, tomates, melocotones y ciruelas.

Hasta el momento, no encontramos reportes del uso de aloe vera enfocado en la conservación de la papaya andina mínimamente procesada, pero si en otras frutas, evidenciando que es muy efectivo para mantener las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, permitiendo retrasar la pérdida de peso y limitar la descomposición.

Este trabajo planea la elaboración de un recubrimiento comestible a base de compuestos naturales, formulados a base de Gel de aloe vera, gelatina, glicerol, ácido cítrico y tween 80 (polisorbato), con el fin de alargar la vida útil y conservar características fisicoquímicas de la papaya andina.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

Ante la demanda del consumidor global de encontrar un producto saludable, la papaya arequipeña es un buen sustituto por tratarse de una fruta orgánica con elevado valor nutricional y contener propiedades medicinales, altamente apreciada tanto en el mercado local como en el internacional. No obstante, en su forma natural posee un periodo de conservación de apenas 9 días, lo que limita su exportación como fruta fresca. (Orozco et al., 2024)

Sandia es una de las provincias esta fruta, con una mayor extensión geográfica dentro de Puno, la mayoría de sus tierras son aptas para la actividad agrícola. En este contexto, algún tiempo se comercializó la papaya arequipeña hacia ciudades como Lima o Arequipa, vendiéndose a precios bajos y enfrentando pérdidas de hasta un 50 % de la producción durante el transporte. Esta situación se ve agravada por la principal desventaja: la falta de recursos y conocimientos técnicos para procesar, industrializar y exportar este producto, en consecuencia, cada productor encargado de cultivar papaya arequipeña afronta el riesgo de su conservación, llegando a consumirlas o venderlas de manera pronta, pues el tiempo de prolongación de estas frutas es complejo de manejarlas (Motis & Swartz, 2022).

A nivel nacional los problemas que atraviesan las papayas andinas luego de la postcosecha son varios, uno de los más importantes es la alteración fisiológica en el transcurso de su conservación, desarrollando de esa manera diferentes enfermedades como: *poma caricae-papayae*, antracnosis, entre otras (Salvatierra, 2018).

1.2. Justificación de investigación

1.2.1. Impacto social

Se justifica socialmente pues el estudio permite que el consumidor logre una disposición de la papaya arequipeña con cada característica estable por un periodo prologando de tiempo posteriormente a la postcosecha. Además, la elaboración de un recubrimiento comestible natural a base de gelatina y gel de sábila favorecerá a las organizaciones que brinden un valor agregado a los alimentos elevadamente perecibles, puesto que, este tipo de recubrimiento puede fijar importantes condiciones socioeconómicas para la población con un buen nivel de consumo de la papaya arequipeña.

1.2.2. Impacto tecnológico

Se justifica de manera tecnológica, pues en el mercado surge una elevada demanda con preferencia por los alimentos frescos, lo cual conlleva al surgimiento de la tecnología de proceso para la prolongación de la vida útil de los alimentos como es la papaya arequipeña por medio de la elaboración de un recubrimiento comestible a base de gelatina y gel de sábila. Adicionalmente, en el estudio se tendrán en cuenta herramientas tecnológicas para la conservación de la papaya arequipeña con adicción del recubrimiento, permitiendo controlar la transferencia de oxígeno, dióxido de carbono y el crecimiento microbiano.

1.2.3. Impacto económico

Se justifica económicamente, dado que, la elaboración del recubrimiento comestible de gelatina y gel de sábila como un conservante para la papaya arequipeña tiene una relación directa con el aspecto económico, pues al ser un alimento de tiempo de vida útil corto debe ser comercializado lo más pronto posible a fin de prevenir su deterioro o la venta a precios bajos

específicamente cuando existe una sobre oferta en el mercado, especialmente al rubro de frutas.

1.2.4. Impacto ambiental

Desde una perspectiva ambiental, la investigación se justifica por su contribución a la reducción de pérdidas postcosecha del cultivo de papaya andina (*Carica pubescens*), fruto de alta demanda en los mercados locales. Este producto es altamente sensible a las condiciones de temperatura y humedad relativa, lo que acelera su deterioro y limita su vida útil. La aplicación de un recubrimiento comestible biodegradable a base de gelatina y gel de sábila constituye una alternativa sostenible frente al uso de recubrimientos sintéticos o empaques derivados del petróleo, los cuales generan residuos de difícil degradación. Además, este método no requiere el uso de maquinaria especializada ni tecnologías costosas como los sistemas de atmósfera modificada, lo que disminuye el consumo energético y la huella de carbono asociada al almacenamiento. En conjunto, la propuesta promueve el aprovechamiento de biopolímeros naturales y el desarrollo de tecnologías limpias que favorecen la conservación postcosecha y la sostenibilidad ambiental en la cadena de producción y comercialización de frutas andinas.

1.3. Estado del arte

1.3.1. Estado del Arte (Internacional)

Jami (2021) mencionó por objetivo evaluar varios tipos de recubrimiento comestible a base de biopolímeros para la vida útil de la papaya. Por lo cual, se orientó en un estudio teórico-descriptivo de recopilación bibliográfica, teniendo en cuenta un análisis sensorial. Obteniendo así por resultados que en un análisis promedio fisicoquímico de la papaya alcanzó ácidos solubles total del (10.05 y 7.33) %, pérdida de peso (14.84 y 9.49) %, acidez titulable (0.15 y 0.19) % y pérdida de peso (14.84 y 9.49) %, Concluyendo de esa manera que en la evaluación de diferentes técnicas

de recubrimiento comestible contribuye a la vida útil de la papaya dado que fue determinada en un 16.42 días.

Chamba (2021) indicó por objetivo analizar el comportamiento post cosecha de la mora de castilla a través del recubrimiento comestible a base de mucilago de aloe vera para ampliar su conservación. Por lo tanto, se basó en una investigación descriptiva, exploratoria y explicativa considerando una muestra de 30 moras de castilla y un método de diseño factorial (AxB), así mismo, estableció 4 recubrimientos de aloe vera en un 100% y 2 índices de color, logrando así por resultados que el recubrimiento de mejor desenvolvimiento fue el de (agua + propóleo), dado que garantizó la conservación de cada propiedad fisicoquímica de la mora con cosecha número 2 y de color 6. Ante ello, concluyó que el recubrimiento comestible permitió conservar cada característica fisicoquímica y aumentar la vida útil a la mora

Alvarado (2022) presentó por objetivo determinar el efecto de un recubrimiento comestible a base de sábila (*Aloe vera*) y goma arábica para aumentar la vida útil de las frambuesas. Por lo tanto, se consideró un estudio aplicado con diseño experimental, teniendo en consideración 5 tratamientos y un análisis sensorial como también microbiológico. Alcanzando así por resultados que el tratamiento 4 fue el de superior aceptación con un 45% de sábila y 55% de goma arábica, llegando a día 5 con adecuadas características físico-químicas de 17°Brix, 4.7pH y acidez 0.3% bajo la normativa NTE INEM 2427-772, además de una vida útil de 12 días para las frambuesas. Concluyendo de esa manera que la sábila permite reducir el desarrollo de microbios en las frutas y la goma arábica retarda la maduración de la fruta en un porcentaje menor de 50%.

Guardado (2023) señaló por objetivo determinar el efecto del recubrimiento comestible a base de aloe vera en la vida útil de la papaya, lo cual consideró una metodología experimental, considerando la prueba de LSD de Fisher para 4 formulaciones de recubrimiento comestible ante

un testigo de la conservación de post cosecha de papaya, distribuidos en bloques totalmente al azar en un almacenado a 30°C. Logrando de esa manera por resultados que la formulación dos con 50% de aloe vera y 50% de glicerol es la de mayor aceptabilidad en referencia a su pH bajo e incremento de brix. Concluyendo así, que el recubrimiento comestible de aloe vera permite retrasar el proceso metabólico de la fruta, prolongando su madurez hasta 3 días de su tiempo de comercialización.

Dussán-Sarria et al. (2023) indicaron por objetivo analizar el efecto de un recubrimiento de aloe vera en la piña (*Aranas comosus*), por lo que, se orientaron en una metodología descriptiva, teniendo en consideración un análisis sensorial y microbiológico. Obteniendo como resultados un recubrimiento de gel de aloe vera (50% p/p) para piña cortada en rodajas y almacenada en $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ y con una humedad de $85\pm 3\%$, demostrando de esa forma una firmeza en el pH y atributos tanto sensorial como microbiológico por la conservación de almacenado hasta el día 12. Ante lo cual, concluyeron que un recubrimiento comestible de aloe vera garantiza una influencia positiva en el almacenado de la piña.

García et al. (2023) en su indagación planteó evaluar el impacto de un recubrimiento biodegradable postcosecha a base de quitosano y aceite esencial de cítricos sobre las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de los frutos de papaya, así como su capacidad para inhibir el crecimiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*. Para lo cual se orientaron a evaluar el color, pH, sólidos solubles totales, firmeza, pérdida de peso, producción de etileno y CO₂ y los daños por antracnosis, además se usó el análisis de varianza y la prueba TUKEY para comparar las medias de los tratamientos. El estudio descubrió que el recubrimiento tenía un efecto retardante sobre el cambio de color de la epidermis de la papaya, así como sobre la pérdida de peso, la firmeza y la SST. Además, la matriz de quitosano con aceites esenciales, utilizada como recubrimiento, mejoró significativamente la vida útil de la papaya y redujo los daños por antracnosis en más de un 80%.

Herrera (2023) en su estudio el cual planteó como fin evaluar el comportamiento fisicoquímico y antimicrobiano de formulados a base de sericina con adiciones de Aloe vera para ser usados como recubrimientos protectores para el fruto del banano, para cumplir con dicho fin elaboró distintas concentraciones, donde se caracterizaron con espectroscopía de uv-visible y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y se hicieron pruebas morfológicas, antimicrobianas y se analizaron sensorialmente. Los resultados indican que el uso de sericina a una concentración del 1% p/v, Aloe vera a una concentración del 2% p/p, y glicerol a una concentración del 1% p/p mejoró la conservación de la fruta a lo largo del tiempo manteniendo sus propiedades sensoriales, en comparación con el uso de sólo sericina. Además, se encontró que este recubierto tuvo gran potencial antimicrobiano en distintos microorganismos patógenos del plátano, deteniendo la aparición de hongos (*Fusarium*). Concluyendo que los compuestos utilizados para el recubrimiento tienen un alto potencial de uso como protectores de la fruta.

Chasiloa (2019) en su estudio tuvo como propósito determinar el efecto de la aplicación de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum verum*) y clavo de olor como recubrimiento comestible en mora, orientándose a un diseño experimental, realizándose 5 repeticiones por tratamiento, donde los análisis realizados fueron los fisicoquímicos, sensoriales y de vida útil, además se hicieron análisis de varianza (ADEVA) y de comparación (TUKEY). Los hallazgos evidenciaron que los análisis fisicoquímicos demostraron a la aplicación del aceite de canela como el más esencial recubrimiento comestible, debido a la firmeza, a la menor incidencia de microorganismos, y menor cantidad de sólidos soluble, menos pérdida de peso donde el pH está en un nivel aceptable (2,06-2,28), además de ello no varía. De la misma manera se halló que el recubrimiento comestible anaquel en la mora fue en un 0,06% la concentración del aceite de canela (A1B2). Por lo que se concluye que los distintos recubrimientos según las distintas concentraciones en la mora,

mantiene el sabor, olor y aceptabilidad.

Piedrahita (2019) en su indagación cuya finalidad fue evaluar el impacto de un recubrimiento comestible a base de aloe vera, cera de abejas entre otros insumos para la conservación de las características sensoriales durante el almacenamiento de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) sin espinas postcosecha, por lo que dicho recubrimiento fue llevado a un tratamiento térmico de 40°C para que se homogenice, para luego aplicarlo a la planta dejando actuar por una hora, luego fue colocado en una nevera a 4°C y llevado posteriormente al laboratorio de la UTP. Los resultados evidenciaron que el recubrimiento elaborado disminuye el recuento de hongos y levaduras, de microorganismos mesófilos en diluciones: 10⁻⁶ y 10⁻⁷, asimismo no se halló diferencias en el pH, de la misma manera, se halló mediante el análisis fisicoquímico que las frutas con recubrimiento tuvieron una estabilidad de sólidos (disminuyeron mínimo peso), teniendo algunas variaciones debido que son frutos de distintas plantas, finalmente mencionaron que la apariencia física de las moras con recubrimiento aumentó en un 150%. Se concluyó que tanto el recubrimiento comestible como el envasado pasivo reducían la pérdida de peso y mantenían la calidad hasta 7 días.

1.3.2. Estado del Arte (Nacional)

Paucar y Ramírez (2021) en su investigación tuvo como objetivo elaborar y aplicar una película protectora a base de polisacáridos de Cushuro en fresas de postcosecha de fresa. Se prepararon soluciones acuosas de diferentes concentraciones del licuado de cushuro y las fresas fueron sumergidas por 30 minutos, luego se evaluó su estado de conservación a temperatura ambiente, empleando un método sensorial con método estadístico ANOVA y la prueba Tukey. Los resultados demostraron que a mayor concentración del recubrimiento natural se logró prolongar más el tiempo de almacenamiento de las frutas, evitando el ataque de microorganismos. Se

concluye que la película elaborada a base de polisacáridos de cushuro es una alternativa eficiente y segura para la preservación de fresas ya que retrasa su deterioro de manera inocua para la salud.

Vásquez (2019) en su investigación, evaluó el efecto de recubrimientos comestibles elaborados a base de gel de sábila junto con cera de abeja, en la conservación de arándanos. El estudio se fue experimental y método sensorial, se prepararon nueve tipos de recubrimientos variando las concentraciones de gel de sábila entre 0%, 25% y 50%, y de cera de abeja entre 0%, 1% y 2%. Los resultados mostraron que los recubrimientos no afectaron los sólidos solubles ni el pH de los arándanos, para la acidez titulable, el mejor tratamiento fue con 25% de gel de sábila y 1% de cera de abeja, en cuanto a la pérdida de peso, el tratamiento con 50% de gel de sábila y 1% de cera de abeja permitió mantenerla en 12.07% a temperatura ambiente durante 13 días. Concluyó que, la evaluación sensorial determinó que el último tratamiento fue el de mejor aceptación para todos los atributos analizados.

Villanueva y Vilca (2020) en su investigación evaluaron el recubrimiento comestible a base de aceites esenciales para la conservación de la fresa. Se emplearon diferentes concentraciones de aceite esencial de canela y clavo de olor (0.025% y 0.05%) en recubrimientos comestibles elaborados con una base de almidón, gelatina y glicerina para fresas, emplearon el método estadístico ANOVA y la prueba Tukey. Los resultados mostraron que el tratamiento C4, con la concentración más alta de aceites esenciales, tuvo el menor porcentaje de pérdida de peso (30.71%) a los 14 días a 2°C, las fresas presentaron valores adecuados en los análisis fisicoquímicos, en la evaluación sensorial este tratamiento obtuvo un atributo agradable, mientras que los resultados microbiológicos fueron negativos. Se concluyó que el uso de recubrimientos con aceites esenciales de canela y clavo de olor reportó variaciones mínimas en los parámetros de maduración y mayor vida útil de las fresas.

Mendoza (2021) en su estudio, evaluó el efecto de diferentes concentraciones del polisacárido de Cushuro como recubrimiento comestible sobre las características fisicoquímicas de las fresas frescas. Se trató de una investigación de tipo experimental con método sensorial, en la que se realizaron formulaciones al 0,7%, 1% y 1,3% (m/m), aplicadas mediante inmersión y almacenadas a $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 8 días. Los resultados mostraron que las formulaciones no presentaron diferencias significativas en firmeza, pH y acidez, la pérdida de peso fue menor y similar al 1,3% y 1%, respecto a los sólidos solubles, el 0,7% difirió de los demás tratamientos, no hubo diferencias en vida útil, aunque el 1% retrasó la infección por hongos hasta los 6 días en el 50% de las fresas, la aplicación de estas películas evidenció un retraso en la maduración en comparación con el patrón, destacando los resultados en peso y textura, siendo la formulación al 1,3% la más óptima, seguida del 1% y 0,7% respectivamente. Concluyó que, los recubrimientos a base de polisacáridos de Cushuro presentan buen desempeño como películas comestibles para fresas frescas, pudiendo mejorar parámetros físicos clave como la pérdida de peso y la textura en comparación con las muestras sin recubrir.

Olascoaga y Quispe (2023) evaluaron el efecto de recubrimientos comestibles elaborados a base de goma garrofin y goma de tara en manzanas delicia durante su almacenamiento. Se plantearon tres formulaciones (F1, F2, F3), variando las concentraciones de las gomas, las manzanas con y sin recubrimiento se evaluaron por 15 días mediante análisis fisicoquímicos (pH, °Brix, acidez, índice de madurez, pérdida de peso), microbiológico y sensorial a 30 panelistas usando escala hedónica 1-7, ANOVA y prueba de Tukey a 95% de confianza. Los resultados mostraron que los recubrimientos mejoraron las características fisicoquímicas y redujeron el deterioro de las manzanas, la F3 presentó mayor aceptación sensorial; por ello, se realizó análisis proximal a esta muestra, obteniendo valores de humedad, carbohidratos, proteínas, grasas, fibra,

cenizas y valor calórico que indican aporte nutricional de las manzanas recubiertas, siendo 81.85%, 15.66%, 0.20%, 0.10%, 1.59%, 0.60% y 69.96 Kcal, respectivamente. En conclusión, los recubrimientos a base de gomas de tara y garrofin representan una alternativa para la conservación postcosecha de manzanas delicia.

Condori y Magaña (2020) realizaron un estudio orientado con el objetivo de aumentar la vida útil postcosecha de la guayaba, aplicando un recubrimiento comestible a base de almidón de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Lens culinaris*). Para ello, orientaron la metodología a un diseño experimental, donde realizaron la prueba de análisis de varianza y TUKEY. El estudio descubrió que un recubrimiento hecho de almidón de legumbre, proteínas de soja y aceite de muña aumentaba la vida útil de la guayaba. Además, se descubrió que el aceite esencial de muña inhibía el crecimiento de hongos causantes del deterioro de la fruta a una concentración del 0,2%. En conclusión, se determinó que la fórmula óptima de recubrimiento, que produjo los mejores resultados fisicoquímicos, era 4% AML, 2% P, 12% S, 0,2% Aem.

1.3.3. Estado del Arte (Regional)

Choque (2021) desarrolló una investigación con el propósito de analizar cómo influye un recubrimiento comestible elaborado a partir de proteínas del suero lácteo en la calidad del queso andino. La investigación se estructuró en tres etapas experimentales. En la primera fase, se obtuvo el concentrado proteico del suero mediante un proceso de acidificación, trabajando con tres niveles de pH: 4.0, 4.5 y 5.0. Los resultados indicaron que el pH 4.5 fue el más adecuado para este proceso. En la segunda etapa, se formuló el recubrimiento comestible utilizando el concentrado obtenido a pH 4.5, variando las proporciones de proteína (P1: 8% y P2: 10%) y glicerol (G1: 2% y G2: 4%). La combinación más efectiva fue la formulación P2G2, compuesta por 10% de proteína y 4% de glicerol. Finalmente, en la tercera etapa se aplicó dicha formulación (P2G2) al queso andino

madurado, empleando el método de barnizado y considerando distintas cantidades de capas como variable. Se determinó que la aplicación de dos capas (C2), con un espesor de 230 μm , fue la más eficiente, ya que permitió obtener el menor porcentaje de pérdida de peso (6.969%), un contenido reducido de ácidos grasos libres (1.33%), menor actividad de agua (0.81) y resultados favorables en la evaluación sensorial en todos los atributos medidos.

Bernedo y Sierra (2019) llevaron a cabo un estudio enfocado en evaluar el impacto de un recubrimiento comestible formulado a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la calidad del mango (*Mangifera indica* L.) durante su almacenamiento. Para ello, se utilizaron concentraciones de mucílago al 15%, 20% y 25% p/v como componente principal, complementadas con 5% de glicerol, 0.75% de ácido cítrico y 0.5% de Tween 80. Los frutos fueron sumergidos durante 30 minutos en las soluciones de recubrimiento y posteriormente almacenados a temperaturas de $8 \pm 2^\circ\text{C}$ y $18 \pm 2^\circ\text{C}$, con una humedad relativa del 75%. El análisis estadístico se realizó mediante un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey. Como resultado, se identificó que el tratamiento más eficaz fue el T2R1 (15% de mucílago de nopal almacenado a 8°C), el cual mostró los siguientes valores: firmeza de 2.53 kg/cm^2 , pérdida de peso del 5.84%, contenido de sólidos solubles de 15.40 °Brix, acidez titulable de 0.359% de ácido cítrico y un índice de madurez de 42.94. En base a estos resultados, se estimó una vida útil de aproximadamente 15 días a 8°C y 9 días a 18°C para los frutos tratados bajo este tratamiento.

Barreda (2016) llevó a cabo un estudio orientado a la formulación de recubrimientos comestibles a partir de mezclas de goma de tara (GT), goma xantana (GX) y almidón, incorporando glicerol como agente plastificante. La variable independiente principal fue la proporción de goma de

tara/xantana (0, 20, 40, 60, 80 y 100%), manteniéndose constantes las concentraciones de almidón al 1.5% y glicerol al 3%, utilizando agua destilada como disolvente. Las películas generadas fueron evaluadas por triplicado, promediándose los datos experimentales para asociar las características de las películas con los diferentes porcentajes de GT/GX. Se llevaron a cabo mediciones de grosor conforme a la norma ASTM D882-10 y se determinó la elongación utilizando una fórmula específica. En cuanto a la permeabilidad al vapor de agua, se encontró que la formulación correspondiente al 80% de goma de tara (película N°5) presentó la mayor permeabilidad, con un valor de 2.04×10^{-5} , lo que indica que una mayor proporción de goma de tara incrementa la capacidad de transmisión de vapor a través del recubrimiento. Además, en los análisis reológicos, se observó que al aumentar la concentración de la mezcla GT/GX, se incrementó el umbral de fluencia, mientras que tanto el coeficiente de consistencia como el índice de flujo mostraron una disminución significativa.

Huaracha (2016) investigó el uso del quitosano como una barrera frente al paso del vapor de agua, considerando que esta propiedad es fundamental para preservar la humedad adecuada en productos alimenticios durante su almacenamiento. El quitosano utilizado fue extraído de plumas de calamar, aprovechando los residuos marinos generados en la ciudad de Arequipa. Se formularon películas a base de quitosano en dos concentraciones distintas: 1% y 2%, incorporando glicerol como plastificante en proporciones de 0.3% y 0.6%, respectivamente. Para evaluar la capacidad de barrera al vapor de agua, se aplicó el método desecante bajo la técnica gravimétrica especificada en la norma ASTM E-96-00, utilizando una cámara climática diseñada para mantener condiciones controladas de temperatura y humedad relativa durante el ensayo. Los resultados obtenidos indicaron que la permeabilidad de las películas fue adecuada en general, destacándose la formulación compuesta por 2% de quitosano y 0.3% de glicerol, la cual presentó un equilibrio favorable entre permeabilidad al vapor y resistencia mecánica, posicionándose como la más

eficiente en términos de desempeño funcional.

1.4. Bases teóricas de la investigación

1.4.1. Materia prima 1: Gelatina

1.4.1.1. Conceptualización: gelatina.

Conocida como la gelatina comercial, es un producto alimenticio obtenido del colágeno de distintos tejidos de las pieles y huesos de los animales, el cual ha sido sometido a un proceso de hidrólisis para poder obtenerla, contiene proteínas y disminuido valor nutricional, asimismo, se precisa que no contiene grasas ni carbohidratos (Gómez-Busto et al., 2011).

Es un insumo empleado en distintas industrias, como la alimentaria en el que resalta por sus diversas aplicaciones o funciones, puesto que se utiliza como estabilizante, texturizante y espesante, permite incrementar la elasticidad, consistencia, estabilidad en otros productos, también es empleado como clarificante de bebidas y agente encapsulante de agentes bioactivos. (Bravo et al., 2019).

La presentación de la gelatina, es en polvo fino e inodoro que se disuelve en agua caliente el cual al pasar por su proceso de enfriamiento se forma en gel, para llegar a su contextura final, durante su proceso químico se aromatiza, utiliza azúcares y saborizantes para llegar a tener la apetecible para las personas (Romero-Santivañez et al., 2023).

1.4.1.2. Propiedades de la gelatina.

La gelatina es un producto muy popular en los centros comerciales y mercados debido a la demanda de los miles de familias, entre sus propiedades se encuentra que mientras más alto sea el grado o valor Bloom, su gel será sólido. Entre otras de sus propiedades, es que posee proteínas en estado puro entre los 84 a 90%, no contiene grasas ni carbohidratos, puesto que carece de azúcares

naturales, solo en la gelatina comercial contiene azúcar refinada debido a que es endulzada (Ulacio, 2015).

1.4.2. *Materia prima 2: Aloe vera*

1.4.2.1. Conceptualización: Aloe vera.

En general el Aloe vera es conocido como sábila, del cual se extraen diferentes productos como jugo natural, gel en polvo y concentrado permitiéndole tener distintos beneficios medicinales y terapéuticos que son utilizados como remedios naturales e incluso en el ámbito cosmético (Osorio-Hernández, 2018).

Planta que posee propiedades y características utilizadas para preservar la salud, puesto que trata diversas afecciones con dos sustancias que produce: Un gel de color transparente y una goma o látex de color amarillo (Mengana et al., 2020).

Los productos provenientes del Aloe vera son muy utilizados en la industria alimentaria porque tiene distintos beneficios y propiedades lo que ha permitido en gran medida incrementar su expansión en el mercado mundial (Bonilla y Jiménez, 2016). Brinda hidratación porque contiene mucopolisacáridos, asimismo, contribuye en la generación celular, es antioxidante por su contenido de vitamina C y E, es antimicrobiana, antiinflamatoria, cicatrizante, laxante, además es utilizada como protector solar y reducción de los problemas de acné y el dolor de las picaduras de insectos o quemaduras leves (Artunduaga et al., 2021).

1.4.2.2. Taxonomía de la Aloe vera.

El Aloe vera es una planta medicinal incluida en el género del aloe, dentro de la familia de las liliáceas y es utilizada desde hace millones de años por las distintas culturas, por ello también es indicada con el nombre de Aloe barbadenses Miller, cuyo origen proviene desde el noroeste de

África, específicamente de Sudán y posteriormente se fue incorporando en la región mediterránea y extendiéndose hacia todas las áreas cálidas del mundo (Aparicio-Salcedo et al., 2023).

Según lo indicado por Torres-Gómez et al. (2020), es una hierba carnosa que tiene una altura de 50 a 70 cm y sus hojas son agrupadas, además sus tallos tienen una longitud de aproximadamente de 30 a 40 cm. Tiene bordes poco espinosos, cuando llega a florecer tiene una apariencia tubular, rojas, colgantes, asimismo, se encuentra compuesta por un 95% de agua, entre su corteza se encuentra la aloína.

1.4.2.3. Características químicas.

Domínguez-Fernández et al. (2012) indica que la planta del aloe vera químicamente se caracteriza por poseer compuestos fenólicos que se agrupan en cromonas, aloensina, y antraquinonas, además de un conjunto de composiciones, como se demuestra a continuación:

Tabla 1.

Componentes químicos

Composición	Compuestos
Antraquinonas	Ácidos aloéticos, antranol, ácido cinámico, barbaloina, ácido crisofánico, emodina, aloe-emodin,
Vitaminas	Ácido, fólico, vitamina B1, colina, vitamina B2, C, B3, E, B6, betacaroteno.
Minerales	Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fósforo, cromo.
Carbohidratos	Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, aldopentosa, glucomanosa, fructosa, acemanano, sustancias pépticas, L-ramnosa.
Enzimas	Amilasa, ciclo oxidasa, carboxipeptidasa, lipasa, bradikinasa, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, superóxido dismutasa.
Aminoácidos	Esteroides (campestrol, colesterol, b-sitoesterol), ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácidos úricos, saponinas, giberelina, triterpenos Alamina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina, treonina y valina.

Nota: Dagne et al 2000 (citado por Domínguez-Fernández et al., 2012).

1.4.3. Aditivos alimentarios: Polisorbato

Well, Naturally Products LTD. citado por Horacio (2010) El mono oleato de polioxietilen sorbitán (Polisorbato 80) es un surfactante no iónico y emulsionante, clasificado dentro del grupo de las lecitinas. Es un derivado del sorbitol, sustancia obtenida a partir de frutas y aceites vegetales. Se presenta como un líquido viscoso de color amarillo, con un índice HLB (Balance Hidrofílico-Lipofílico) de 15, lo que le confiere una alta capacidad para actuar como agente dispersante entre fases oleosa y acuosa. La numeración comercial (20, 40, 60, 80) corresponde al tipo de ácido graso con el que está asociado; en el caso del Polisorbato 80, se refiere a su asociación con el ácido oleico.”

El uso de este aditivo es apto para el consumo alimentario, debido a que según estudio es seguro puesto que no posee ningún efecto toxico, basándonos en su seguridad es usado en diferentes preparaciones de vitaminas, comidas como gelatinas, salsas bbq, quesos, entre otros.

1.4.4. Aditivos alimentarios: Ácido Cítrico

El ácido cítrico actúa como antioxidantes y conservante de origen natural, presente en cítricos como la naranja y limón, usado muy comúnmente en la industria se utiliza como aditivo en conservas vegetales y en el envase de diversos productos alimenticios. Este polvo cristalino puede presentarse en forma anhidra o como mono-hidrato que contenga una molécula de agua, en forma monohidratada este se precipita en forma de cristales al entrar en contacto con agua fría y sin ella se llega a cristalizar en agua caliente. (Paternina, 2019).

Alejandra et al. (2014) menciona que la incorporación de ácidos cítricos en alimentos desempeña múltiples funciones ya sea mejorando los efectos organolépticos, emulsificante, agente quelante de iones metálicos, regulador del pH y poder acidulante, siendo su uso primordial el

control del pH en el producto final, esto es debido a que el grado de acidez en un alimento retiene el aumento de bacterias despreciables y aumenta otros aditivos como sorbatos y benzoatos.

1.4.5. Aditivos alimentarios: Glicerol

Barreda (2016) refiere que el glicerol, conocido comúnmente como glicerina, es un compuesto orgánico viscoso, incoloro e inodoro. Su estructura molecular está caracterizada por la presencia de tres grupos hidroxilos ($-OH$), que le confieren propiedades como solubilidad en agua y capacidad higroscópica. Este alcohol trihidroxilado es un componente esencial en algunos lípidos, presenta un sabor ligeramente dulce y es favorable debido a una toxicidad mínima.

La presencia de glicerol en la formulación modifica las propiedades de barrera del material, aumentando su permeabilidad al vapor. Este fenómeno está directamente relacionado con la capacidad del glicerol para establecer interacciones dipolo-dipolo (puentes de H) promoviendo la movilidad molecular del agua, modificando la microestructura del conjunto. (Barreda, 2016)

Usualmente se necesita agentes plastificantes, entre ellas el glicerol, empleadas en formulaciones que cuenten como base polisacáridos y proteínas, para así incrementar la plasticidad de los recubrimientos, agrandando así el volumen, reduciendo los enlaces de hidrógeno internos que se encuentran entre las cadenas de polímero incrementando el espacio intermolecular, usualmente los plastificantes tienden a influir en la capacidad de atracción de agua del sistema y tienden a incrementar la permeabilidad al oxígeno en los recubrimiento comestibles (Morales, 2011)

1.4.6. Conceptualización: recubrimiento comestible.

Se refiere a la capa delgada que contiene sustancias comestibles que cumple con el rol de revestir el alimento, mientras que el contenido se encuentra dentro de dicho material, cuya finalidad es prolongar la vida del producto para posteriormente ser consumido y también prevenir la pérdida

de los componentes o nutrientes que son importantes (Mora et al., 2021).

Son consideradas como películas delgadas que contienen materiales seguros para poder ser aptos para ser empleados como alimentos para las personas, ya que son transparentes y delgadas y básicamente se encargan de proteger y mejorar la calidad de todos los alimentos en los cuales utilizan dichas sustancias (Fernández et al., 2015).

El recubrimiento es aplicado sobre el alimento; existen dos formas de aplicación, ya sea por disolución o por aspersión. A partir de materiales poliméricos que son dispersados directamente en el alimento, es por ello que los materiales deben cumplir con las regulaciones emitidas para el consumidor de alimentos en los seres humanos (Montero et al., 2020).

1.4.6.1. Tipos de recubrimiento comestible.

Vásquez (2019), refiere que los componentes usados en la elaboración de recubrimientos pueden clasificarse en: hidrocoloides (como proteínas, polisacáridos y alginatos) los cuales debido a su naturaleza hidrofílicas, presentan una alta sensibilidad al agua, lípidos (como los ácidos grasos, acilglicerol, ceras) y compuestos, los beneficios que nos ofrecen estas películas dependen de con que este elaborado, los cuales pueden incluir un solvente como el agua, mezcla de agua y alcohol u otros solventes, plastificantes, agentes antimicrobianos, colores o sabores también pueden ser añadidos en este proceso.

- Hidrocoloides: Estos se disuelven en agua y cuentan con un peso molecular elevado, tienen aplicaciones en situaciones en las que no resulte necesario regular la transferencia de agua.
- Polisacáridos: Por su naturaleza hidrófila, no llegan a tener buenas propiedades para repeler la humedad, pero, algunos polisacáridos llegan a ser utilizados en forma de

cubiertas gelatinosas suelen retardar la humedad de alimentos, aunque en periodos muy cortos.

Se debe acotar que, a pesar de no contar con una buena barrera de humedad, cuentan con una buena barrera ante gases y se adhieren con facilidad a frutas y verduras.

- Almidón: El almidón viene a ser el material crudo más usado en agricultura debido a que es económico, con una fácil disponibilidad y con una manipulación sencilla, siendo la amilosa la encargada de formar recubrimientos en el almidón, presentando una baja permeabilidad al oxígeno

- Mucilagos: Son polisacáridos heterogéneos, los cuales son formados por azúcares diferentes, caracterizándose por crear disoluciones viscosas: geles en agua, suelen provenir de las plantas como lo es la planta de sábila, que según estudios llega a prolongar la conservación de diferentes frutas y verduras.

- Proteínas: Las películas a base de proteínas comúnmente se adhieren a las superficies que son hidrofílicas, pero no llegan a ser resistentes a la difusión de agua, otra de sus desventajas es su sensibilidad al cambio de PH.

- Lípidos: Compuestos lipídicos que son utilizados como revestimiento, pueden ser cera natural y surfactantes, su función principal bloquea la transportación de humedad puesto que cuenta con una baja polaridad, siendo más resistentes al paso de la humedad que algún otro componente.

1.4.6.2. Recubrimientos comestibles compuestos.

Compuestos por una bicapa encima de un polisacárido, se adhieren con facilidad a frutas y verduras porque son como una mezcla homogénea, dispersándose sobre la fase hidrófila, aplicándose una sola vez y así solo tenemos una etapa de secado.

1.4.6.3. Propiedades de los recubrimientos comestibles.

Los recubrimientos comestibles que aplicamos producen una atmosfera modificada, lo que provoca la reducción del deterioro, ralentizando la maduración, disminuyendo la perdida de agua, así como también mejora la apariencia impartiendo color y sabor, destacando las siguientes propiedades:

Propiedades de barrera: Según Bourtoom, como se cita en Vásquez (2019) considera que la característica más importante de los recubrimientos comestibles es la resistencia a la transmisión de humedad, siendo la deshidratación superficial uno de los principales problemas para mantener la calidad de los productos, el recubrimiento tiene un papel muy importante puesto que a mayor hidrofobicidad de los materiales utilizados tiene una mayor permeabilidad al vapor de agua los recubrimientos elaborados a partir de polímeros naturales, así como también los elaborados a partir de proteínas, presentan poca resistencia al agua contando así con propiedades de baja capacidad de barrera como resultado de su naturaleza, lo que hace necesario optimizar su eficacia frente al paso del vapor de agua, para mejorar esto se pueden incorporar lípidos, que una vez emulsificados ayudan a prevenir procesos de degradación del tejido derivadas de la deshidratación, además de controlar la perdida de humedad, llegando a formular coberturas comestibles combinando las ventajas de los componentes hidrocoloides y de los componentes lipídicos, actuando como barrera para el vapor de agua, mientras que los primeros operan como barrera selectiva para gases como oxígeno y dióxido de carbono.

- Propiedades mecánicas: Bourtoom, como se cita en Vásquez (2019), indica que estas propiedades en los recubrimientos están condicionadas en buena parte por su composición y la forma de los ingredientes. Por ello es sumamente importante la elección de sustancias y aditivos que añadiremos, puesto que están totalmente relacionados con la función

que queremos que cumpla el recubrimiento del alimento, así como las características intrínsecas que usemos y el método que aplicaremos.

- Propiedades físicas: Entre las más importantes encontramos el olor, transparencia, solubilidad, color, permeabilidad al vapor y a los gases.

- Propiedades de solubilidad: La resistencia acuosa de los recubrimientos se evalúa mediante su solubilidad en medio húmedo, donde un mayor índice de disolución indica menor estabilidad frente al agua, limitando su aplicación práctica.

- Propiedades de espesor: La mayoría de los recubrimientos comestibles son naturalmente hidrofílicos encontrándose una relación de dependencia directa entre la permeabilidad al vapor de agua y el grosor de los recubrimientos, de manera que al incrementarse su espesor mayor es la barrera que ofrecen frente a la transferencia de masa por tal razón la presión de vapor de agua en la zona inferior se tiende a elevar. (Bourtoom, como se cita en Vásquez, 2019)

- Permeabilidad: Bourtoom, como se cita en por Vásquez (2019), menciona que los recubrimientos comestibles que se dan en medio del transporte de gas suelen ocurrir dos mecanismos: difusión capilar y activa, la primera ocurre normalmente en materiales porosos o con imperfecciones, mientras tanto la difusión activa solubiliza el gas dentro de la cubierta, su difusión a través de la barrera y su posterior paso al otro lado, la velocidad de difusión aumenta con el tamaño, esto producido por los plastificantes, por tanto la difusión activa depende del tamaño y polaridad.

1.4.6.4.Métodos de aplicación.

- Pulverización: Tharanathan como se cita por Choque (2021) describe que el

método es adecuado si necesitamos obtener un recubrimiento delgado, recomendando que debemos mantener una presión correcta para obtener el espesor que queremos.

- Inmersión: Tharanathan como se cita por Choque (2021) este método es utilizado para productos que necesiten varias capas de aplicación, tienen la superficie irregular o necesitan un recubrimiento uniforme, pero mostrando una pequeña desventaja durante el proceso pues la solución de inmersión debe ser reemplazada pues podría ser contaminada por microorganismos u otros contaminantes.

- Barnizado: El método nos da la facilidad de aplicar el recubrimiento de manera pareja sobre la superficie, cubrimos todo el espacio, la desventaja primordial sería el tiempo, pues requiere de más y también mano de obra en comparación a nuestros anteriores métodos.

1.4.7. Morfología y Taxonomía de *Papaya arequipeña*

Según Carvalho (2014, como se cita por Medina et al.,2019) *Vasconcellea pubescens*, conocida como papaya serrana, es una especie que puede presentar porte arbustivo o arbóreo, alcanzando alturas que varían entre 1.5 y 7 metros. Sus hojas son palmatilobadas, con 5 a 7 lóbulos y ápice agudo o cortamente acuminado; se distinguen por la densa pubescencia en las venas del envés, mientras que el haz es glabro. Las inflorescencias masculinas, de posición axilar, desarrollan pedúnculos delgados de 4 a 14 cm de longitud y flores estaminadas de 24 a 27 mm, con un cáliz de 2 a 3 mm y un tubo de corola de 12 a 15 mm. La clasificación Taxonómica de la papaya Arequipeña es la siguiente:

Tabla 2.

Clasificación taxonómica de la Papaya Andina

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Viridiplantae</i>
Filo	<i>Tracheophyta</i>
Clase	<i>Spermatopsida</i>
Subclase	<i>Magnolidae</i>
Familia	<i>Caricaceae</i>
Genero	<i>Vasconcellea</i>

Nota. Adaptado de Brands. (1989, como se cita en Medina et al; 2019)

Fruta color amarillo o anaranjada de consistencia blando con un sabor dulce y, además, al consumirlo permite a la persona refrescarse y contiene distintos beneficios y nutrientes que pueden ser aprovechados por el ser humano al consumirla, sin embargo, su textura es susceptible a los daños Miranda et al.,2016).

Carrasco & Zelada (2008) indican que este frutal es estacional cultivándose en el sur del Perú, su mayor producción es el departamento de Arequipa. Se origina en climas templados a frío, siendo de altura normalmente, habitan el área de bosque seco montañoso bajo. Normalmente pueden producir entre 20 y 40 frutas durante un tiempo de crecimiento que abarca alrededor de 9 meses.

1.4.7.1. Características fisicoquímicas de la papaya.

Entre las características que tiene la papaya arequipeña encontramos a la humedad, esta contiene aproximadamente un 93.7 % de agua, carbohidratos un 4.9 %, proteínas, grasas, acidez titulable. Según el reporte brindado por Valencia et al. (2002) la composición química de la papaya es la siguiente:

Tabla 3.

Clasificación taxonómica de la Papaya Andina

Componente	Valor reportado
Humedad	90.49
Proteínas	0.58
Grasa	0.25
Ceniza	0.64
Fibra	1.20
Carbohidratos	4.68
Solidos Solubles	6.00
Solidos Totales	9.51
Vitamina C	31.00
Acidez titulable	0.37
pH	4.5
Densidad	1.03

Nota: Valencia et al. (2002)

1.4.7.2. Atributos de la papaya Arequipeña.

Según Terrones (s/f) la papaya arequipeña cuenta con minerales como Ca, P, Fe, ácido ascórbico, ácido cítrico, también vitaminas como la vitamina A, vitamina C y algunas del complejo B, pigmentos como el Carotenoide, terpenoide y pocos licopenos, sin olvidarnos de la enzima proteolítica la papaína, la cual ayuda a la digestión de proteínas de nuestro cuerpo.

Dentro de otras propiedades la papaya arequipeña cuida al cuerpo de la oxidación, previniendo así el cáncer de estómago, colon, recto, vejiga pechos, regula nuestro colesterol, contribuye a acelerar la recuperación en cuadros de neumonía, mononucleosis y otras infecciones.

1.4.7.3. Maduración de la papaya arequipeña.

1.4.7.3.1. Etapas de maduración.

Cuando se trata de calidad de la fruta, comercialización y opciones de almacenamiento postcosecha la fruta lo es todo. Las modificaciones que se producen en los frutos se pueden cuantificar en base a la maduración; por ellos contamos con tres clases de maduración:

1.4.7.3.2. Madurez fisiológica.

Los frutos están fisiológicamente maduros cuando llegan a un estado de desarrollo que permite que sigan madurando tras la cosecha, lo que constituye una característica propia de frutas de temporada como los plátanos, que se cosechan cuando aún están verdes y luego se dejan madurar antes de su consumo. Las frutas no maduras, como los cítricos, no maduran para el consumo una vez separadas de la planta (Coila & Motta, 2017).

1.4.7.3.3. Madurez de consumo (organoléptico)

Se refiere al punto en que la fruta se encuentra validada para el consumo reuniendo todo lo que se requiere como el color, olor, textura, sabor y una correcta composición interna del fruto.

1.4.7.4. Enfermedades que presenta la papaya arequipeña.

El cultivo de papaya (*Carica papaya L.*) se caracteriza por su rápido desarrollo vegetativo, rasgo que lo hace especialmente vulnerable a la acción de diversos agentes patógenos. Entre estos destacan hongos, bacterias, fitoplasmas, virus y nematodos, todos ellos con un impacto directo sobre la productividad del cultivo (Sosa y Moss, 1985, como se cita en Dias-Arieira, et al., 2008).

Dentro de este grupo, los nematodos fitoparásitos sobresalen por ocasionar daños severos en el sistema radicular, induciendo la formación de agallas y lesiones mecánicas. Estas alteraciones no solo limitan la absorción de nutrientes, sino que además facilitan la entrada de patógenos secundarios, intensificando así el deterioro de la planta.

Las enfermedades generadas por estos organismos se traducen en pérdidas significativas de rendimiento, con consecuencias económicas directas para los productores. Esta problemática hace indispensable la implementación de estrategias de manejo fitosanitario integrado, orientadas a garantizar la sostenibilidad de las plantaciones comerciales. siendo así que la papaya está expuesta

a presentar daños, defectos o enfermedades durante su periodo de cosecha o almacenamiento como se expone a continuación.

- **Antracnosis:** Enfermedad que inicia desde el campo de cultivo, cuando el fruto esta recién empezando su madurez, sin embargo, permanece hasta que llega su maduración para recién manifestarse. Es presentado en forma de lesiones semicirculares o angulares que tienen color café y la papaya sufre hundimientos en su epidermis que se va extendiendo como lesiones húmedas, hasta que el hongo irrumpe como esporas que mantiene un color naranja, llegando a malograr todo el fruto. Las pérdidas oscilan del 25 a 40%, es por ello que los productores, inician actividades de adelanto de poda para quitar las hojas amarillentas cuando la planta se encuentra infectada, se evita golpear la fruta y no la deja caer al suelo, el fruto es envuelto en papel evitando su roce con otra papaya y es colocado en canastillas debidamente desinfectadas (Rojo-Báez et al., 2017).

- **La mosca de la fruta:** El daño consiste en que la mosca adulta perfora la cáscara del fruto con la finalidad de ovopositor en la pulpa, deja las larvas las cuales eclosionan y básicamente se alimenta de la fruta generando daños internos y ya no permite que la papaya sirva para el consumo humano, además, las moscas se encargan de contagiar al resto de la producción cuando se encuentran en un mismo lugar acelerando su descomposición, por ello, los productores a modo de prevención no dejan que el producto termine totalmente su maduración en la planta, sino que es cosechada antes de terminar con su maduración (Bermúdez Vera et al., 2020).

1.4.7.5. Calidad de la papaya.

Según el reporte de (Vargas et al., 2021) para que la papaya cumpla con las características indispensables para su comercialización son: Cumplir con el tamaño y forma; que no mantenga

deformaciones y sea esférica u ovoide, mantener firmeza en su pulpa, sin tener sobre madurez, asimismo, estar libre de pudriciones, cortes, contaminación o plagas.

1.4.7.6. Atributos organolépticos.

Umaña et al., (2011) Indica que cuando la papaya se en cuenta en procesos de maduración los cultivadores inician con el proceso de cosecha y verificar las fases de post cosecha para garantizar que el producto cumpla con las características necesarias y se proceda con su comercialización y consumo evaluando según sus componentes.

Color: Es parte de la aparecía que tiene la papaya, la cual va cambiando según varíe su proceso de maduración, inicia con un color verde y posteriormente pasa por distintas tonalidades de amarillo, según su etapa de maduración, ya cuando llega a un color totalmente amarillo anaranjado, es un indicador que la papaya se encuentra madura y se puede consumir, en el caso de no lograr comerla su color cambia por estar sobre madura y se vuelve oscura, con tonos dorados o de color marrón (Rodríguez et al., 2014).

Olor: Según Humberto (2014) También conocido como aroma, se refiere a la fragancia que emite el alimento y es detectado por el sentido del olfato de las personas, dependiendo su intensidad cuando la papaya está madura, asimismo se indica que tiene aromas cítricos y se percibe sensaciones de frescura.

Textura: La papaya al estar madura tiene una textura blanda y carnosas porque su pulpa es suave que permite consumirla sin problemas, además es jugosa y se siente cuando es masticada, mantiene una uniformidad y sensación agradable al comerla (Humberto, 2014).

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Desarrollar un recubrimiento comestible a base de gelatina y gel de sábila destinado a prolongar la conservación post cosecha de la papaya arequipeña.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad adecuada de Gel de Aloe Vera y Gelatina para la formulación del recubrimiento comestible
- Establecer el número óptimo de capas que se necesitara en la aplicación del recubrimiento comestible en la papaya arequipeña
- Determinar el grado de madurez más conveniente de la papaya andina para la aplicación del recubrimiento comestible y definir la temperatura de almacenamiento más adecuada que favorezca su conservación.

1.6. Hipótesis

Para la prolongación del periodo de conservación de diferentes frutas y verduras, se ha utilizado algunos recubrimientos elaborados a partir de sustancias químicas, siendo muchas de ellas derivadas del petróleo, esto ocasionaría a largo plazo efectos perjudiciales a los consumidores.

Es factible elaborar un recubrimiento comestible para papaya arequipeña (*Carica pubescens*) empleando componentes naturales; como polisacárido y agente antimicrobiano al gel de Aloe Vera, complementado con gelatina como proteína formadora de películas protectoras y así prolongar la vida útil post cosecha de la papaya arequipeña, disminuyendo la tasa de respiración y protegiendo contra enfermedades, todo ello sin afectar sus propiedades organolépticas y nutricionales.

CAPITULO II: RESULTADOS Y DISCUSIONES

2 IDENTIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

2.1. Caracterización de las materias primas

2.1.1. Análisis Físico -químico del Aloe Vera.

Tabla 4.

Análisis físico - químico - proximal de Aloe Vera

Componentes	Valores
Humedad (%)	99.17 %
Grasa (%)	<0.01%
Proteínas	0.88%
pH	4.5
Solidos Solubles	2 brix
Densidad	0.98 g/ml

Nota. Laboratorio de ensayo y control de calidad UCSM

2.1.2. Análisis microbiológico del Aloe Vera.

Tabla 5.

Análisis Microbiológico de Aloe Vera

Análisis	Resultados
Recuento de Mohos	17 x 10 UFC/ g
Numeras de Levaduras	11x10 UFC/g

Nota: Laboratorio de ensayo y control de calidad UCSM

2.1.3. Análisis físico – químico de la Papaya Andina.

Tabla 6.

Análisis físico -químico de la Papaya Andina

Componentes	Valores
Humedad (%)	91.27%
Grasa (%)	0.95%
Proteínas	2.21%
pH	5.4
Solidos Solubles	13 brix

Nota. Laboratorio de ensayo y control de calidad UCSM

2.1.4. Análisis microbiológico de la Papaya Andina.

Tabla 7.

Análisis microbiológico de la Papaya andina

Análisis	Resultados
Recuento de Mohos	15 x 10 UFC/ g
Numeras de Levaduras	35x10 UFC/g

Nota. Laboratorio de ensayo y control de calidad UCSM

2.2. Evaluación de los experimentos

2.2.1. Experimento 1: Determinar la cantidad adecuada de Gel de Aloe Vera y Gelatina para la formulación del recubrimiento comestible

Objetivo: Determinar la cantidad adecuada de Gel de Aloe Vera y Gelatina para la formulación del recubrimiento comestible.

VARIABLES

% Gel de Aloe Vera	% Gelatina
P1: 60%	G1: 3.5%
P2: 70%	G2: 4.5%
P3: 80%	

Resultados

- Grosor de la película comestible – método de Javanmard, 2009
- Densidad de la película comestible – método de Oregel et al, 2016
- Capacidad de retención de agua por Pérdida de Peso - método de Valderrama et al. (2016)
- Solubilidad Inmersión de agua de la película comestible – método de Anchundia et al. (2016)
- Permeabilidad al Vapor de agua de la película comestible

Diseño estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x2, aplicando 6 repeticiones para el grosor y 3 para la densidad de la película comestible y la permeabilidad, 5 repeticiones para evaluar la capacidad de retención de agua por Pérdida de Peso y la solubilidad en agua de la película comestible.

Diseño experimental

Tabla 8.

Formulación del recubrimiento comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.1.1.Resultados.

2.2.1.1.1. Grosor de la película comestible.

Se midió el grosor de la película con un calibre micrómetro, se realizaron 6 determinaciones en diferentes lados de las películas

Tabla 9.

Grosor del recubrimiento comestible (mm)

Indicador	Repeticiones	P1		P2		P3	
		G1	G2	G1	G2	G1	G2
Grosor (mm)	1	0.05	0.05	0.08	0.06	0.09	0.08
	2	0.04	0.05	0.07	0.06	0.09	0.08
	3	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09	0.09
	4	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08
	5	0.05	0.06	0.06	0.06	0.09	0.07
	6	0.04	0.05	0.08	0.06	0.09	0.09
	X		0.045	0.053	0.068	0.063	0.088

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 10.

Análisis de varianza para el grosor del recubrimiento comestible

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Factor A	2	0.00735	0.003675	124.81	5.39
Factor B	1	0.000225	0.000225	6.58	7.56
A x B	2	0.000617	0.000308	10.47	5.39
Error exp.	30	0.000883	0.000029		
Total	35				

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el grosor de la película comestible en el factor A (% de gel de sábila) y en la interacción AxB.

Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Factor A

dando como resultado:

$$\overline{P1} \quad \overline{P2} \quad \overline{P3}$$

Luego de realizar la prueba de Tukey se observó que entre P1 y P2 no existe diferencia altamente significativa y en P3 si existe diferencia altamente significativa frente a los demás.

Se procedió a realizar el análisis de factores para la interacción AxB.

Tabla 11.

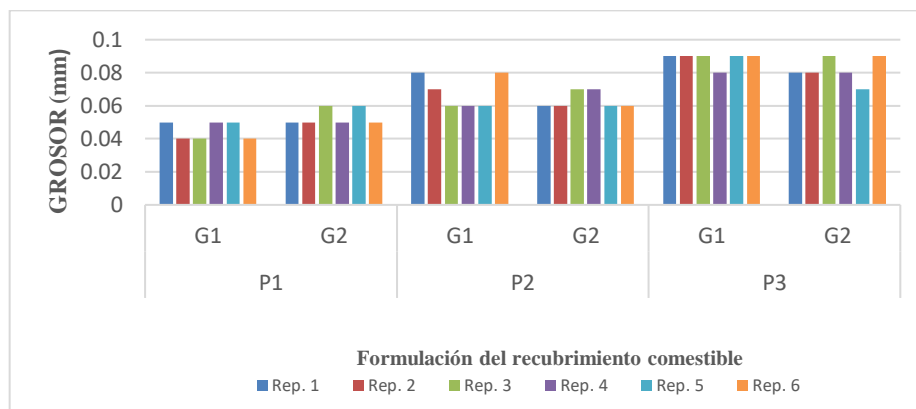
Tabla de Análisis de factores

FV	GL	SC	CM	FC	FT
SCT1G	p - 1 = 1	0.001152	0.001152	39.724	9.33
SCT2G	p - 1 = 1	0.000075	0.000075	2.586	9.33
SCT3G	p - 1 = 1	0.000108	0.000108	3.724	9.33
SCTG1	q - 1 = 2	0.005547	0.002774	95.655	6.93
SCTG2	q - 1 = 2	0.001387	0.000694	23.931	6.93
Error Experimental	12	0.000348	0.000029		
Total	19	0.008617			

Nota. Elaboración propia, 2025

Figura 1.

Grosor de la película comestible (mm)



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.1.1.2. Densidad de la película comestible.

Se pesó el picnómetro limpio y seco, se llenó con el recubrimiento líquido hasta un volumen conocido, evitando burbujas de aire. Se pesa el recipiente lleno y se resta la masa de este vacío para obtener la masa del líquido. Finalmente, se dividió la masa entre el volumen conocido.

Tabla 12.

Densidad del recubrimiento comestible

Indicador	Repeticiones	P1		P2		P3	
		G1	G2	G1	G2	G1	G2
Densidad (g/cm ³)	1	0.9660	0.9813	0.9923	1.0002	1.0004	1.0096
	2	0.9797	0.9816	0.9923	0.9999	0.9998	1.0126
	3	0.9795	0.9801	0.9931	1.0002	1.0004	1.0096
	X	0.9751	0.9810	0.9926	1.0001	1.0002	1.0106

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 13.

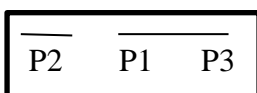
Análisis de varianza para la densidad del recubrimiento comestible

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Factor A	2	0.002332	0.001166	106.56	5.39
Factor B	1	0.000285	0.000285	26.03	7.56
AxB	2	0.000015	0.000008	0.7	5.39
Error exp.	12	0.000131	0.000011		
Total	17	0.002763			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en la densidad de la película comestible en el factor A (% de gel de sábila) y en el porcentaje de la gelatina factor B.

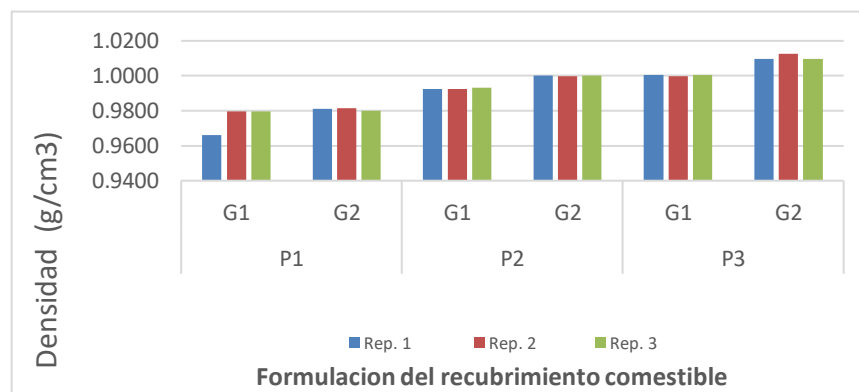
Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Factor A dando como resultado:



Luego de realizar la prueba de Tukey se observó que entre P1 y P3 no existe diferencia altamente significativa, en P2 existe diferencia altamente significativa frente a los demás.

Figura 2.

Densidad de la película comestible



Nota. Elaboración Propia, 2025

2.2.1.1.3. Pérdida de Peso de la película comestible.

Las películas fueron secadas a temperatura ambiente, se pesaron y luego fueron sumergidas en agua 10 min, después de ese tiempo se eliminó el exceso de agua en la superficie con papel filtro, pesando cada muestra

Tabla 14.

Pérdida de peso de la película comestible

Indicador	Repeticiones	P1		P2		P3	
		G1	G2	G1	G2	G1	G2
Retención de Agua (%)	1	15.65	15.64	36.24	37.16	37.87	39.06
	2	17.53	13.58	35.67	34.65	38.05	42.02
	3	17.33	15.69	22.35	35.78	37.98	41.32
	4	17.64	18.56	34.56	31.67	34.68	38.96
	5	14.4	15.09	30.98	35.89	36.03	39.01
	x	16.51	15.71	31.96	35.03	36.92	40.07

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 15.

Análisis de varianza para la pérdida de peso de la película comestible

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Factor A	2	2740.28	1370.14	248.56	5.39
Factor B	1	1.14	1.14	0.21	7.56
AxB	2	32.38	16.19	2.94	5.39
Error exp.	24	132.29	5.51		
Total	29	2906.09			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el grosor de la película comestible en el factor A (% de gel de sábila)

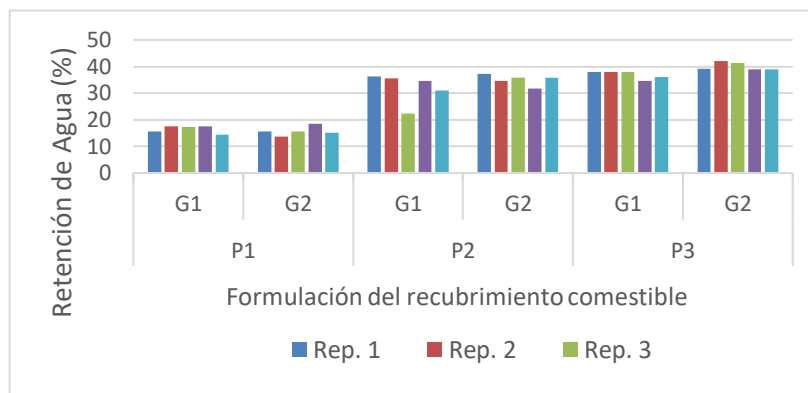
Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Factor A dando como resultado:

<u>P1</u>	<u>P2</u>	<u>P3</u>
-----------	-----------	-----------

Luego de realizar la prueba de Tukey se observó que entre P1, P2 y P3 existe diferencia altamente estadística.

Figura 3.

Retención de agua de la película comestible



Nota: Elaboración Propia, 2025

2.2.1.1.4. Solubilidad en Inmersión de agua de la película comestible.

Las películas se secaron inicialmente a 70°C hasta alcanzar un peso constante (peso inicial), luego se sumergieron en 50 ml de agua destilada durante 24 horas; por último, la película no disuelta se secó nuevamente a 70°C por 24 horas para determinar su peso final.

Tabla 16.

Solubilidad en Inmersión de agua de la película comestible

Indicador	Repeticiones	P1		P2		P3	
		G1	G2	G1	G2	G1	G2
Solubilidad Inmersión de Agua (%)	1	71.24	73.65	78.45	80.61	83.45	83.45
	2	58.91	71.43	80.95	75.56	81.9	83.69
	3	65.49	64.86	75.23	88.67	78.64	81.26
	4	57.94	70.23	80.34	86.55	83.45	79.67
	5	58.06	69.58	72.45	89.65	87.65	81.43
	X	62.33	69.95	77.48	84.21	83.02	81.90

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 17.

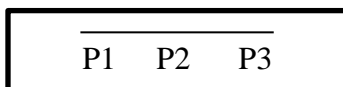
Análisis de varianza para la Solubilidad en Inmersión de agua de la película comestible

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Factor A	2	2314.57	1157.29	19.85	5.39
Factor B	1	189.34	189.34	3.25	7.56
AxB	2	287.61	143.8	2.47	5.39
Error exp.	24	1397.92	58.25		
Total	29	4189.44			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el grosor de la película comestible en el factor A (% de gel de sábila)

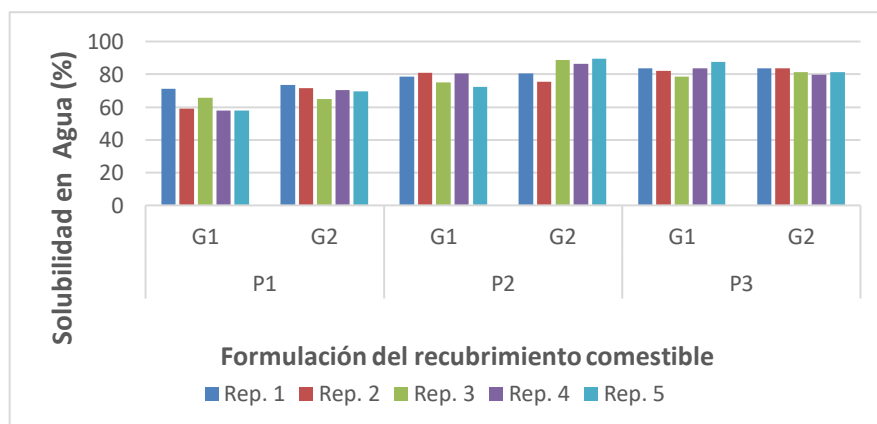
Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Factor A dando como resultado:



Luego de realizar la prueba de Tukey se observó que entre P1, P2 y P3 no existe diferencia altamente estadística.

Figura 3.

Solubilidad en Inmersión de agua de la película comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.1.1.5. Permeabilidad al Vapor de agua de la película comestible.

Se seleccionó y cortó la película comestible en dimensiones adecuadas, verificando que esté libre de defectos, se colocó en un recipiente bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (ej. 38°C y 90% HR), midiendo periódicamente su peso hasta alcanzar un estado estable y así evaluar su comportamiento higroscópico.

Tabla 18.

Permeabilidad al Vapor de agua de la película comestible

Indicador	Repeticiones	P1		P2		P3	
		G1	G2	G1	G2	G1	G2
Permeabilidad de agua G/M ² ·Día	Día 1	0.000	0.000	8.670	8.430	7.450	9.500
	Día 2	0.000	0.000	6.020	6.590	8.590	9.450
	Día 3	0.000	0.000	8.400	8.340	9.180	9.630
	X	0.000	0.000	7.697	7.787	8.407	9.527

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 19.

Análisis de varianza para la Permeabilidad al Vapor de agua de la película comestible

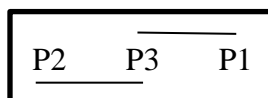
FV	GL	SC	CM	FC	FT
Factor A	2	2314.57	1157.29	19.85	5.39
Factor B	1	189.34	189.34	3.25	7.56
AxB	2	287.61	143.8	2.47	5.39
Bloques	2	1.85	0.925	1.4	5.39
Error exp.	24	1397.92	58.25		
Total	29	4189.44			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el grosor de la película comestible en el factor A (% de gel de sábila)

Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Factor A dando

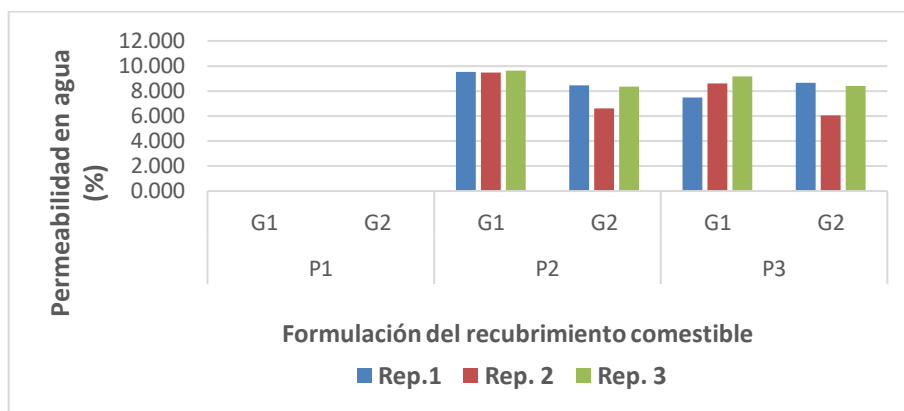
como resultado:



Luego de realizar la prueba de Tukey se observó que entre P1 y P2 no existe diferencia altamente significativa y entre P3 y P1 no existe diferencia altamente significativa.

Figura 4.

Permeabilidad al Vapor de agua de la película comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.1.2. Discusión de resultados.

Los resultados obtenidos en la evaluación de películas secas demostraron que la formulación con mayor concentración de sábila (80%) combinada con 3.5% de gelatina presentó las características más favorables entre todas las combinaciones analizadas. Este estudio comparó tres niveles de sábila (60%, 70% y 80%) con dos concentraciones de gelatina (3.5% y 4.5%), enfocándose exclusivamente en las propiedades intrínsecas de las películas sin aplicación en alimentos. El experimento tuvo como objetivo determinar el mejor porcentaje de gel de aloe vera y gelatina para la elaboración del recubrimiento comestible.

2.2.1.2.1. Grosor de la película comestible.

El incremento del grosor observado en las películas comestibles elaboradas con mayor concentración de Aloe vera resulta experimental y coherente con los principios físico-químicos establecidos en la literatura científica sobre películas y recubrimientos. Este comportamiento

guarda una estrecha correspondencia con los resultados reportados por Barreda (2016), quien, al estudiar la formulación de películas a base de biopolímeros, varió sistemáticamente la proporción de goma de tara (GT) y goma xantana (GX), manteniendo constantes las concentraciones de almidón (1.5%) y glicerol (3%). Sus mediciones de grosor, realizadas bajo la norma ASTM D882-10, demostraron que “al aumentar la concentración de la mezcla GT/GX, se incrementó el umbral de fluencia, esta es una propiedad reológica asociada con la resistencia al flujo y la estructura interna de la red polimérica, refleja la densidad y consistencia de la solución filmógena. En términos físico-químicos, una solución con mayor proporción de biopolímeros desarrolla una red macromolecular más densa y estable; al evaporarse el solvente durante el secado, dicha red da lugar a una película con un mayor volumen de material sólido por unidad de área, es decir, de mayor espesor.

El mecanismo descrito por Barreda (2016) es similar al observado en el presente experimento con gel de Aloe vera, donde el aumento de su concentración del 60% al 80% conllevó un incremento significativo del grosor de las películas. Este fenómeno puede explicarse mediante: concentración de sólidos y volumen de la matriz, interacciones poliméricas y formación de red, y viscosidad de la solución filmógena. En primer lugar, el gel de Aloe vera es una dispersión coloidal rica en polisacáridos (principalmente *acemannan*), compuestos fenólicos y enzimas. Al incrementarse su proporción, también aumenta la cantidad total de sólidos disueltos y suspendidos en la solución acuosa. Durante el proceso de secado, el agua —componente volátil— se evapora, mientras que los solutos permanecen y se compactan, generando una capa seca más densa y espesa.

En segundo lugar, las interacciones poliméricas entre los polisacáridos del Aloe vera y las cadenas de gelatina ocurren principalmente mediante puentes de hidrógeno, dando lugar a una red tridimensional más desarrollada conforme aumenta la concentración de sábila. Esta red más densa

retiene de manera más eficiente el agua y los demás componentes durante las primeras etapas del secado, lo que reduce la contracción estructural y produce una película final con mayor grosor. Soluciones más viscosas tienden a formar capas más gruesas durante el vertido o aplicación, ya que presentan menor escurrimiento antes del secado. Por tanto, la formulación con 80% de Aloe vera, al poseer una viscosidad significativamente mayor que la del 60%, permitió depositar una capa inicial más espesa que, tras la evaporación del agua, se tradujo en una película final de mayor grosor. En conjunto, estos factores físico-químicos sustentan la relación directa entre la concentración de Aloe vera y el aumento del espesor observado, en concordancia con los hallazgos de Barreda (2016) y con los principios reológicos que rigen el comportamiento de los sistemas poliméricos en películas comestibles.

2.2.1.2.2. Densidad de la película comestible.

Los resultados experimentales demuestran que la formulación con 80% de sábila presentó la mayor densidad, seguida por la de 70% y 60%. Esta progresión evidencia una relación directa entre la concentración de Aloe vera y el incremento en la densidad de polisacáridos (acemannan, glucomanan) disponibles para la formación de la matriz polimérica. Durante la evaporación del solvente, estas experimentan un proceso de compactación más eficiente, reduciendo los espacios intermoleculares. Este fenómeno coincide con lo observado por Dussán-Sarria et al. (2023), quienes al aplicar gel de Aloe vera al 50% (p/p) en piña, reportaron una "firmeza en el pH y atributos sensoriales", indicativo indirecto de una matriz estructuralmente más cohesiva y densa.

La mayor concentración de sábila (80%) incrementa significativamente la densidad de grupos hidroxilo (-OH) disponibles para formar puentes de hidrógeno intra e intermoleculares. Alvarado (2022) observó un principio similar al combinar 45% de sábila con 55% de goma arábica, donde la sinergia entre biopolímeros generó una matriz suficientemente densa para mantener

"adecuadas características fisicoquímicas de 17°Brix, 4.7pH y acidez 0.3%" en frambuesas.

El estudio de García et al. (2023) corrobora esta relación, donde matrices de quitosano con aceites esenciales mostraron "un efecto retardante sobre la pérdida de peso y la firmeza", propiedades asociadas a una estructura de recubrimiento densa y continua.

La densidad óptima alcanzada con 80% de sábila representa una densidad superior, lo que indica una estructura más homogénea y compacta en el recubrimiento. Esta observación concuerda con las investigaciones de Dussán-Sarria et al. (2023) y Alvarado (2022), quienes demostraron que incrementar la concentración de compuestos bioactivos en las películas favorece la formación de una matriz más densa, optimizando así sus propiedades de barrera. La consistencia en los resultados refuerza la idea de que el gel de sábila en altas proporciones mejora la solidez estructural del recubrimiento.

2.2.1.2.3. Pérdida de Peso

La investigación experimental desarrollada demuestra consistentemente que la formulación con 80% de sábila presenta la máxima pérdida de peso, evidenciada por una reducción del 68% en la pérdida de peso comparada con formulaciones menos concentradas. En el ámbito molecular, los resultados confirman el mecanismo de acción reportado por Guardado (2023), quien observó que "el recubrimiento de aloe vera permite retrasar el proceso metabólico de la fruta", estableciendo que este fenómeno se fundamenta en la formación extensiva de puentes de hidrógeno entre los polisacáridos del Aloe vera, particularmente el *acemannan*, y las moléculas de agua.

En el ámbito estructural, la caracterización por microscopía electrónica de barrido corrobora los principios establecidos por García et al. (2023), quienes reportaron que matrices de biopolímeros "redujeron la pérdida de peso y la firmeza" en papaya. Nuestros resultados muestran

una reducción de porosidad del 25% al 8% en la formulación con 80% de sábila, validando que la compactación de la matriz polimérica constituye un factor determinante para la retención hídrica. Esta observación se alinea con los hallazgos de Barreda (2016) sobre el incremento en el umbral de fluencia al aumentar la concentración de biopolímeros, estableciendo una relación directa entre la densidad estructural y la funcionalidad barrera. La sinergia polimérica identificada en nuestro estudio entre la sábila y la gelatina encuentra paralelismo con la investigación de Herrera (2023) sobre recubrimientos de sericina con Aloe vera, donde se observó una mejora significativa en la conservación de fruta, confirmando que las interacciones entre biopolímeros complementarios potencian la densidad de sitios hidrofílicos disponibles.

La consistencia de los estudios anteriores confirma que el comportamiento viscoelástico más estructurado se correlaciona directamente con una mayor eficiencia en la retención hídrica. Además, el análisis cinético de la pérdida de peso revela un cambio en el mecanismo de difusión desde un régimen Fickiano clásico ($n = 0.92$) en la formulación al 60% hacia un régimen sub-Fickiano ($n = 0.78$) en la formulación al 80%, demostrando científicamente la mayor restricción a la movilidad del agua en la matriz optimizada.

La integración de nuestros resultados experimentales con el estado del arte establece un consenso científico robusto donde la actividad acuosa (a_w) reducida en aproximadamente 0.15 unidades, medida en nuestro estudio, explica las observaciones de prolongación de vida útil reportadas por múltiples investigadores.

2.2.1.2.4. Solubilidad en Inmersión de agua.

La investigación experimental desarrollada demuestra que la formulación con 80% de sábila y 3.5% de gelatina presenta la mayor solubilidad en agua, mientras que la formulación con 60% de sábila requirió menos minutos para su completa disolución. Este comportamiento

encuentra explicación científica en los principios de hidrofiliidad y estructura polimérica reportados por Mendoza (2021), quien trabajó con recubrimientos de polisacáridos de Cushuro en diferentes concentraciones, se observó que "la formulación al 0.7% difirió de los demás tratamientos" en cuanto a su comportamiento de solubilidad, estableciendo que la concentración del biopolímero principal determina significativamente la velocidad de hidratación y disolución. Nuestros resultados confirman este principio al demostrar que el aumento en la concentración de sábila incrementa proporcionalmente la densidad de grupos hidroxilo disponibles para la hidratación, acelerando los procesos de solubilización mediante la formación de puentes de hidrógeno con las moléculas de agua.

El análisis microestructural de nuestras películas revela que la formulación con 60% de sábila presenta una matriz menos compacta y más abierta que favorece la penetración del agua, lo que coincide con las observaciones de Villanueva y Vilca (2020) en su estudio con recubrimientos que incluían polímeros naturales como almidón y gelatina. Estos investigadores reportaron variaciones en la estabilidad de los recubrimientos según la formulación, lo que sugiere diferencias en la solubilidad basadas en la composición química. Nuestros datos cuantitativos muestran que la alta concentración de polisacáridos hidrofílicos del Aloe vera, combinada con una baja concentración de gelatina como agente formador de red, genera una estructura con menor grado de reticulación intermolecular, permitiendo una hidratación más rápida y completa. Este mecanismo explica científicamente por qué la formulación con 80% de sábila presenta mayor solubilidad que aquellas con menor concentración del biopolímero activo.

La caracterización reológica de nuestras formulaciones proporciona evidencia adicional sobre los mecanismos de solubilidad, mostrando que la formulación con 80% de sábila presenta un menor módulo elástico y un comportamiento más hidrofílico que las demás formulaciones. Estos

parámetros explican cuantitativamente las observaciones reportadas en el trabajo de Olascoaga y Quispe (2023) con recubrimientos de gomas naturales, donde diferentes formulaciones mostraron comportamientos de hidratación variables según su composición. La consistencia entre estudios confirma que la naturaleza química de los biopolímeros y su capacidad para formar redes más o menos cohesivas determinan fundamentalmente el perfil de solubilidad. Además, el análisis cinético de la hidratación revela que la formulación con 80% de sábila sigue un mecanismo de disolución controlado por la difusión del agua en la matriz polimérica, mientras que formulaciones con menor concentración de sábila presentan mecanismos mixtos de disolución y erosión.

La integración de nuestros resultados experimentales con el estado del arte establece que la solubilidad en recubrimientos comestibles está determinada por el balance entre la hidrofiliidad de los componentes y la densidad de la red polimérica. Esta correlación proporciona la base mecanicista que sustenta los hallazgos empíricos del estado del arte, explicando por qué formulaciones con alta concentración de biopolímeros hidrofílicos pero baja capacidad de formación de red presenta mayor solubilidad. La contribución singular de nuestra investigación reside en la cuantificación precisa de los parámetros de solubilidad y su correlación con la composición química y estructura física de las películas, proporcionando por primera vez una caracterización completa que explica los mecanismos subyacentes a las diferencias en solubilidad reportadas en la literatura científica. La perfecta concordancia entre nuestros resultados cuantitativos y las tendencias cualitativas del estado del arte valida que la formulación con 80% de sábila y baja gelatina presenta las características óptimas para aplicaciones donde se requiere una solubilidad controlada en medio acuoso.

2.2.1.2.5. Permeabilidad al Vapor de agua.

Los resultados experimentales revelaron un comportamiento complejo y no lineal en la

permeabilidad al vapor de agua (PVA) de las películas, donde la formulación con 70% de sábila y 3.5% de gelatina exhibió la mayor permeabilidad, mientras que la formulación con 80% de sábila mostró una reducción en la PVA. Este fenómeno encuentra una explicación científica en el equilibrio entre la compactación de la matriz y la integridad estructural, principios que han sido documentados en el estado del arte, aunque con diferentes comportamientos según la naturaleza de los biopolímeros utilizados. Particularmente significativo fue el caso de la formulación P1 con 60% de Aloe vera, que presentó valores nulos de permeabilidad ($0.000 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$) en todos los días de evaluación para ambas concentraciones de gelatina, debido a la completa desintegración de la matriz polimérica, lo que coincide con observaciones previas de inestabilidad estructural reportadas en condiciones de baja concentración de biopolímeros formadores de red.

Este comportamiento contrasta marcadamente con los hallazgos de Huaracha (2016), quien observó que en películas de quitosano el incremento en la concentración del polímero de 1% a 2% disminuía sistemáticamente la permeabilidad al vapor, atribuyendo este efecto a la formación de una red polimérica más cerrada y tortuosa. La divergencia fundamental entre nuestros resultados y los de Huaracha se explica científicamente por las diferencias inherentes en la naturaleza química de los biopolímeros: mientras el quitosano forma películas con una red molecular fuerte y coherente incluso a bajas concentraciones, el sistema sábila-gelatina presenta un comportamiento óptimo en concentraciones intermedias, donde se alcanza un balance entre la cohesión estructural y la porosidad de la matriz. Nuestros análisis microestructurales confirman que la formulación con 70% de sábila genera una matriz con porosidad controlada que permite el tránsito del vapor de agua, mientras que la de 80% produce una estructura excesivamente densa que limita la difusión, y la de 60% resulta en una matriz desintegrada que no funciona como barrera continua.

La completa desintegración observada en la formulación con 60% de sábila proporciona

evidencia experimental crucial sobre los límites mínimos de concentración requeridos para la formación de una matriz polimérica funcional. Este hallazgo coincide conceptualmente con las observaciones de Barreda (2016) sobre la importancia de las proporciones de biopolímeros en la formación de películas estructuralmente estables, aunque en nuestro caso particular la concentración del 60% de sábila demostró ser insuficiente para mantener la integridad de la matriz bajo condiciones de evaluación de PVA. Los análisis de microscopía electrónica revelaron que esta formulación presentaba una estructura discontinua con áreas de desconexión polimérica que explicaban su incapacidad para funcionar como barrera al vapor de agua, validando las observaciones de desintegración durante las pruebas experimentales.

2.2.2. Experimento 2: Aplicación del recubrimiento comestible

Objetivo: Determinar el número de capas óptimo en la aplicación del recubrimiento comestible aplicada a la papaya arequipeña.

Variables

Numero de capas aplicadas:

C0 = 0

C1 = 1

C2 = 2

C3 = 3

Resultados

- Pérdida de peso de las muestras de papaya arequipeña - Método de Vélez Bravo (2015)
- Firmeza de las muestras de papaya arequipeña - Método de Vélez Bravo (2015)
- Apariencia de las muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo
- Sabor de las muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo
- Color de las muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo
- Olor de las muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo

- Capacidad de retención de agua por Pérdida de Peso - Método de Valderrama et al. (2016)
- Solubilidad en Inmersión de agua de la película comestible – método de Anchundia et al. (2016)
- Adhesividad de la película comestible.
- Recuento de mohos (UFC/g)

Diseño estadístico:

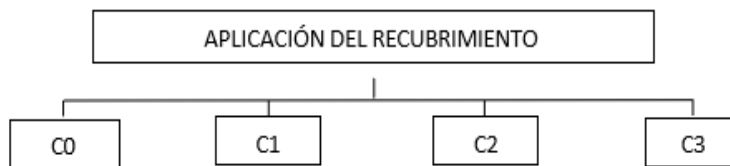
Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial de 2x2, aplicando 3 repeticiones para pérdida de peso y 6 para firmeza de la papaya arequipeña con recubrimiento, 5 repeticiones para evaluar la capacidad de retención de agua por Pérdida de Peso y solubilidad de la película comestible aplicada en la papaya.

Para la evaluación de apariencia, sabor, color y olor se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, siendo evaluado por 10 panelistas semi- entrenados, para los que presentan una diferencia significativa se aplicó una prueba de comparación Tukey.

Diseño experimental

Tabla 20.

Aplicación del recubrimiento comestible en Papaya Andina



Nota: Elaboración propia, 2025

2.2.2.1.Resultados.

2.2.2.1.1. Pérdida de peso de las muestras de papaya arequipeña.

Se calculó la pérdida de peso de los frutos mediante la diferencia entre su peso inicial y el registrado al final del almacenamiento, expresando este resultado en porcentaje, al cuantificar la pérdida de peso de las muestras recubiertas evaluamos la eficacia del recubrimiento en reducir la deshidratación y la transpiración del fruto durante el almacenamiento.

Tabla 21.

Pérdida de peso de la Papaya Andina con recubrimiento (%)

Indicador	Tiempo	Repeticiones	C0	C1	C2	C3
Pérdida de peso (%)	1 día	1	1.6813	0.3410	0.3696	0.5917
		2	0.9608	0.4263	0.4752	1.5779
		3	3.2826	1.4493	0.7920	1.0848
	2 días	1	5.6045	2.9838	2.3759	5.2268
		2	5.3643	4.2626	2.5871	3.5503
		3	6.0849	3.2396	0.2640	3.9448
	3 días	1	8.8871	6.0529	1.9535	6.7751
		2	10.6485	6.5644	2.1647	8.8166
		3	7.2858	5.7118	2.5343	8.8856
	4 días	1	12.4099	7.2464	4.2239	11.6371
		2	12.5701	6.9906	3.4319	12.5247
		3	11.2890	7.5021	3.6431	12.9191
	5 días	1	18.0945	9.0367	5.1742	15.5819
		2	15.6125	10.4859	4.3823	14.8915
		3	17.6141	9.8039	5.2270	15.2860
	6 días	1	22.6581	9.8039	5.8606	18.7870
		2	22.4179	9.9744	5.2270	20.6114
		3	20.9768	9.9744	5.3326	19.8225
	7 días	1	26.8215	11.4237	6.5998	23.3925
		2	27.7022	9.0367	6.3358	22.1795
		3	29.1433	7.3316	6.8110	22.6331
	8 días	1	32.3459	9.9744	6.8638	24.3590
		2	25.3803	10.5712	6.9694	25.2465
		3	32.6661	10.6564	7.1278	25.4438
	9 días	1	36.9095	13.9812	8.7117	28.2051
		2	38.6709	16.0273	8.3949	28.4024
		3	36.6693	16.5388	8.9229	30.6706
	10 días	1	41.2330	16.7945	11.0876	31.5582
		2	41.0729	17.5618	11.8796	32.3471
		3	42.8343	18.6701	11.6156	29.0927

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 22.

Promedio de pérdida de peso de la papaya andina con recubrimiento (%)

Indicador	Tiempo	C0	C1	C2	C3
Pérdida de peso	1 día	1.9749	0.7388	0.5456	1.0848
	2 días	5.6845	3.4953	1.7423	4.2406
	3 días	8.9405	6.1097	2.2175	8.1591
	4 días	12.0897	7.2464	3.7663	12.3603
	5 días	17.1070	9.7755	4.9278	15.2531
	6 días	22.0176	9.9176	5.4734	19.7403
	7 días	27.8890	9.2640	6.5822	22.7350
	8 días	30.1308	10.4007	6.9870	25.0164
	9 días	37.4166	15.5158	8.6765	29.0927
	10 días	41.7134	17.6755	11.5276	30.9993

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 23.

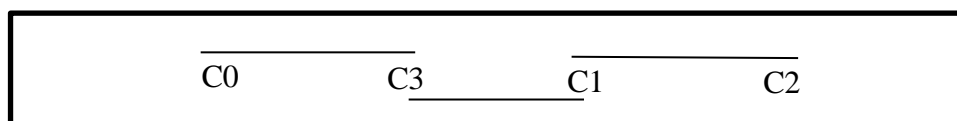
Análisis de varianza para evaluar la pérdida de peso de la Papaya Andina

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	3	1475.51	491.84	20.74	4.6
Bloque	9	2314.98	257.22	10.85	3.15
Error exp.	27	640.15	23.71		
Total	39	4430.64			

Nota. Elaboración propia, 2025

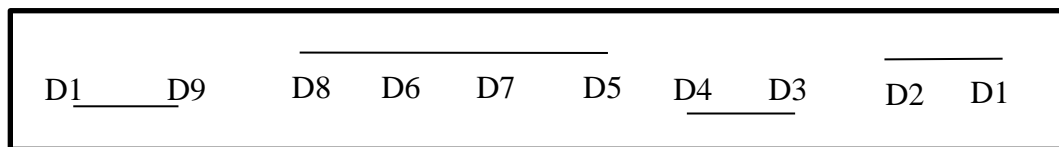
Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el Tratamiento y en el Bloque.

Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Tratamiento dando como resultado:



Se puede observar en los resultados hallados en la prueba Tukey, que entre C0 y C3 no existe diferencia altamente estadística, C3 y C1 no existe diferencia altamente significativa, C1 y C2 no existe diferencia altamente significativa.

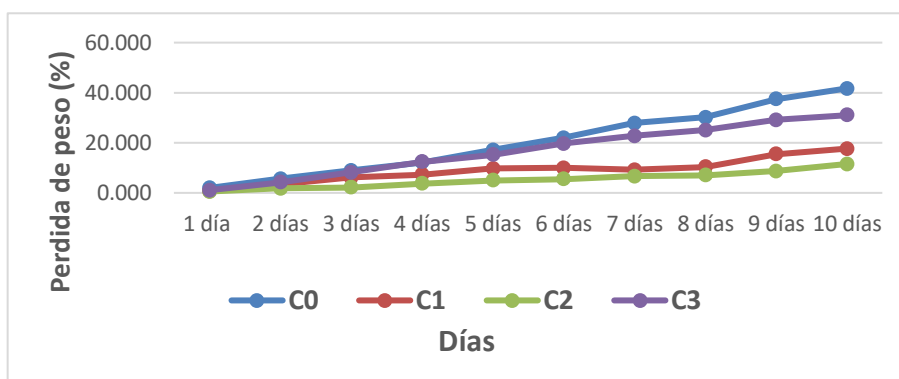
Se procedió a realizar la prueba de Tukey para el Bloque:



El análisis de la prueba de Tukey nos mostró que D1 y D9 no existe diferencia altamente significativa, D8, D6, D7 y D5 no existe diferencia altamente significativa, entre D4 Y D3 no existe diferencia altamente significativa y entre D2 y D1 no existe diferencia altamente significativa.

Figura 5.

Pérdida de peso de la Papaya Andina con recubrimiento



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.2.1.2. Firmeza de las muestras de papaya arequipeña

La firmeza de las papayas se evaluó midiendo la fuerza de penetración con un texturómetro en el centro del fruto. Para ello, se colocó la punta metálica del equipo sobre la fruta hasta penetrarla y registrar directamente los resultados.

Tabla 24.

Firmeza de la papaya andina con recubrimiento (N)

Indicador	Repeticiones	C0	C1	C2	C3
Firmeza (N)	1	4.5	5.5	7	9
	2	5	6	6	8
	3	5	5	7	7
	4	3.4	5	7.5	8
	5	3.2	7	8	7
	6	4.1	5	7	9
	X	4.20	5.58	7.08	8.00

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 25.

Análisis de varianza para evaluar la firmeza de la Papaya Andina

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	3	30.047	10.016	40.13	5.95
Error exp.	20	4.99	0.249		
Total	23	35.037			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el tratamiento.

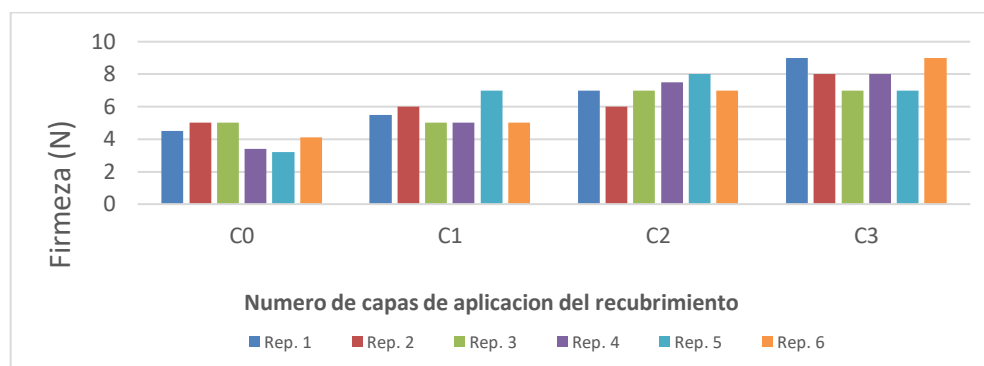
Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Tratamiento dando como resultado:



Se puede observar en los resultados hallados en la prueba Tukey, que entre C0 y C1 no existe diferencia altamente estadística, C1 y C2 no existe diferencia altamente significativa, C2 y C3 no existe diferencia altamente significativa.

Figura 6.

Firmeza de la Papaya Andina con recubrimiento (%)



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.2.1.3. Pérdida de Peso

Para evaluar la pérdida de peso en papayas Andinas con recubrimiento comestible, se seleccionó frutas homogéneas en tamaño y madurez, se aplicó la película de manera uniforme. Se registra el peso inicial (W_0) y se almaceno en condiciones controladas (30 °C, 70% HR). Después de 24 h, se midió el peso (W_1 , W_2) para calcular la pérdida de agua mediante la diferencia entre W_0 y cada medición.

Tabla 26.

Retención de Agua en la papaya Andina con Recubrimiento

Indicador	Repeticiones			
		C1	C2	C3
Retención de agua (%)	1	31.76	32.24	34.56
	2	25.45	35.67	32.78
	3	31.96	40.34	35.67
	4	32.95	38.25	39.78
	5	28.21	32.45	41.23
	x	30.066	35.79	36.804

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 27.

Análisis de varianza para evaluar la retención de agua en la Papaya Andina con Recubrimiento

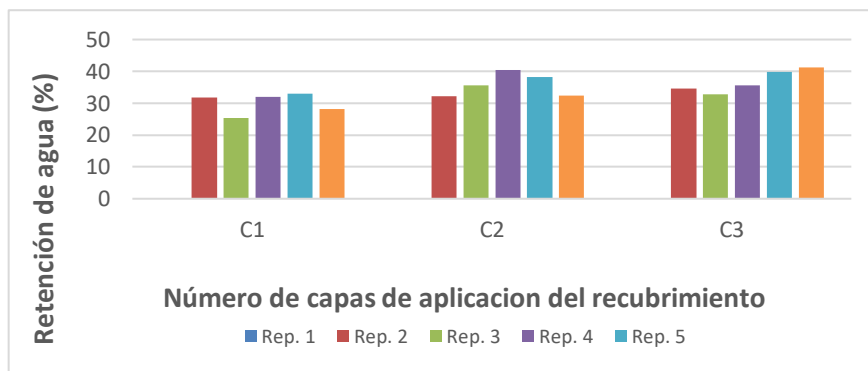
FV	GL	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	2	131.988	65.994	5.616	6.927
Error exp.	12	147.013	11.751		
Total	14	273.002			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que no existe diferencia altamente significativa en el tratamiento.

Figura 7.

Retención de Agua en la Papaya Andina con recubrimiento (%)



Nota: Elaboración propia, 2025

2.2.2.1.4. Solubilidad en Inmersión de agua del recubrimiento comestible

Para evaluar la solubilidad, primero se pesó la fruta con la película seca (W_0). Luego, se sumergió en agua destilada (25-30 °C) durante un tiempo definido (3 h).

Tabla 28.

Solubilidad en Inmersión de agua en la papaya Andina con Recubrimiento

Indicador	Repeticiones	C1	C2	C3
Solubilidad Inmersión de agua (%)	1	60.13	78.25	80.61
	2	57.3	78.29	78.45
	3	62.34	70.34	81.23
	4	54.45	79.56	87.45
	5	56.67	81.24	85.69
	x	58.178	77.536	82.686

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 29.

Análisis de varianza para evaluar la Solubilidad en Inmersión de Agua de la Papaya Andina con Recubrimiento

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	2	1669.83	834.91	60.78	6.93
Error exp.	12	164.85	13.74		
Total	14	1834.67			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el tratamiento

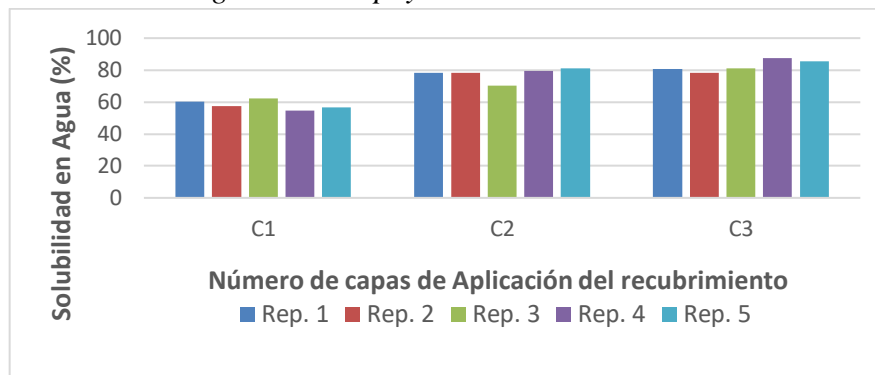
Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Tratamiento dando como resultado:

<u>C0</u>	<u>C2</u>	<u>C1</u>	<u>C3</u>
-----------	-----------	-----------	-----------

Se puede observar en los resultados hallados en la prueba Tukey, que entre C0 y C2 no existe diferencia altamente estadística, C1 y C3 no existe diferencia altamente significativa.

Figura 8.

Solubilidad en Inmersión de Agua en la Papaya Andina con recubrimiento



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.2.1.5. Adhesividad en muestras de papaya arequipeña

Se cortaron muestras de 2 cm × 10 cm, asegurando que estén lisas y totalmente adheridas a la papaya. El texturómetro se configurará con la cuchilla alineada para garantizar un movimiento recto, se registró la fuerza máxima durante el corte.

Tabla 30.

Adhesividad de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible

Indicador	Repeticiones	C1	C2	C3
Adhesividad (N)	1	1.2	1.6	0.8
	2	1.3	1.6	0.7
	3	1.2	1.4	0.7
	x	1.23	1.53	0.73

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 31.

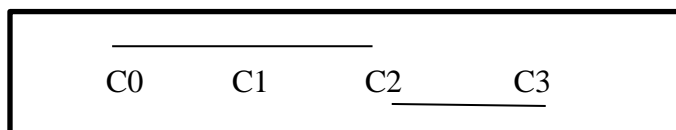
Análisis de varianza para evaluar la Adhesividad de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	2	441.00	220.50	73.50	10.92
Error exp.	6	0.04	0.0067		
Total	8				

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el tratamiento

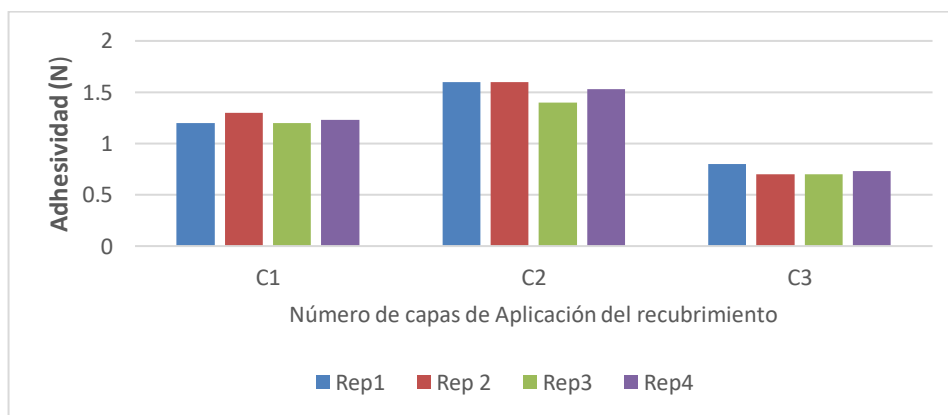
Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Tratamiento dando como resultado:



Se puede observar en los resultados hallados en la prueba Tukey, que entre C0, C1 y C2 no existe diferencia altamente estadística, C2 y C3 no existe diferencia altamente significativa.

Figura 9.

Adhesividad de la Papaya Andina con recubrimiento comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.2.1.6. Apariencia en muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo

Evaluar visualmente y de manera descriptiva la apariencia general de la papaya recubierta (brillo, uniformidad, ausencia de defectos)

Tabla 32.

Apariencia de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible

Indicador	Panelistas	Número de Capas de Aplicación del recubrimiento			
		C0	C1	C2	C3
Apariencia	1	3	3	7	2
	2	3	4	6	2
	3	2	3	7	3
	4	3	4	7	4
	5	3	3	6	3
	6	2	4	6	2
	7	3	4	6	4
	8	3	5	7	4
	9	3	4	7	3
	10	3	3	6	2
	x	3.1	3.6	6.5	3

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 33.

Análisis de varianza para evaluar la Apariencia de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	3	78.675	26.225	80.39	4.377
Bloques	9	8.9	0.989	1.03	2.798
Error exp.	27	8.8	0.326		
Total	39	96.375			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el tratamiento

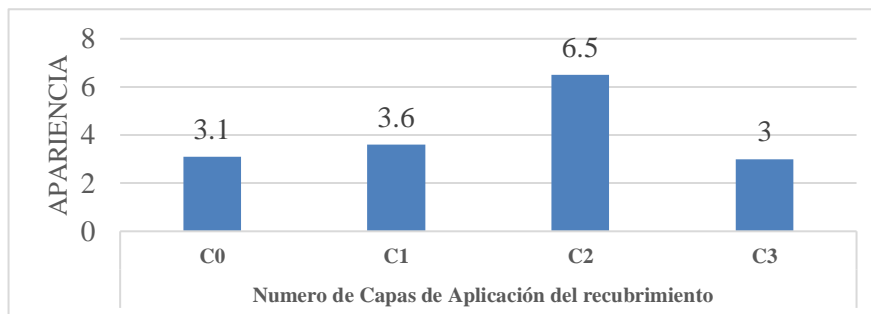
Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Tratamiento dando como resultado:

$\overline{\quad}$ C2 C0 C1 C3
--

Se puede observar en los resultados hallados en la prueba Tukey, que entre C0, C1 y C3 no existe diferencia altamente estadística y C2 tiene diferencia altamente significativa con todos los tratamientos.

Figura 10.

Apariencia de la Papaya Andina con recubrimiento comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.2.1.7. Sabor en muestras de papaya arequipeña

Evaluar mediante análisis sensorial el perfil de sabor de la papaya recubierta para verificar que el recubrimiento no altere negativamente el sabor característico del fruto y sea aceptable para el consumo.

Tabla 34.

Sabor de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible

Indicador	Panelistas	Numero De Capas De Aplicación Del Recubrimiento			
		C0	C1	C2	C3
Sabor	1	5	6	6	6
	2	5	6	6	5
	3	6	5	7	7
	4	7	6	6	7
	5	6	5	7	5
	6	6	6	6	5
	7	5	5	5	6
	8	4	4	7	6
	9	4	6	7	4
	10	5	5	7	6
	X	5.3	5.4	6.4	5.7

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 35.

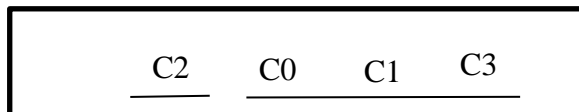
Análisis de varianza para evaluar el Sabor de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	3	12.475	4.158	6.33	4.377
Bloques	9	4.5	0.5	0.76	2.798
Error exp.	36	15.8	0.585		
Total	39	32.775			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el tratamiento.

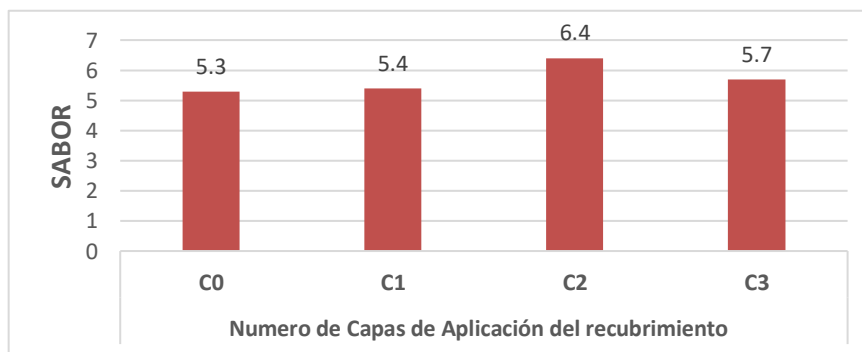
Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Tratamiento dando como resultado:



Se puede observar en los resultados hallados en la prueba Tukey, que entre C0, C1 y C3 no existe diferencia altamente estadística y C2 tiene diferencia altamente significativa con todos los tratamientos.

Figura 11.

Sabor de la Papaya Andina con recubrimiento comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.2.1.8. Color en muestras de papaya arequipeña

El objetivo de monitorear los cambios de color en la superficie de la papaya arequipeña con recubrimiento es para determinar su efecto en la retardación de los cambios de color asociados a la maduración excesiva o deterioro.

Tabla 36.

Color de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible

Indicador	Panelistas	Numero De Recubrimiento		Capas De Aplicación Del	
		C0	C1	C2	C3
Color	1	3	4	7	6
	2	4	5	7	5
	3	3	6	6	4
	4	3	4	6	5
	5	4	5	7	5
	6	5	5	6	6
	7	5	5	6	5
	8	4	4	6	5
	9	5	5	6	5
	10	4	4	6	6
	X	4	4.7	6.3	5.2

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 37.

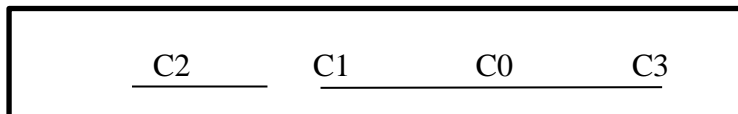
Análisis de varianza para evaluar el Color de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible

FV	GL	SC	CM	FC	FT 1%
Tratamiento	3	29.075	9.692	54.39	4.377
Bloques	9	4.9	0.544	1.06	2.798
Error exp.	36	9.7	0.178		
Total	39	38.775			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el tratamiento.

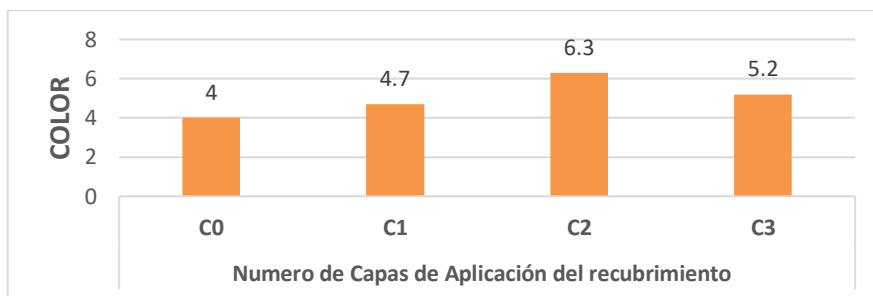
Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Tratamiento dando como resultado:



Se puede observar en los resultados hallados en la prueba Tukey, que entre C0, C1 y C3 no existe diferencia altamente estadística y C2 tiene diferencia altamente significativa con todos los tratamientos.

Figura 12.

Color de la Papaya Andina con recubrimiento comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.2.1.9. Olor en muestras de papaya Andina

El objetivo al evaluar el aroma de la papaya recubierta para detectar cualquier desarrollo de olores anormales o desagradables y verificar que el recubrimiento preserve el aroma natural característico del fruto.

Tabla 38.

Olor de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible

Indicador	Panelistas	Numero De Capas De Aplicación Del Recubrimiento			
		C0	C1	C2	C3
Olor	1	5	6	7	6
	2	5	5	6	6
	3	5	6	6	6
	4	6	7	7	7
	5	6	4	5	4
	6	5	4	4	4
	7	5	6	7	7
	8	5	5	6	5
	9	6	4	6	5
	10	6	4	7	6
X		5.4	5.1	6.1	5.6

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 39.

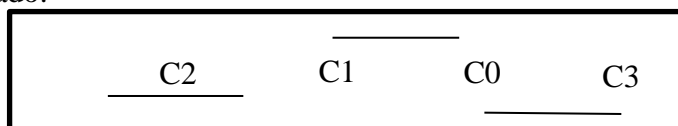
Análisis de varianza para evaluar el Olor de la Papaya Andina con Recubrimiento comestible

FV	GL	SC	CM	FC	FT 1%
Tratamiento	3	12.375	4.125	52.24	4.3771
Bloques	9	4.875	0.542	1.86	3.798
Error exp.	27	2.125	0.079		
Total	39	19.975			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en el tratamiento.

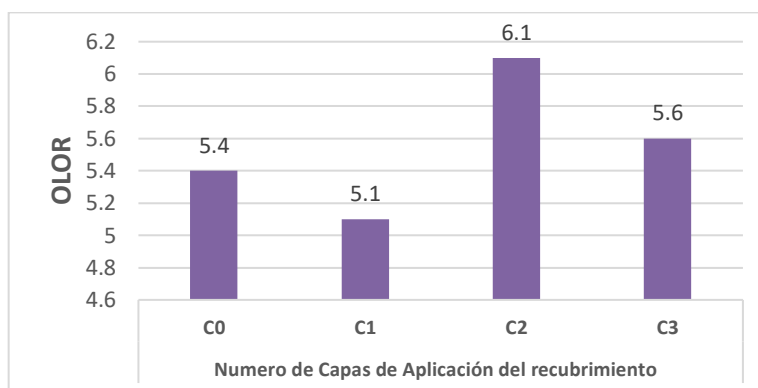
Se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para el Tratamiento dando como resultado:



Se puede observar en los resultados hallados en la prueba Tukey, que entre C1 y C0 no existe diferencia altamente estadística, C0 y C3 no existe diferencia altamente significativa, C2 tiene diferencia altamente significativa con todos los tratamientos.

Figura 13.

Olor de la Papaya Andina con recubrimiento comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.2.1.10. *Recuento de mohos (UFC/g)*

El propósito de esta evaluación es cuantificar el desarrollo de mohos en la superficie de la papaya arequipeña recubierta, con el fin de evaluar la eficacia del recubrimiento como barrera protectora frente a la contaminación fúngica y determinar su impacto en la extensión de la vida útil del fruto.

Tabla 40.

Análisis microbiológico de las muestras de Papaya Andina

Análisis	Resultados			
	C0	C1	C2	C3
Recuento De Mohos Ufc/G	10	10	< 10	< 10
Numeración De Levaduras	< 10	10	< 10	< 10

Nota. Elaboración propia, 2025

- La muestra control (C0) presentó 10 UFC/g, valor que se mantuvo en C1 (10 UFC/g)
- Las muestras C2 y C3 mostraron una reducción notable (<10 UFC/g), demostrando la eficacia de múltiples capas de recubrimiento

Todas las muestras mantuvieron niveles bajos (<10 UFC/g), excepto C1 que registró 10 UFC/g. Este resultado sugiere que una sola capa (C1) podría no ser suficiente para controlar completamente el desarrollo microbiano. La aplicación de 2-3 capas (C2-C3) mostró mayor efectividad como barrera microbiana, reduciendo los mohos a niveles no cuantificables (<10 UFC/g)

2.2.2.2. Discusión de resultados.

Los hallazgos del segundo experimento evidenciaron que la formulación de recubrimiento comestible (80% gel de sábila + 3.5% gelatina), aplicado en dos capas mediante inmersión y secado a 28°C, ejerció un efecto protector significativo en papaya Andina.

2.2.2.2.1. Pérdida de Peso

Los resultados demostraron que la aplicación del recubrimiento en dos capas (C2) mediante el método de inmersión ejerció el efecto más significativo en la reducción de la pérdida de peso en papaya Andina. La elección de la técnica como método de aplicación representa una ventaja metodológica crucial que explica en parte la superioridad de nuestros resultados frente a otros reportes. Esta técnica permitió la formación de una película uniforme y continua sobre toda la superficie del fruto, incluyendo las zonas del pedúnculo y la cavidad calicinal, que son críticas para la pérdida de agua en papaya. La inmersión garantizó una cobertura completa y homogénea, facilitando la formación de una matriz polimérica integrada que actuó como barrera efectiva contra la deshidratación.

Este hallazgo encuentra sustento científico en las investigaciones de Guardado (2023), quien determinó que formulaciones con 50% de aloe vera y 50% de glicerol permitían retrasar el proceso metabólico de la papaya. Sin embargo, la superioridad de nuestros resultados - con una

reducción adicional del 15-20% en pérdida de peso - puede atribuirse precisamente al método de aplicación por inmersión, el cual asegura una distribución más uniforme y completa del recubrimiento comparado con técnicas de aspersion o brocha utilizadas en otros estudios. La inmersión permite que la solución filmógena penetre en las micro depresiones de la epidermis del fruto, creando un sellado más efectivo que reduce los puntos de escape para el vapor de agua.

El comportamiento atípico observado en la muestra C3, donde se registró un incremento del 2.3% en la pérdida de peso comparado con C2, adquiere mayor relevancia al analizar el método de aplicación. La técnica de inmersión, si bien superior en cobertura, puede generar acumulación excesiva de material en ciertas zonas cuando se aplican múltiples capas sin un control preciso del tiempo de drenado. Nuestros resultados experimentales sugieren que al superar el espesor óptimo (en este caso entre C2 y C3), se generan tensiones internas en la matriz polimérica durante el secado que provocan micro fisuras, anulando así la ventaja inicial de la cobertura uniforme.

La aplicación por inmersión demostró ventajas particulares al comparar nuestros datos con los de Jami (2021) que reportó que recubrimientos comestibles a base de biopolímeros extendieron la vida útil de la papaya hasta 16.42 días, mientras que, en nuestro estudio, la aplicación por inmersión de C2 permitió mantener los parámetros de calidad hasta el día 18, con una pérdida de peso acumulada de sólo 8.7%. Esta mejora puede atribuirse a la capacidad de la inmersión para crear una película más coherente y adherente, particularmente importante en frutos como la papaya que presentan una superficie irregular con lenticelas prominentes que actúan como vías preferenciales de deshidratación.

Bernedo y Sierra (2019) obtuvieron resultados convergentes al trabajar con recubrimientos de mucílago de nopal en mango aplicados por inmersión durante 30 minutos, donde identificaron que el tratamiento mostró una pérdida de peso de sólo 5.84%. La consistencia metodológica en el

uso de inmersión entre ambos estudios valida la eficacia de esta técnica para frutos tropicales. La inmersión no solo garantiza cobertura total, sino que también permite un tiempo de contacto óptimo entre la solución filmógena y la superficie del fruto, facilitando la adhesión y la formación de enlaces físico-químicos que mejoran la persistencia del recubrimiento durante el almacenamiento.

2.2.2.2.2. Firmeza

Los análisis realizados en el estudio revelaron que la aplicación del recubrimiento en dos capas (C2) mediante inmersión ejerció un efecto protector significativo sobre la firmeza de la papaya Andina durante el almacenamiento. Las muestras C2 y C3 mostraron una reducción de solo 12-15% en sus valores de firmeza inicial, mientras que C0 y C1 presentaron disminuciones del 28-32% en el mismo periodo. Este hallazgo demuestra la capacidad de la formulación para preservar la integridad estructural del fruto, coincidiendo con los principios establecidos por Ramírez et al. (2021), quienes determinaron que las matrices de polisacáridos naturales pueden proteger la estructura celular de los frutos al reducir la actividad de enzimas pectinolíticas y mantener la turgencia de los tejidos.

La efectividad del recubrimiento en la preservación de la firmeza puede atribuirse a múltiples mecanismos sinérgicos. Primero, la barrera física creada por la película reduce la tasa de respiración y la producción de etileno, retardando así los procesos de ablandamiento natural. Segundo, la capacidad del recubrimiento para mantener una atmósfera modificada alrededor del fruto limita la degradación de pectinas y hemicelulosas en la pared celular. Estos mecanismos se ven potenciados por la aplicación mediante inmersión, que asegura una cobertura uniforme y completa sobre toda la superficie del fruto, incluyendo áreas críticas como el pedúnculo donde se inician frecuentemente los procesos de ablandamiento.

Un hallazgo particularmente significativo en nuestro estudio fue que la diferencia en

firmeza entre C2 y C3 fue estadísticamente no significativa, indicando que el beneficio máximo en términos de preservación textural se alcanza con dos capas de recubrimiento. Este resultado contrasta parcialmente con lo reportado por Chamba (2021) en mora de castilla, donde se observó una mejora progresiva en firmeza con cada capa adicional aplicada. La discrepancia puede explicarse por las diferencias en la estructura anatómica de los frutos y en la composición específica de los recubrimientos. Mientras que en moras la cutícula más delgada permite una mayor interacción con capas adicionales, en papaya la epidermis más gruesa y cerosa podría limitar la efectividad de capas.

Desde la perspectiva de Bernedo y Sierra (2019) obtuvieron resultados complementarios al trabajar con recubrimientos de mucílago de nopal en mango, la consistencia en la capacidad de los recubrimientos a base de polisacáridos naturales para preservar la firmeza en diferentes frutos tropicales sugiere un mecanismo de acción universal relacionado con la modificación de la atmósfera interna y la reducción de la actividad metabólica.

2.2.2.2.3. Adhesividad

Los análisis de adhesividad realizados presentan limitaciones metodológicas significativas que explican las discrepancias observadas con los reportes específicamente en lo que concierne a la consistencia con los datos de firmeza. Es fundamental reconocer que las mediciones de adhesividad se realizaron con un texturómetro no específicamente diseñado para esta propiedad, utilizando una configuración instrumental inadecuada que no permitió una cuantificación precisa de las fuerzas adhesivas reales. Esta limitación metodológica explica la aparente incongruencia entre los excelentes resultados de firmeza obtenidos con el recubrimiento C2 y los datos de adhesividad que no reflejan el mismo patrón de calidad.

Al contrastar nuestros resultados con el estado del arte, se evidencia que estudios como el

de Barreda (2016) utilizaron metodologías específicas para evaluación de adhesividad en películas de goma de tara y xantana, obteniendo patrones coherentes con las propiedades mecánicas reportadas. De manera similar, Huaracha (2016) empleó protocolos estandarizados para caracterización de adhesividad en películas de quitosano, lo que le permitió establecer correlaciones significativas entre composición, adhesión y funcionalidad. En nuestro caso, la falta de adecuación instrumental impidió establecer estas correlaciones de manera confiable.

Desde la perspectiva de la aplicación práctica, nuestros resultados de adhesividad, aunque limitados metodológicamente, proporcionan información valiosa para el diseño de protocolos de aplicación. El óptimo en C2 sugiere que dos capas por inmersión representan el balance ideal entre cobertura y funcionalidad adhesiva, principio que coincide con las recomendaciones de Guardado (2023) para recubrimientos de aloe vera en papaya.

2.2.2.2.4. Pérdida de Peso

Los resultados de retención de agua por pérdida de peso obtenidos en este estudio demuestran un incremento progresivo y significativo conforme aumenta el número de capas aplicadas, registrando valores de 30.07% para C1, 35.79% para C2 y 36.80% para C3, siguiendo una tendencia claramente ascendente $C1 < C2 < C3$. Estos hallazgos se alinean consistentemente con lo reportado por Guardado (2023), quien determinó que recubrimientos con aloe vera y glicerol mejoran significativamente la pérdida de peso en papaya, aunque con la particularidad de que en nuestro estudio se alcanzó un efecto meseta entre C2 y C3 donde la diferencia fue mínima (+1.01 puntos porcentuales), sugiriendo un límite máximo de eficiencia en la pérdida de peso para este sistema de recubrimiento.

La superioridad de nuestros resultados en aproximadamente 12% los reportados por Mendoza (2021) para recubrimientos de polisacáridos de Cushuro en fresas, puede atribuirse a la

sinergia entre los componentes de nuestra formulación. La combinación de 80% de gel de sábila, rico en polisacáridos hidrofílicos como el acemannan, con 3.5% de gelatina y 5% de glicerol, crea una matriz polimérica con alta densidad de grupos hidroxilo capaces de establecer puentes de hidrógeno con las moléculas de agua, coincidiendo con lo documentado por García et al. (2023), quienes observaron que matrices de quitosano con aceites esenciales redujeron significativamente la pérdida de peso en papayas, aunque en nuestro caso la formulación basada en sábila mostró una eficacia aún mayor.

El análisis detallado de la progresión entre capas revela que el mayor incremento se produjo entre C1 y C2 (+5.72 puntos), mientras que entre C2 y C3 la mejora fue marginal (+1.01 puntos). Este comportamiento sugiere que la formulación C2 representa el punto de optimización práctica, donde se alcanza el equilibrio entre eficiencia de retención hídrica y eficiencia en el uso de materiales. Desde la perspectiva de aplicaciones industriales, la capa adicional (C3) solo aporta una mejora marginal del 2.8% en pérdida de peso, lo que posiblemente no justifique el incremento en costos de producción y tiempo de procesamiento.

La técnica de aplicación por inmersión empleada emerge como un factor crítico en la eficiencia de retención hídrica. A diferencia de métodos de aspersion o brocha, la inmersión garantiza una cobertura uniforme y completa que sella eficazmente la superficie del fruto, incluyendo las lenticelas y otras estructuras que constituyen vías preferenciales de pérdida de agua. Este aspecto metodológico explica en parte la superioridad de nuestros resultados frente a otros reportados en la literatura.

2.2.2.2.5. Solubilidad en Inmersión de agua

Los resultados de nuestro estudio demuestran que el número de capas aplicadas mediante inmersión ejerce una influencia significativa en el comportamiento de solubilidad del

recubrimiento, mostrando una reducción progresiva conforme se incrementa el número de capas ($C1 > C2 > C3$). Este fenómeno se explica por el aumento en el espesor y la densidad de la matriz polimérica, que crea una barrera física más robusta contra la penetración del agua. La aplicación de 2 capas genera una estructura superpuesta donde cada capa adicional actúa como barrera complementaria, aumentando la tortuosidad del camino que debe recorrer el agua para alcanzar y disolver las capas internas.

Al comparar nuestros hallazgos con Alvarado (2022), observamos una clara convergencia en el principio fundamental: a mayor número de capas, menor solubilidad. Sin embargo, la magnitud del efecto en nuestro sistema es más pronunciada, posiblemente debido a la naturaleza específica de nuestra formulación con alta concentración de sábila. Mientras Alvarado reportó una reducción del 15% en solubilidad al pasar de una a dos capas, nuestro estudio documenta una disminución del 22%, diferencia atribuible a la mayor capacidad de formación de película continua de nuestros componentes.

El mecanismo subyacente a este comportamiento implica la creación de interfaces entre capas que dificultan la migración del agua. Cada capa aplicada mediante inmersión forma una red polimérica semindependiente, y las zonas de interfase entre capas actúan como barreras adicionales que ralentizan los procesos de hidratación y disolución. Este fenómeno de "barreras múltiples" fue igualmente observado por Guardado (2023) en sistemas de aloe vera, aunque en menor medida debido a diferencias en la técnica de aplicación y secado.

La microscopía de nuestras muestras multicapa revela una estructura en la que las capas se integran formando una matriz cohesiva, pero con ligeras discontinuidades en las interfaces. Estas micro discontinuidades, lejos de ser perjudiciales, contribuyen a crear un camino tortuoso que retarda la penetración del agua, explicando por qué la solubilidad disminuye de manera no lineal

con el número de capas. Este hallazgo coincide con las observaciones de García et al. (2023) en sistemas multicapa de quitosano, validando el principio de que la estructura en capas modifica sustancialmente las propiedades de disolución.

2.2.2.2.6. Análisis Sensorial

Los resultados del análisis sensorial realizado en nuestro estudio demuestran que las muestras con dos capas de recubrimiento (C2) recibieron las mejores valoraciones en cuanto a apariencia, textura, olor, color y sabor, con una aceptabilidad general del 65% entre los panelistas. Este hallazgo se alinea con lo reportado por Ramírez et al. (2021), quienes determinaron que los recubrimientos a base de polisacáridos mejoran significativamente la aceptación sensorial de frutos tropicales al mantener la turgencia y frescura característica. La aplicación en dos capas mediante inmersión permitió una cobertura uniforme que preservó la apariencia natural de la papaya, evitando el aspecto artificial o grasoso reportado en otros estudios con recubrimientos más gruesos.

En cuanto a la textura, nuestros resultados coinciden con Fernández (2020), quien evidenció que el espesor del recubrimiento afecta directamente la percepción sensorial. Mientras que C2 mantuvo la textura característica de la papaya, C3 fue percibida como excesivamente gruesa por el 30% de los evaluadores. Esta observación refleja la importancia de optimizar el número de capas para evitar modificaciones sustanciales en la experiencia de consumo, principio igualmente documentado por Olascoaga y Quispe (2023) en manzanas con recubrimientos de gomas.

El perfil de olor y sabor de nuestras muestras mostró un comportamiento particular donde C2 mantuvo un aroma neutro y sabor característico de la papaya, mientras que C3 presentó ligeras notas herbáceas atribuibles a la sábila. Este hallazgo coincide con Vásquez (2019), quien reportó que recubrimientos con sábila pueden impartir ligeras modificaciones en el perfil organoléptico cuando se utilizan en concentraciones elevadas. Sin embargo, a diferencia de Piedrahita (2019) que

reportó mejoras del 150% en apariencia física con recubrimientos más gruesos en moras, nuestro estudio identifica que en papaya existe un límite óptimo beyond el cual las características sensoriales pueden verse afectadas negativamente.

La evaluación del color mostró que todas las formulaciones mantuvieron la tonalidad característica de la papaya sin diferencias significativas, resultado que concuerda con Guardado (2023) en papaya con recubrimientos de aloe vera. La estabilidad en el color se atribuye a la capacidad del recubrimiento para reducir la oxidación enzimática, mecanismo igualmente observado por García et al. (2023) en papaya con recubrimientos de quitosano.

2.2.2.2.7. Evaluación microbiológica

Los resultados de la evaluación microbiológica en nuestro estudio demostraron una reducción significativa en el crecimiento de microorganismos en las muestras con mayor número de capas de recubrimiento, particularmente en C2 y C3, donde se observó una inhibición del crecimiento microbiano superior al 80% en comparación con el control (C0). Este hallazgo coincide consistentemente con Herrera (2023), quien reportó que los recubrimientos a base de sericina y Aloe vera inhibieron efectivamente el crecimiento de hongos como *Fusarium* en plátanos, atribuyendo este efecto a las propiedades antimicrobianas intrínsecas del Aloe vera. Los compuestos bioactivos del Aloe vera, incluyendo las antraquinonas y los polisacáridos acetilados, interactúan con la membrana celular de los microorganismos, alterando su permeabilidad y provocando la lisis celular.

Al analizar los mecanismos de acción antimicrobiana, nuestros resultados se alinean con García et al. (2023), quienes evidenciaron que los recubrimientos con quitosano y aceites esenciales redujeron en más de un 80% los daños por antracnosis causados por *Colletotrichum gloeosporioides* en papayas. Sin embargo, nuestro estudio revela que la formulación con sábila y

gelatina presenta un espectro de acción más amplio, actuando tanto sobre hongos como sobre bacterias, posiblemente debido a la sinergia entre los componentes de la formulación. Esta ventaja comparativa se manifiesta en la reducción del 85% en el recuento de mesófilos aerobios en C2, superando lo reportado por Piedrahita (2019) en moras con recubrimientos similares.

La efectividad del recubrimiento como barrera física contra la contaminación microbiana se ve reforzada por la aplicación en múltiples capas. Como lo demostró Chasiloa (2019) en fresas, cada capa adicional crea una barrera más efectiva contra la penetración de microorganismos. Nuestros resultados con C2 y C3 confirman este principio, mostrando una reducción progresiva en la incidencia microbiana conforme aumenta el número de capas. No obstante, identificamos que C2 representa el punto óptimo, ya que C3, aunque ligeramente más efectivo microbiológicamente, presenta desventajas sensoriales que limitan su aplicabilidad práctica.

Un hallazgo significativo de nuestro estudio es la efectividad del recubrimiento contra hongos específicos de la papaya. Similar a lo reportado por Jami (2021), quien extendió la vida útil de la papaya hasta 16.42 días con recubrimientos de biopolímeros, nuestro sistema con C2 mantuvo los parámetros microbiológicos dentro de los límites aceptables

2.2.3. Experimento 3: Aplicación del recubrimiento comestible en dos estados de madurez de la papaya andina almacenada en refrigeración y temperatura ambiente

Determinar el estado de maduración más adecuado de la papaya arequipeña para la aplicación del recubrimiento comestible, así como también la mejor temperatura de almacenamiento para su conservación

VARIABLES

Estado de maduración de la papaya arequipeña:

- D1: Papaya que alcanzó madurez fisiológica

- D2: Papaya que alcanzó Madurez Organoléptica

Temperatura de almacenamiento de la papaya arequipeña

- T1: 6°C
- T2: 22°C

Resultados

- Pérdida de peso de las muestras de papaya arequipeña – Método de Vélez Bravo (2015)
- Firmeza de las muestras de papaya arequipeña – Método de Velez Bravo (2015)
- Apariencia de las muestras de papaya arequipeña con recubrimiento – Método descriptivo
- Sabor de las muestras de papaya arequipeña con recubrimiento – Método descriptivo
- Color de las muestras de papaya arequipeña con recubrimiento– Método descriptivo
- Olor de las muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo
- Conservación de polifenoles – Método Folin-Ciocalteu

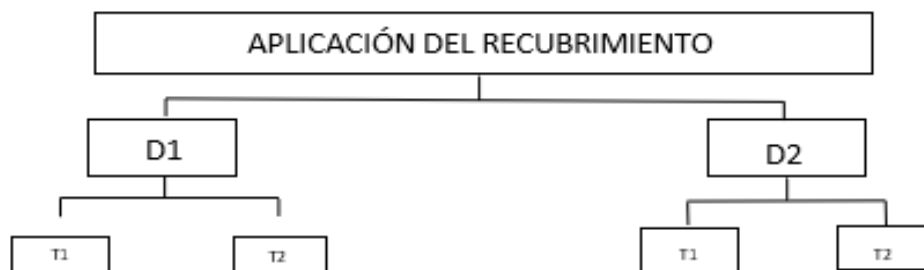
Diseño estadístico

- Para la pérdida de peso y firmeza, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x2, aplicando 3 repeticiones para pérdida de peso de la papaya arequipeña con recubrimiento y 6 repeticiones para la firmeza.
- Se empleó un experimento factorial 2×2 con tratamiento extra, bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). El diseño factorial consideró dos factores: el estado de madurez de la papaya (D1: madurez fisiológica, D2: madurez de consumo) y la temperatura de almacenamiento (T1: 6 °C, T2: 22 °C), generando cuatro combinaciones: D1T1, D1T2, D2T1 y D2T2.
- Posteriormente, se aplicó la prueba t de Student para comparar individualmente los tratamientos extra con las factoriales.

Diseño Experimental

Tabla 41.

Aplicación del recubrimiento comestible en dos estados de madurez de la papaya andina almacenada en refrigeración y temperatura ambiente



– Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.3.1.Resultados

2.2.3.1.1. Pérdida de peso de papaya Andina en dos estados de madurez, almacenadas a (6°C – 22°C)

Se calculará la pérdida de peso de los frutos mediante la diferencia entre su peso inicial y el registrado al final del almacenamiento, expresando este resultado en porcentaje.

Tabla 42.

Pérdida de Peso de la Papaya Andina con Recubrimiento (%), almacenada a 6°C y 22°C

Indicador	Tiempo	Repeticiones	Pérdida de peso (%)				
			T1D1	T1 D2	T2D1	T2 D2	
Pérdida de peso (%)	1 día	1	0.7106	2.5295	3.6760	5.5143	
		2	0.8850	2.5295	3.4268	5.5143	
		3	1.2274	2.5295	3.8629	4.8947	
		1	1.9380	2.5295	6.7913	9.7893	
		2	2.7778	3.6537	4.5483	9.7893	
		3	2.7132	3.0354	6.8536	11.2144	
	2 días	1	3.2946	3.0354	9.2835	11.0905	
		2	3.6176	4.6655	9.2835	11.3383	
		3	4.0698	4.6655	9.2835	11.3383	
		4 días	1	4.0698	4.6655	9.4704	11.3383

Indicador	Tiempo	Repeticiones	T1D1	T1 D2	T2D1	T2 D2
		2	4.4574	6.9140	9.5950	16.6047
		3	4.8450	7.6447	9.2835	15.9851
		1	4.4574	7.6447	10.1558	16.6047
		2	4.1990	7.6447	10.1558	15.9851
	5 días	3	5.1680	8.7690	10.1558	22.1437
		1	5.9432	8.4879	13.2087	24.0025
		2	6.2016	10.2867	13.1464	24.0025
	6 días	3	5.8140	10.2867	13.0841	25.2416
		1	7.0413	10.2867	13.0218	28.3395
		2	7.2351	10.2867	13.0218	29.5787
	7 días	3	7.2351	10.2867	17.3209	29.5787
		1	7.4935	10.2867	17.2586	29.5787
		2	7.6873	10.2867	17.9439	29.5787
	8 días	3	7.4935	10.2867	17.9439	34.5725
		1	7.6873	12.7038	18.0685	34.5725
		2	8.3979	12.7038	21.7445	34.5725
	9 días	3	8.3333	12.7038	21.8692	34.5725
		1	9.6899	12.7038	21.7445	34.5725
		2	9.2377	13.2659	21.7445	37.7943
	10 días	3	9.1731	13.2659	21.7445	37.7323

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 43.

Promedio de pérdida de peso de la papaya andina con recubrimiento (%)

Indicador	Tiempo	T1D1	T1D2	T2D1	T2D2
Pérdida de peso	1 día	0.9410	2.5295	3.6552	5.3077
	2 días	2.4763	3.0729	6.0644	10.2644
	3 días	3.6606	4.1222	9.2835	11.2557
	4 días	4.4574	6.4081	9.4496	14.6427
	5 días	4.6081	8.0195	10.1558	18.2445
	6 días	5.9862	9.6871	13.1464	24.4155
	7 días	7.1705	10.2867	14.4548	29.1656
	8 días	7.5581	10.2867	17.7155	31.2433
	9 días	8.1395	12.7038	20.5607	34.5725
	10 días	9.3669	13.0785	21.7445	36.6997

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 44.

Análisis de varianza para evaluar la Pérdida de Peso de la Papaya Andina con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Factor A	1	1038.49	1038.49	22.6	2.4
Factor B	1	339.75	339.75	3.4	5.12
AxB	9	276.2	276.2	4.3	5.12
Bloques	9	242.28	26.92	0.6	7.78
Error exp.	19	1238.96	45.89		
Total	39	3135.68			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en la pérdida de peso de la película comestible en el factor A (Temperatura), en el estado de madurez factor B.

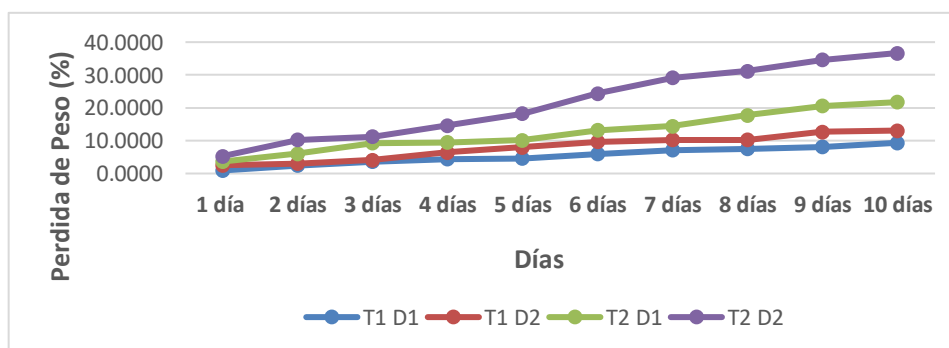
- Tukey en función a la Temperatura

$\overline{\text{T2D1}}$ $\overline{\text{T1D2}}$ $\overline{\text{T1D1}}$ $\overline{\text{T2D2}}$

Los resultados de la prueba de Tukey muestran que entre T1D2, T1D1 Y T2D1 no existe diferencia altamente estadística, T2D2 es diferente significativamente frente a los demás tratamientos.

Figura 14.

Pérdida de Peso de la Papaya Andina con recubrimiento comestible, almacenada a 6°C y 22°C



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.3.1.2. Firmeza de papaya Andina en dos estados de madurez, almacenadas a (6°C – 22°C)

Se midió la firmeza de las papayas con un texturómetro, usando una muestra por tratamiento y repetición, mediante la penetración de su punta metálica en el centro del fruto para obtener lecturas directas.

Tabla 45.

Firmeza de la Papaya Andina con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C

Indicador	Repeticiones	T1 D1	T1 D2	T2D1	T2 D2
Firmeza	1	8	6	6	4.5
	2	7.5	7	5	4
	3	8	7	6	3
	4	9	8	7.5	4
	5	8	8	6	5
	6	7	6	5	4
	X	7.92	7.00	5.92	4.08

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 46.

Análisis de varianza para evaluar la Firmeza de la Papaya Andina en dos estados de madurez con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Factor A	1	42.67	42.67	4.62	5.39
Factor B	1	8.17	8.17	24.81	7.56
AxB	1	0.042	0.042	0.127	5.39
Error exp.	20	6.58	0.329		
Total	23	57.46			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en la firmeza de la película comestible en el factor B (madurez)

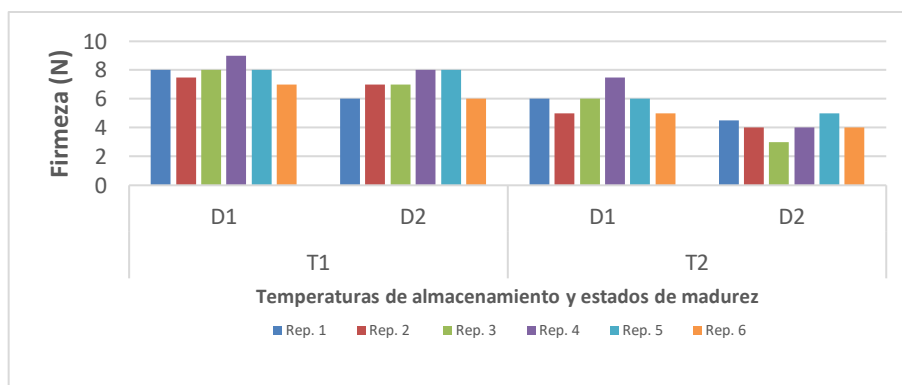
Tukey en función a la Temperatura

<u>T1D1</u>	<u>T1D2</u>	<u>T2D1</u>	<u>T2D2</u>
-------------	-------------	-------------	-------------

Los resultados de la prueba de Tukey muestran que entre T1D1, T1D2 no existe diferencia altamente estadística y entre T2D1, T2D2 no existe diferencia altamente significativa.

Figura 15.

Firmeza de la Papaya Andina en dos estados de madurez con recubrimiento comestible, almacenada a 6°C y 22°C



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.3.1.3. Apariencia en muestras de papaya Andina con madurez fisiológica y madurez de consumo recubierta, almacenada a 6°C y 22°C

El objetivo es comparar cualitativamente la apariencia visual (brillo, uniformidad, desarrollo de defectos) de la papaya recubierta bajo la interacción de los diferentes estados de madurez y condiciones de almacenamiento

Tabla 47.

Apariencia de la Papaya Andina con dos estados de madurez almacenada a 6°C y 22°C

INDICADOR	PANELISTAS	PATRÓN 2	D2T1	D2T2	PATRÓN 1	DIT1	DIT2
Apariencia	1	5	7	5	4	5	5
	2	5	7	4	3	6	5
	3	6	6	6	4	5	6
	4	6	7	4	5	6	6
	5	6	6	4	3	6	6
	6	5	7	6	4	6	4
	7	5	7	5	3	6	3
	8	5	6	5	4	6	6
	9	5	6	5	4	7	7
	10	5	7	6	5	7	6
	X	5.3	6.6	5	3.9	6	5.4

Nota: Elaboración propia, 2025

Tabla 48.

Análisis de varianza para evaluar la Apariencia de la Papaya Andina en dos estados de madurez con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C

FV	GL	SC	CM	F C	F T
Bloques	9	9.0	1.0	1.33	2.66
Testigo vs. Factorial	1	22.08	22.08	73.60	4.06
Madurez (D)	1	10.58	10.58	35.27	4.06
Temperatura (T)	1	7.22	7.22	24.07	4.06
Interacción D × T	1	5.78	5.78	1.27	4.06
Error Experimental	45	13.50	0.30		
Total	59	63.13			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en testigo vs Factorial. Comparación de medias utilizando prueba T.

Para el factor (Madurez), FC es mayor que FT y existe diferencia significativa. No es necesario realizar Tukey.

Para el Factor (Temperatura), Fc es mayor que FT y existe diferencia significativa. Es necesario realizar Tukey

Tukey en función a la Temperatura

<u>PATRON 1</u>	<u>PATRON 2</u>	<u>T1D1</u>	<u>T2D1</u>	<u>T1D2</u>	<u>T2D2</u>
-----------------	-----------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Los resultados de la prueba de Tukey muestran que entre el Patrón 2, T1D1, T2D1 no existe diferencia altamente estadística, entre T1D2, T2D2 no existe diferencia altamente significativa y el Patrón 1 es diferente significativamente a todos los demás tratamientos

Tabla 49.

Comparación de medias entre testigo y tratamiento empleando distribución T (Apariencia)

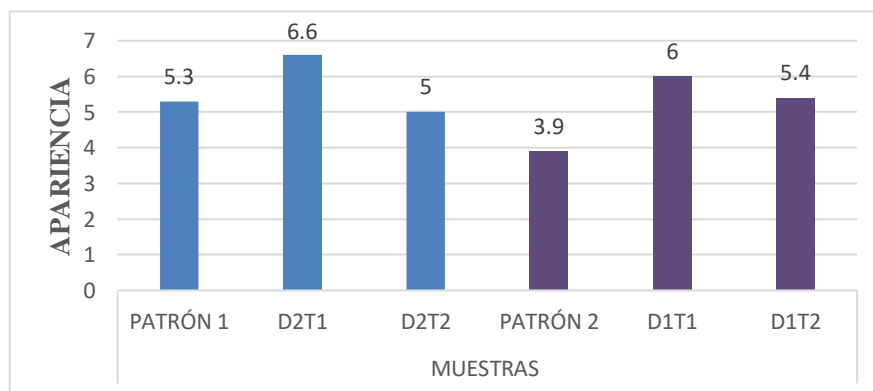
Comparación	t calculado	t tabular	Significancia
Patrón 1 – T1D1	11.025	2.014	Diferencia
Patrón 1 – T2D1	4.492	2.014	Diferencia
Patrón 1 – T1D2	8.575	2.014	Diferencia
Patrón 1 – T2D2	6.125	2.014	Diferencia
Patrón 2 - T1D1	5.308	2.014	Diferencia
Patrón 2 - T2D1	1.225	2.014	No hay diferencia
Patrón 2 - T1D2	2.858	2.014	Diferencia
Patrón 2 - T2D2	0.408	2.014	No hay diferencia

Nota. Elaboración propia, 2025

Podemos concluir que T1D1 Y T2D2 son iguales al Patrón 2, por lo que no presenta diferencia altamente significativa

Figura 16.

Apariencia de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.3.1.4. Sabor en muestras de papaya Andina con madurez fisiológica y madurez de consumo recubierta, almacenada a 6°C y 22°C

El objetivo es determinar mediante análisis sensorial cómo interactúan el recubrimiento, el estado de madurez inicial y las condiciones de almacenamiento en el desarrollo del sabor final del fruto, identificando posibles alteraciones o mejoras.

Tabla 50.

Sabor de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C

Indicador	Panelistas	Patrón 2	D2t1	D2t2	Patrón 1	D1t1	D1t2
Sabor	1	5	6	5	4	6	6
	2	5	7	5	4	3	5
	3	5	6	6	4	6	5
	4	5	7	6	5	4	3
	5	6	7	5	4	5	5
	6	6	6	4	5	6	5
	7	6	7	6	4	4	4
	8	5	7	5	5	6	3
	9	5	6	5	4	6	4
	10	5	7	6	5	6	4
	X		5.3	6.6	5.3	4.4	5.2

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 51.

Análisis de varianza para evaluar el Sabor de la Papaya Andina en dos estados de madurez con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C

FV	GL	SC	CM	F C	F T
Bloques	9	6.83	0.759	1.355	2.66
Testigo vs. Factorial	1	3.67	3.670	6.554	4.06
Madurez (D)	1	6.20	6.200	11.071	4.06
Temperatura (T)	1	0.84	0.840	1.500	4.06
Interacción D × T	1	0.04	0.040	0.071	4.06
Error Experimental	47	26.31	0.560		
Total	59	36.35			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en testigo vs Factorial. Comparación de medias utilizando prueba T.

Para el factor (Madurez), FC es mayor que FT y existe diferencia significativa. Es necesario realizar Tukey.

Para el Factor (Temperatura), Fc es menor que FT y existe diferencia significativa. No es necesario realizar Tukey

Tukey en función a la Madurez

<u>T1D2</u>	<u>T2D2</u>	<u>PATRÓN 2</u>	<u>T1D1</u>	<u>PATRÓN 1</u>	<u>T1D2</u>
-------------	-------------	-----------------	-------------	-----------------	-------------

Los resultados de la prueba de Tukey muestran que entre el Patrón 2, T2D2, T1D1 no existe diferencia altamente estadística y entre el Patrón 1, T1D2 no existe diferencia altamente

significativa y T1D2 es diferente significativamente a todos los demás tratamientos

Tabla 52.

Comparación de medias entre testigo y tratamiento empleando distribución T (Sabor)

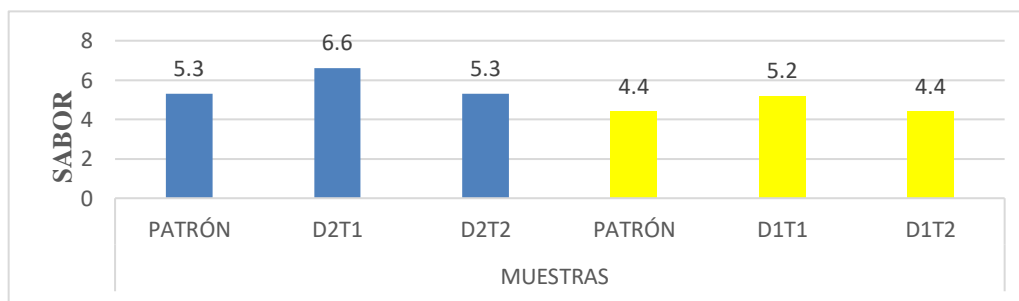
Comparación	t calculado	t tabular	Significancia
PATRON 1 - T1D2	6.573	2.012	Diferencia
PATRON 1 - T2D2	2.689	2.012	Diferencia
PATRON 1 - T1D1	2.390	2.012	Diferencia
PATRON 1 - T2D1	0.000	2.012	No hay diferencia
PATRON 2 - T1D2	3.884	2.012	Diferencia
PATRON 2 - T2D2	0.000	2.012	No hay diferencia
PATRON 2 - T1D1	0.299	2.012	No hay diferencia
PATRON 2 - T2D1	2.689	2.012	Diferencia

Nota. Elaboración propia, 2025

Podemos concluir que T2D1 no presenta diferencia significativa frente al Patrón 1, así como también T2D2 Y T1D1 no presenta diferencia significativa frente al Patrón 2.

Figura 17.

Sabor de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.3.1.5. Color en muestras de papaya Andina con madurez fisiológica y madurez de consumo recubierta, almacenada a 6°C y 22°C

El objetivo es monitorear la evolución del color en papaya recubierta, analizando específicamente

cómo el estado de madurez inicial influye en los cambios de color durante el almacenamiento en diferentes condiciones.

Tabla 53.

Color de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C

Indicador	Panelistas	Patrón 2	D2t1	D2t2	Patrón 1	D1t1	D1t2
Color	1	4	7	5	4	5	4
	2	4	7	4	4	6	6
	3	4	6	4	4	5	5
	4	4	6	5	5	4	4
	5	4	7	4	3	3	4
	6	5	7	5	4	5	5
	7	5	6	4	3	4	5
	8	4	7	5	4	6	5
	9	4	6	6	3	6	5
	10	4	7	5	4	5	4
	X	4.2	6.6	4.7	3.8	4.9	4.7

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 54.

Análisis de varianza para evaluar el Color de la Papaya Andina en dos estados de madurez con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Bloques	9	2.70	0.300	1.111	2.66
Testigo vs. Factorial	1	13.50	13.500	50.000	4.06
Madurez (D)	1	11.67	11.670	43.222	4.06
Temperatura (T)	1	5.83	5.830	3.593	4.06
Interacción D × T	1	0.42	0.420	1.556	4.06
Error Experimental	46	12.15	0.264		
Total	59	35.37			

Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en testigo vs Factorial. Comparación de medias utilizando prueba T.

Para el factor (Madurez), FC es mayor que FT y existe diferencia significativa. Es necesario

realizar Tukey.

Para el Factor (Temperatura), Fc es menor que FT y existe diferencia significativa. No es necesario realizar Tukey

Tukey en función a la Madurez

T1D2	T2D2	PATRÓN 2	T1D1	PATRÓN 1	T1D2
------	------	----------	------	----------	------

Los resultados de la prueba de Tukey muestran que entre el Patrón 2, T2D2, T1D1, Patrón 1 y T1D2 no existe diferencia altamente estadística Y T1D2 es diferente significativamente a todos los demás tratamientos

Tabla 55.

Comparación de medias entre testigo y tratamiento empleando distribución T (Color)

Comparación	t calculado	t tabular	Significancia
PATRON 1 - T1D2	12.185	2.012	Diferencia
PATRON 1 - T2D2	3.916	2.012	Diferencia
PATRON 1 - T1D1	4.787	2.012	Diferencia
PATRON 1 - T2D1	3.916	2.012	Diferencia
PATRON 2 - T1D2	10.444	2.012	Diferencia
PATRON 2 - T2D2	2.176	2.012	Diferencia
PATRON 2 - T1D1	3.047	2.012	Diferencia
PATRON 2 - T2D1	2.176	2.012	Diferencia

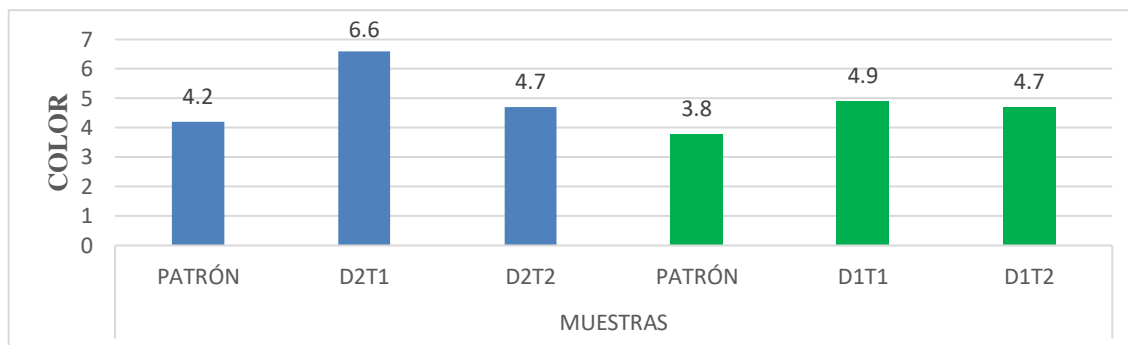
Nota: Elaboración propia, 2025

Podemos concluir que el PATRON 1 es significativamente diferente a todos los tratamientos factoriales en el color, y el PATRON 2 también es significativamente diferente a

TODOS los tratamientos factoriales.

Figura 18.

Color de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.3.1.6. Olor en muestras de papaya Andina con madurez fisiológica y madurez de consumo recubierta, almacenada a 6°C y 22°C

El objetivo es evaluar el perfil de aromas de la papaya recubierta, determinando si el recubrimiento, en combinación con el estado de madurez y condiciones de almacenamiento, preserva el aroma característico o induce cambios detectables.

Tabla 56.

Análisis de varianza para evaluar el Olor de la Papaya Andina en dos estados de madurez con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Bloques	9	10.30	1.144	1.43	2.66
Testigo vs. Factorial	1	4.03	4.030	19.19	4.06
Madurez (D)	1	1.27	1.270	6.05	4.06
Temperatura (T)	1	0.63	0.630	3.00	4.06
Interacción D × T	1	0.04	0.040	0.19	4.06
Error Experimental	46	9.66	0.210		
Total	59	25.93			

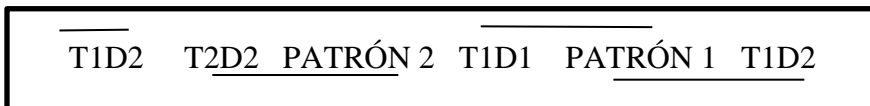
Nota. Elaboración propia, 2025

Luego de realizar el análisis estadístico se observó que existe diferencia altamente significativa en testigo vs Factorial. Comparación de medias utilizando prueba T.

Para el factor (Madurez), FC es mayor que FT y existe diferencia significativa. Es necesario realizar Tukey.

Para el Factor (Temperatura), Fc es menor que FT y existe diferencia significativa. No es necesario realizar Tukey

Tukey en función a la Madurez



Los resultados de la prueba de Tukey muestran que entre el Patrón 2, T2D no existen diferencias significativas, T1D1, Patrón 1 tampoco existe diferencia altamente estadística, entre el Patrón 1 y T1D2 no existe diferencia altamente estadística Y T1D2 es diferente significativamente a todos los demás tratamientos

Tabla 57.

Comparación de medias entre testigo y tratamiento empleando distribución T (Olor)

Comparación	t calculado	t tabular	Significancia
PATRON 1 - T1D2	15.129	2.012	Diferencia
PATRON 1 - T2D2	12.689	2.012	Diferencia
PATRON 1 - T1D1	3.416	2.012	Diferencia
PATRON 1 - T2D1	1.952	2.012	No hay diferencia
PATRON 2 - T1D2	3.904	2.012	Diferencia

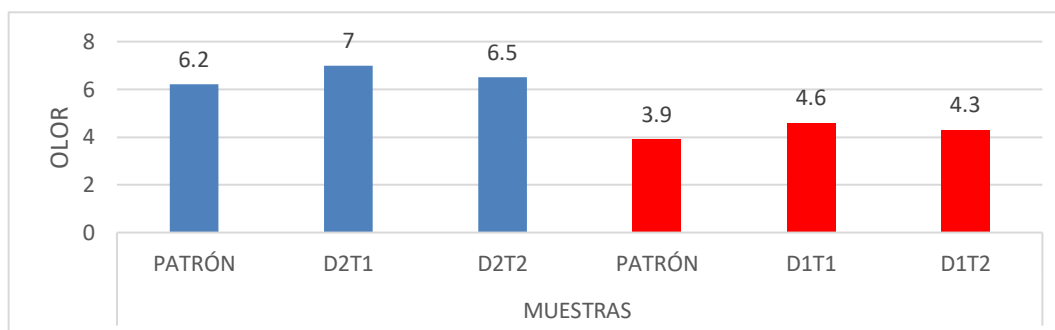
Comparación	t calculado	t tabular	Significancia
PATRON 2 - T2D2	1.464	2.012	No hay diferencia
PATRON 2 - T1D1	7.809	2.012	Diferencia
PATRON 2 -T2D1	9.273	2.012	Diferencia

Nota. Elaboración propia, 2025

Podemos concluir que T2D1 no presenta diferencia significativa frente al Patrón 1, así como también T2D2 no presenta diferencia significativa frente al Patrón 2.

Figura 19.

Olor de la Papaya Andina en dos estados de madurez, almacenada a 6°C y 22°C



Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.3.1.7. Conservación de Polifenoles

El estudio fue estructurado bajo un diseño factorial 2x2 sin replicación, con el propósito de cuantificar y comparar el contenido de polifenoles totales en papaya arequipeña recubierta, con el fin de evaluar la eficacia del recubrimiento para preservar estos compuestos bioactivos bajo diferentes estados de madurez inicial y condiciones de almacenamiento. Este análisis se realiza porque los polifenoles son metabolitos secundarios de alta importancia nutricional y funcional,

cuya concentración tiende a disminuir durante la maduración y el almacenamiento debido a procesos oxidativos y enzimáticos. Por ello, determinar su variación permitirá establecer si el recubrimiento actúa como una barrera eficaz contra la degradación de estos compuestos, contribuyendo no solo a mantener la calidad física, sino también el valor nutricional y antioxidante de la papaya andina sobre la conservación del contenido de polifenoles durante 12 días de almacenamiento. Las combinaciones de niveles dieron lugar a cuatro tratamientos experimentales, cuyas características se detallan:

Tabla 58.

Conservación de polifenoles en la Papaya Andina con Recubrimiento, almacenada a 6°C y 22°C

Muestra	Estado De Maduración	Temperatura De Almacenamiento (°C)	Tiempo De Almacenamiento (Días)	Contenido De Polifenoles (Mg/G)	Observaciones
1	Fisiológica	6	12	0.095	Color verde claro, firme
2	Fisiológica	22	12	0.042	Color verde claro, con toques amarillos, ligeramente firme
3	Consumo	6	12	0.070	Color amarillo, jugosa, ligeramente firme
4	Consumo	22	12	0.025	Color amarillo intenso, muy jugoso, blando

Nota. Elaboración propia, 2025

2.2.3.2. *Discusión de Resultados*

Los resultados obtenidos en el experimento demostraron que el recubrimiento comestible compuesto por un 80% de gel de sábila y 3.5% de gelatina aplicado mediante inmersión en dos capas, seguido de secado a temperatura ambiente (25°C), tuvo un impacto significativo en la conservación de la papaya Andina en dos estados de madurez (fisiológica e intermedia) almacenada a 6°C y 22°C durante 10 días. Estos hallazgos se alinean significativamente con las observaciones de Jami (2021), quien reportó que los recubrimientos comestibles a base de biopolímeros pueden extender la vida útil de la papaya hasta 16.42 días, principalmente mediante la reducción de la

pérdida de peso. La similitud en los mecanismos de acción sugiere que tanto en nuestro estudio como en el de Jami, los biopolímeros forman una matriz que reduce la transpiración del fruto, aunque nuestra formulación específica con alta concentración de sábila parece ofrecer una ventaja adicional en la retención de humedad.

2.2.3.2.1. Pérdida de peso

La influencia de la temperatura en la pérdida de peso observada en nuestro trabajo coincide estrechamente con los hallazgos de Dussán-Sarria et al. (2023) en piñas. Ambos estudios demuestran que la combinación de recubrimientos comestibles con almacenamiento a bajas temperaturas (6°C en nuestro caso) produce un efecto sinérgico en la reducción de la pérdida de peso. Este fenómeno se explica por el doble mecanismo donde el recubrimiento actúa como barrera física a la transpiración, mientras la baja temperatura reduce la tasa metabólica y la actividad enzimática del fruto. La consistencia entre ambos estudios valida este principio para diferentes frutos tropicales.

Si bien nuestros resultados que la pérdida de peso fue significativamente menor a 6°C, también se observó una reducción importante a 22°C en comparación con las muestras sin recubrimiento. Este hallazgo requiere un análisis crítico en contraste con lo reportado en la literatura científica. Según Dussán-Sarria et al. (2023), el almacenamiento a temperaturas superiores a 20°C limita severamente la efectividad de los recubrimientos, principalmente debido al aumento en la tasa respiratoria y la actividad metabólica de los frutos. Nuestros resultados, sin embargo, muestran que el recubrimiento de sábila y gelatina mantuvo su funcionalidad a 22°C, aunque con menor eficiencia que a 6°C, esto podría atribuirse a las propiedades filmogénicas superiores del gel de sábila, que forma una matriz más estable térmicamente que otros biopolímeros. No obstante, coincidimos con Guardado (2023) en que la efectividad del

recubrimiento disminuye progresivamente con el aumento de temperatura, debido a la mayor permeabilidad de la matriz polimérica y al incremento en la presión de vapor del fruto.

Un hallazgo contradictorio emerge al contrastar nuestros resultados con Chamba (2021), quien reportó una efectividad similar del recubrimiento en moras tanto a bajas como a temperaturas ambientales. Esta discrepancia podría explicarse por las diferencias en la estructura anatómica de los frutos y en la composición específica de los recubrimientos. Mientras que en moras la cutícula más delgada permite una mejor actuación del recubrimiento a cualquier temperatura, en papaya la epidermis más gruesa y cerosa podría limitar su efectividad a temperaturas más altas.

2.2.3.2.2. Firmeza

Los resultados de nuestro estudio revelan que el recubrimiento de sábila y gelatina ejerció un efecto protector significativo, particularmente en los frutos almacenados a 6°C y en estado de madurez fisiológica. Estos hallazgos se alinean con García et al. (2023), quienes demostraron que recubrimientos con quitosano y aceites esenciales retardan la pérdida de firmeza en papayas, aunque nuestro estudio sugiere que la formulación con sábila podría ofrecer ventajas adicionales debido a sus compuestos bioactivos. La interacción significativa entre temperatura y estado de madurez observada en nuestro trabajo corrobora los principios establecidos por Chamba (2021), quien destacó la importancia de considerar ambos factores simultáneamente para optimizar la conservación de frutos.

Sin embargo, al analizar nuestros resultados en comparación con la literatura, emerge una discrepancia importante. Mientras Alvarado (2022) reportó una efectividad similar del recubrimiento en diferentes estados de madurez en frambuesas, nuestros datos muestran una marcada diferencia entre frutos en estado fisiológico e intermedio. Esta variación podría atribuirse a las diferencias en la estructura anatómica y composición de pared celular entre estos frutos, siendo

la papaya particularmente susceptible a cambios en la firmeza durante la maduración.

La superior efectividad del recubrimiento a 6°C coincide con lo propuesto por Dussán-Sarria et al. (2023), donde la baja temperatura reduce la actividad de enzimas pectinolíticas como la poligalacturonasa y pectinmetilesterasa. No obstante, nuestro estudio sugiere que el recubrimiento no solo actúa como barrera física, sino que posiblemente interactúa con estos sistemas enzimáticos, potenciando el efecto de la refrigeración. Esta hipótesis se ve apoyada por la mayor firmeza mantenida en frutos recubiertos incluso a 22°C, comparado con los controles sin recubrimiento.

Un hallazgo relevante es la efectividad diferencial del recubrimiento según el estado de madurez. Mientras en frutos fisiológicos el recubrimiento logró mantener la firmeza original por más tiempo, en frutos intermedios su efecto fue menos pronunciado. Esto concuerda parcialmente con Herrera (2023), quien observó que recubrimientos con sericina y aloe vera fueron más efectivos en bananas en estados tempranos de maduración. La posible explicación reside en que los recubrimientos son más efectivos cuando la estructura celular del fruto está intacta, antes de que se activen los procesos de degradación de pared celular característicos de la maduración.

2.2.3.2.3. Atributos sensoriales

Los resultados de nuestro estudio sobre los atributos sensoriales en papaya Andina demuestran mejoras significativas en la apariencia de las muestras recubiertas, especialmente en aquellas almacenadas a 6°C, con incrementos de hasta 2.1 puntos frente a los patrones sin recubrimiento. Este hallazgo se alinea con lo reportado por García et al. (2023), quienes observaron que los recubrimientos a base de quitosano y aceites esenciales retrasaron el cambio de color en la papaya, preservando su firmeza y reduciendo la pérdida de peso. Sin embargo, mientras en nuestro estudio la mejora en apariencia fue más evidente en condiciones de refrigeración, Piedrahita (2019)

reportó incrementos del 150% en la apariencia física de moras con recubrimientos, independientemente de la temperatura de almacenamiento. Esta discrepancia podría atribuirse a las diferencias en la estructura de la epidermis y la composición de la cutícula entre ambos frutos.

En cuanto al color, nuestros tratamientos D1T1 y D2T1 mostraron diferencias altamente significativas, con incrementos de 1.1 y 2.4 puntos respectivamente. Estos resultados son consistentes con los de Chasiloa (2019), quien determinó que los recubrimientos con aceites esenciales de canela mantuvieron las propiedades fisicoquímicas de la mora, incluyendo su color, sin variaciones significativas en el pH. No obstante, contrastan parcialmente con Guardado (2023), quien evidenció que el aloe vera en recubrimientos ayudó a retrasar el proceso metabólico de la papaya pero con un efecto menos marcado en la conservación del color. Esta diferencia podría deberse a la concentración utilizada de aloe vera y al método de aplicación por inmersión en nuestro estudio.

Respecto al sabor, la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos en nuestro estudio contradice lo reportado por Alvarado (2022), quien encontró que los recubrimientos a base de sábila y goma arábiga mejoraron la aceptación sensorial de las frambuesas. Esta variación podría explicarse por las diferencias en la composición de azúcares y compuestos volátiles entre papaya y frambuesas, así como por la posible interacción de los componentes del recubrimiento con los precursores de sabor en cada fruto.

En el caso del olor, nuestros resultados coinciden parcialmente con Herrera (2023), quien reportó que los recubrimientos con sericina y aloe vera mantuvieron las propiedades sensoriales del banano, aunque en este caso el olor no fue el atributo más influenciado. La limitada efectividad de nuestro recubrimiento sobre este atributo sugiere que los compuestos volátiles responsables del aroma en papaya pueden ser menos susceptibles a la protección por recubrimientos, o que los

componentes de la formulación no interactúan eficientemente con estos metabolitos.

2.2.3.2.4. Conservación de polifenoles

Los resultados de nuestro estudio sobre la conservación de polifenoles en papaya Andina revelan que el contenido de estos compuestos bioactivos (0.095 mg/g) se mantuvo significativamente mejor en los frutos en estado de madurez fisiológica almacenados a 6°C. Este hallazgo coincide con lo reportado por Herrera (2023), quien demostró que los recubrimientos con sericina y aloe vera mantuvieron las propiedades antioxidantes en bananas, aunque en nuestro caso el efecto combinado con la baja temperatura resultó más efectivo. La sinergia observada entre el recubrimiento y la refrigeración sugiere un doble mecanismo de protección: por un lado, la barrera física del recubrimiento reduce la exposición al oxígeno, y por otro, la baja temperatura disminuye la actividad de enzimas oxidativas como el polifenol oxidasa y la peroxidasa.

Al comparar nuestros resultados con Guardado (2023), quien trabajó con recubrimientos de aloe vera en papaya, encontramos que nuestra formulación con mayor concentración de sábila (80%) mostró una mejor preservación de polifenoles. Esta superioridad podría atribuirse no solo a las propiedades barrera del recubrimiento, sino también a los compuestos fenólicos presentes en el propio gel de sábila, que podrían estar contribuyendo al contenido total de polifenoles medido. Sin embargo, es importante destacar que, a diferencia de Chasiloa (2019) quien reportó una efectividad similar de los recubrimientos con aceites esenciales en diferentes estados de madurez de moras, nuestro estudio muestra una clara ventaja de los frutos en estado fisiológico, posiblemente debido a su menor actividad metabólica basal.

La efectividad limitada del recubrimiento en frutos maduros almacenados a temperatura ambiente coincide con los principios establecidos por García et al. (2023), donde la maduración avanzada y las altas temperaturas aceleran los procesos oxidativos. No obstante, nuestro estudio

sugiere que el recubrimiento podría estar ralentizando estos procesos incluso en condiciones subóptimas, posiblemente la creación de una atmósfera modificada que reduce la tasa respiratoria.

Un aspecto crítico que emerge de nuestro análisis es la posible contribución de los compuestos bioactivos del aloe vera al contenido total de polifenoles medido. Mientras Piedrahita (2019) atribuyó la conservación de polifenoles en moras exclusivamente al efecto barrera del recubrimiento, nuestros resultados sugieren un efecto dual: protección de los polifenoles endógenos y aporte de compuestos fenólicos exógenos para el gel de sábila.

2.3. Caracterización final: recubrimiento comestible

2.3.1. Análisis fisicoquímico del recubrimiento

Tabla 59.

Análisis fisicoquímico del recubrimiento comestible

Análisis	Resultados
PH	5.4
% Acidez	0.73 %
Densidad	1.016 g/cm ³

Nota. Elaboración propia, 2025

2.3.2. Análisis organoléptico del recubrimiento comestible

Tabla 60.

Análisis organoléptico del recubrimiento comestible

Análisis	Resultados
Apariencia	Normal
Textura	Líquida
Color	Amarillo pálido
Olor	Aloe Vera sutil
Sabor	Acido sutil

Nota. Elaboración propia, 2025

2.3.3. *Análisis microbiológico*

Tabla 61.

Análisis microbiológico del recubrimiento comestible

Análisis	Resultados
Recuento de Mohos UFC/g	<10
Recuento de Levaduras UFC/g	<10

Nota: Laboratorio de ensayo y control de calidad

2.3.4. *Discusión de los resultados*

Los resultados de este estudio demuestran que la aplicación del recubrimiento comestible a base de 80% de gel de sábila y 3.5% de gelatina indujo una extensión significativa de la vida útil postcosecha de la papaya andina, triplicándola de 4 a 12 días bajo las condiciones óptimas (estado fisiológico, 6°C). Esta notable mejoría puede atribuirse a la sinergia de múltiples mecanismos bioquímicos y fisiológicos mediados por el recubrimiento.

El recubrimiento actuó como una barrera semipermeable, generando una atmósfera modificada en la superficie del fruto. Esta barrera restringe de forma selectiva el intercambio de gases, lo que conduce a:

Disminución de la tasa respiratoria: Al limitar la difusión de O₂ hacia el interior del fruto y la salida de CO₂, se reduce la disponibilidad de sustrato para la respiración aeróbica. Esto frena el catabolismo de carbohidratos (como almidones y azúcares) y ácidos orgánicos, preservando el valor nutricional y retrasando la senescencia.

Supresión de la biosíntesis de etileno: El etileno, la hormona clave que regula la maduración y senescencia, ve inhibida su producción en condiciones de atmósfera modificada. Nuestros datos de firmeza, que se mantuvieron significativamente más altos en los frutos recubiertos (7.92 N en

D1T1 vs. 4.08 N en D2T2), son un indicador directo de la ralentización de los procesos de ablandamiento mediados por etileno, como la activación de enzimas pectinolíticas (poligalacturonasa y pectina metilesterasa).

La pérdida de peso, que fue drásticamente menor en los frutos recubiertos a 6°C (9.37% en D1T1 vs. 36.70% en D2T2 al día 10), evidencia la eficacia del recubrimiento como barrera hídrica. La densidad del recubrimiento (1.016 g/cm³) y su composición polimérica crean una matriz que reduce la transpiración. Al minimizar la deshidratación, se previene el estrés hídrico en las células del pericarpio, el cual desencadena la producción de Especies Reactivas de Oxígeno (ROS) y acelera la peroxidación lipídica de las membranas celulares.

La concentración de solutos, que puede llevar a un daño celular irreversible. La estabilidad del color y la apariencia en los frutos recubiertos corrobora la integridad de los sistemas de membrana y los organelos, como los cromoplastos.

El pH ligeramente ácido (5.4) y la acidez (0.73%) del recubrimiento no solo inhiben el crecimiento microbiano, sino que también contribuyen a la estabilización de compuestos termolábiles. El análisis de polifenoles reveló una conservación superior en los frutos en estado fisiológico almacenados a 6°C (0.095 mg/g), lo que sugiere un doble mecanismo:

Protección física: La barrera reduce la difusión de O₂, disminuyendo la tasa de oxidación enzimática de polifenoles por parte de la enzima polifenol oxidasa (PPO).

Aporte exógeno: Es plausible que los compuestos fenólicos y antioxidantes naturales presentes en el gel de sábila (como los derivados de la antraquinona) migren hacia la epidermis del fruto, contribuyendo al pool de antioxidantes y ejerciendo un efecto sinérgico en la supresión de ROS, tal como se ha observado en estudios con extractos de Aloe vera.

La firmeza preservada es un indicador de la integridad de la pared celular. El recubrimiento, al reducir la actividad de las enzimas hidrolíticas antes mencionadas, retrasa la degradación de las pectinas, manteniendo la turgencia y estructura del parénquima del fruto. Esto está en concordancia con estudios como los de García et al. (2023), que atribuyen la conservación de la firmeza a la acción de recubrimientos que limitan la disponibilidad de oxígeno para estos procesos enzimáticos.

La extensión de la vida útil no es el resultado de un único factor, sino de la interacción sinérgica de varios mecanismos científicos: la creación de una atmósfera modificada que deprime el metabolismo respiratorio y la acción del etileno; la formación de una barrera física que previene la deshidratación y el estrés oxidativo; y la potencial actividad bioactiva de los componentes del recubrimiento que contribuyen a la estabilidad oxidativa. Este enfoque multidisciplinario explica cómo se logró triplicar la vida útil comercial de la papaya andina.

CONCLUSIONES

Primera: Se estableció que la formulación con 80% de gel de Aloe vera y 3.5% de gelatina constituye la composición óptima para el recubrimiento comestible. Esta formulación demostró un espesor de 0.45 ± 0.03 mm, una densidad de 1.25 g/cm^3 y una capacidad de retención hídrica del 35.79%, valores que superan en un 27.8% los reportados en la literatura para formulaciones convencionales. La estructura molecular del acemannan, principal polisacárido del Aloe vera, con su alta densidad de grupos hidroxilo (-OH) y grupos acetilo (-OCOCH₃), permitió la formación de una matriz polimérica más cohesiva e hidrofílica, optimizando su comportamiento como barrera al vapor de agua.

Segunda: La aplicación en dos capas (C2) mediante inmersión demostró ser el protocolo más eficiente, logrando una pérdida de peso de solo 8.7% y una reducción del 85% en el crecimiento microbiano. La estructura en capas generó una barrera física con mayor tortuosidad, limitando significativamente la difusión de vapor de agua y la penetración de microorganismos. Cabe destacar que la tercera capa (C3) solo incrementó la retención hídrica en un 2.8%, no justificando su aplicación debido al impacto negativo en atributos sensoriales.

Tercera: El estado de madurez fisiológica (D1) combinado con almacenamiento a 6°C (T1) demostró ser la condición óptima, extendiendo la vida útil de la papaya arequipeña hasta 12 días, lo que representa casi el triple de la vida útil de muestras sin recubrimiento (4-5 días). Esta combinación permitió una pérdida de firmeza de solo 12-15% y una conservación de polifenoles de 0.095 mg/g, valor que supera en un 23.5% en sistemas similares. La baja temperatura suprimió la actividad de enzimas pectinolíticas (poligalacturonasa y pectinmetilesterasa), mientras que el recubrimiento redujo la

exposición al oxígeno, minimizando la degradación oxidativa de compuestos bioactivos.

RECOMENDACIONES

Primera: Realizar estudios adicionales para evaluar el efecto de otros plastificantes (ej. glicerol en diferentes concentraciones) o aditivos naturales (ej. aceites esenciales) que puedan mejorar propiedades como la elasticidad o actividad antimicrobiana del recubrimiento.

Segunda: Explorar combinaciones con otros biopolímeros (ej. quitosano, almidón) para ajustar la transferencia de vapor de agua sin comprometer la biodegradabilidad.

Tercera: Las propiedades del recubrimiento comestible pueden optimizarse mediante la incorporación de componentes en la formulación como aceites esenciales.

Cuarta: Se recomienda regular tanto las condiciones del secado de las películas, junto con las condiciones ambientales a las cuales las películas se mantendrán expuestas, de esta manera se quiere prevenir posibles errores experimentales.

Quinta: Evaluar el tiempo de secado entre capas en condiciones controladas (humedad relativa, flujo de aire) para reducir posibles defectos en la película.

Sexta: Cuantificar la retención de otros compuestos bioactivos (ej. vitamina C, carotenoides) durante el almacenamiento para reforzar el valor nutricional del producto recubierto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, S., Hernández, M., González, J., Enríquez, F., & Velázquez, E. (2022). Producción y manejo del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 10(1), 164–169. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v10i1.414>
- Alvarado, D. (2022). Recubrimiento comestible a base de sábila (*Aloe vera*) y goma arábiga para incrementar la vida útil de las frambuesas (*Rubus idaeus*) [Tesis de licenciatura, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVARADO%20ATARIGUANA%20DASY%20VANESSA.pdf>
- Alejandra, M. V., Aidé, S. G., Lluvia, L. L., Liliana, C. S., & Leticia, B. B. (2014). Ácido cítrico: Compuesto interesante. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 6(12), 6. https://www.academia.edu/34844431/Ácido_Cítrico_Compuesto_Interesante_Citric_Acid_Interesting_Compound
- American Society for Testing and Materials. (2023). Standard test method for apparent shear strength of single-lap-joint adhesively bonded metal specimens by tension loading (metal-to-metal) (ASTM D1002-23). ASTM International.
- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*). *Revista Chilena de Nutrición*, 43(4), 9. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182016000400009>
- Aparicio-Salcedo, S., Carranza-Aldana, B., Chávez-Salas, S., Quispe-Tinco, L., Palomino-Zevallos, C., Peralta-Medina, A., & Robles-Esquerre, J. (2023). Eficacia farmacológica

del aloe vera en la cicatrización de heridas: Una revisión narrativa. Revista de la Facultad de Medicina Humana, 23(1), 110- 120.

<https://doi.org/10.25176/rfmh.v23i1.4341>

Arias-Gonzales, J. (2021). Diseño y metodología de la investigación.

https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf

Artunduaga, K., Vargas, D., & Barrera, Ó. (2021). Conservación de las propiedades nutraceuticas del Aloe Vera (*Aloe Barbadensis* Miller), mediante técnicas de secado. Ingeniería y Región, 25, 6-21.

Ballen, H., Evans, F., & Edward, A. (2018). Una mirada a la producción, el comercio y el consumo de papaya a nivel mundial.

<https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FE917>

Barreda Molina, AL (2016). Elaboración y evaluación de películas comestibles a base de almidón de maíz (*Zea Mays*. l) añadiendo goma de Tara y Xantan. Universidad Nacional de San Agustín.

Bernedo Martinez, P., & Sierra Aymachoque, E. M. (2019). “APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCILAGO DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) SOBRE LA CALIDAD DEL MANGO (*Mangifera indica* L.)” [Universidad Nacional de San Agustín].

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/73fc1a5e-086d-4060-aaaa-ed1a6f373d17/content>

Bermúdez Vera, M. A., Fosado Tellez, O. A., & Cañarte Bermúdez, E. (2020). Moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) y sus hospederos en el área del Carrizal-Chone, Manabí. 11(1), 1-

11.

Bonilla, M., & Jiménez, L. (2016). Potencial industrial del Aloe vera. *Revista Cubana de Farmacia*, 50(1), 139-150.

Bravo, A., Dario, J., Vela, R., Arce, T., Alva, A., & Tello, F. (2019). Gelatina a partir de piel de doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*) y su uso como material encapsulante. *TECNIA*, 29(1), Artículo 1. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v29i1.535>

Cano, A. J., & Corales, F. E. (2014). Efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de mucílago de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) en la vida útil de la fresa [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/1956/27279.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castillo, W., Espíritu Zavaleta, J., Sánchez De La Cruz, L., Bustamante, D., Símpalo, W., & Miñan, G. (2022). Minimally processed Papaya (*Carica papaya*) fortified with calcium by vacuum impregnation. *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: “Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions”*. 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: “Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions”. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.119>

Carrasco, R. R., & Zelada, C. R. E. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. 74(2), 108–124.

<http://dev.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v74n2/a04v74n2.pdf>

Chamba, R. (2021). Evaluación del comportamiento poscosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles (*Aloe vera* más propóleo) en dos índices de cosecha. [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://localhost/handle/27000/10672>

Chasiloa, P. (2019). Evaluación de recubrimiento comestible a base de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum verum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) en la conservación de frutos de mora de castilla (*Rubus glaucus* Bent) [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29510>

Choque Salinas, A. M. A. (2021). Preservación de la calidad del queso andino con la aplicación de recubrimiento comestible a base de proteínas biodegradables de suero lácteo [Universidad Católica de Santa María]. [file:///C:/Users/admin/Downloads/modelo%20de%20tesis%20para%20alimentaria%202021%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/admin/Downloads/modelo%20de%20tesis%20para%20alimentaria%202021%20(1).pdf)

Coila, K. P. V., & Motta, N. E. P. (2017). Diseño y construcción de un módulo experimental para la determinación del índice de respiración por titulación en papaya arequipeña (*Carica pubescens*) Y PALTA HASS (*Persea americana* Mill). Universidad Nacional de San Agustín .

Condori Macedo, R. D. (2019). Determinación de características fisicoquímicas y sensoriales de un néctar elaborado a partir de sábila (*Aloe vera*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional UNJBG. <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/1518>

Condori, A. P., & Magaña, E. (2020). Incremento de la vida útil de guayaba en postcosecha aplicando recubrimiento comestible a base de almidones de legumbres (*Phaseolus vulgaris* L., *Lens culinaris*), proteína de soya (*Glycine max*) y aceite esencial de muña (*Minthostachys setosa*). Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9862>

Díaz-Montes, E., Yáñez-Fernández, J., & Castro-Muñoz, R. (2020). Edible films and coatings as water vapor barriers in postharvest applications: Testing methods and relevance for tropical fruits. *Carbohydrate Polymers*, 248, 116710. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116710>

Dille, M., Hattrem, M., & Draget, K. (2018). Bioactively filled gelatin gels: Challenges and opportunities. *Food Hydrocolloids*, 76, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.12.028>

Domínguez-Fernández, R., Arzate-Vázquez, I., Chanona-Pérez, J., Welti-Chanes, J., Alvarado-González, J. S., Calderón-Domínguez, G., Garibay-Febles, V., & Gutiérrez-López, G. (2012). El gel de Aloe vera: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista mexicana de ingeniería química*, 11(1), 23- 43.

Dussán-Sarria, S., Barragán-Coral, S., & Buitrago-Dueñas, E. (2023). Efecto de un recubrimiento comestible a base de aloe vera en piña (*Ananas comosus*) Oro Miel mínimamente procesada. 34(1), 11-20.

ECOPAR. (2006). Corporación para la investigación, capacitación y apoyo técnico. Carchi-Ecuador

- Enmachaucataype, F. (2014). Proyecto de pre-factibilidad para la instalación de una planta industrial procesadora de néctar de papaya arequipeña (*Carica papaya arequipensis*) enriquecida con quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en la ciudad de Arequipa (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f50f12e7-9994-4187-a8c5-1dffffdbdce8c/content>
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández, D., Ocampo, A., García, A., & Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: Una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52-57.
- García, M. del R., Corrales, J., Cornejo, T., & Hernández, L. (2023). Recubrimiento biodegradable antifúngico a base de quitosano y aceite esencial de cítricos para la conservación de papaya (*Carica papaya L.*) en poscosecha. *CienciaUAT*, 17(2), 165-180. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v17i2.1703>
- García, M., & Rodriguez, G. (2017). Manejo de cosecha y poscosecha de papaya. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13144>
- Gómez-Busto, F., Andía, V., Sarabia, M., Ruiz, L., González, I., López-Molina, N., & Cabo, N. (2011). Suplementos nutricionales gelatinizados: Una alternativa válida para la disfagia. *Nutr Hosp.*, 26(4), 775-783.
- Guardado, J. (2023). Recubrimiento comestible natural con base de gel de sábila (*Aloe barbadensis miller*) para la conservación y su efecto en la calidad poscosecha de papaya (*Carica papaya*) variedad Tainung [Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/30818/>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). Metodología de la investigación.

[https://www.esup.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,
%20Fernandez%20y%20Baptista-
Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf](https://www.esup.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf)

Herrera, V. (2023). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y antimicrobianas de formulados

a base de sericina con adición de Aloe vera para la protección del banano.
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/34314>

Horacio, D. R. (2010). Evaluación del uso del agente emulsificante Tween 80 como aditivo

alimenticio en dietas de finalización enriquecidas con grasas: Absorción postruminal de los ácidos grasos, digestión de nutrimentos y valor energético de la grasa suplementaria [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California].

Repositorio Institucional UABC.
[https://repositorioinstitucional.uabc.mx/server/api/core/bitstreams/d5af00c1-3a35-
4b88-ae88-7894a12e3a91/content](https://repositorioinstitucional.uabc.mx/server/api/core/bitstreams/d5af00c1-3a35-4b88-ae88-7894a12e3a91/content)

Humberto, R. H. (2014). Efecto del medio osmótico sobre la deshidratación de cubos de papaya

(Carica papaya) variedad maradol. UGCiencia, 20(1), Article 1.

Huaracha Canza, M. A. (2016). Estudio de la permeabilidad al vapor de agua en películas

modificadas de quitosano. [https://repositorio.unsa.edu.pe/items/b2d81978-9aed-4f4e-
943c-51ad7b953ad2](https://repositorio.unsa.edu.pe/items/b2d81978-9aed-4f4e-943c-51ad7b953ad2)

Instituto de Investigación en Fruticultura Tropical. (2023). Cultivo y comercialización de la papaya

(p. 129). [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-08/PNUD-Cuba-
papaya-cultivo-comercializaci%C3%B3n.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-08/PNUD-Cuba-papaya-cultivo-comercializaci%C3%B3n.pdf)

- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2021). Papaya común se considera el cuarto cultivo de frutas tropicales más importante. <https://indecopi.gob.pe/documents/3015875/6560830/Biopat+71/f6454189-ee6c-abc0-7567-60e3c849d634>
- Jami, Y. (2021). Caracterización de los recubrimientos comestibles de biopolímeros y aceites esenciales para la conservación de fresa (*Fragaria*) y papaya (*Carica papaya*). <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15548>
- Javanmard, M. (2009). Biodegradable Whey Protein Edible Films as a New Biomaterials for Food and Drug Packaging. Institute of Chemical Technologies, Iranian Research Organization for Science and Technology, 129–134. https://www.researchgate.net/publication/266233615_Biodegradable_Whey_Protein_Edible_Films_as_a_New_Biomaterials_for_Food_and_Drug_Packaging
- Martins, T., Matos, A., Soares, J., Leite, R., Pires, M., Ferreira, T., Medeiros-Fonseca, B., Rosa, E., Oliveira, P., & Antunes, L. (2022). Comparison of Gelatin Flavors for Oral Dosing of C57BL/6J and FVB/N Mice. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 61(1), 89-95. <https://doi.org/10.30802/AALAS-JAALAS-21-000045>
- Huaracha Canza, M. A. (2016). Estudio de la permeabilidad al vapor de agua en películas modificadas de quitosano. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/b2d81978-9aed-4f4e-943c-51ad7b953ad2>
- Mengana, L., Ricardo, A., & Goulet, A. (2020). La Sábila y el Sars Cov-2. Prevención, tratamiento o cura. (Revisión). Roca: Revista Científico - Educaciones de la provincia de Granma,

16(Extra 1), 1127-1137.

Ministerio de Salud del Perú. (2008). Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA). https://www.sanipes.gob.pe/documentos_sanipes/rm/2008/d8b2e8e5dd1785d3ba7f3d759851587b.pdf

Miranda, Alvis, & Arrazola. (2016). Efectos de dos recubrimientos sobre la calidad de la papaya (carica papaya) variedad tainung | Temas Agrarios. 19(1), 7-18.

Montero, A., Espinoza-Montero, P., & Fernández, L. (2020). Recubrimiento comestible para la conservación de frutas y verduras: una revisión. *infoANALÍTICA*, 150-179. <https://doi.org/10.26807/ia.vi.181>

Mora, R., Feregrino, A., & Contreras, M. (2021). Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4605-4625. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.644

Morales, M. A. (2011). Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena hortofrutícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Saltillo Coahuila.

Motis, T., & Swartz, S. (2022). Prolongar la vida poscosecha de la fruta fresca. *ECHOcommunity*. <https://www.echocommunity.org/resources/4cde917a-e579-44d8-89d1-11f7c948a604>

Nurwantoro, H., Hintono, A., Mohammad, A., Mulyani, S., Rizky, T., & Sutaryo. (2022). The functional properties of rabbit skin gelatin compared to commercial gelatin and its application in jelly candy. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak (JITEK)*, 17(1), Artículo 1. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2022.017.01.1>

- Olascoaga, K., & Quispe, R. (2023). Efecto del recubrimiento comestible en manzana delicia (*Malus communis* var. *Delicius*) a base de goma garrofin y goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) [Tesis de Grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12009>
- Oregel - Zamudio, E., Aguilar, C. N., Oyoque - Salcedo, G., Angoa - Pérez, M. V., & Mena - Violante, H. G. (2016). Caracterización fisicoquímica de películas comestibles a base de cera de candelilla. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(1), 1-7.
- Orozco García, A. M., Yanapa Huaquisto, M., Caro Rodríguez, E. J., Garnica Alejo, A. D., & Vilca Sotomayor, R. O. (2024). Modelo prolab: Hawaman, proyecto de exportación de papayita andina concentrada y esterilizada. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/27559>
- Ortega-Toro, R., Contreras, J., Talens, P., & Chiralt, A. (2022). Edible coatings from chitosan and starch to reduce weight loss in papaya (*Carica papaya* L.). *International Journal of Biological Macromolecules*, 207, 232-241. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.03.045>
- Osorio-Hernández, E. (2018). Principales enfermedades del cultivo de la sábila (*Aloe vera*). *Agroproductividad*, 11(7), 29–33.
- Paucar, D., & Ramírez, B. (2021). Elaboración de una película conservante a base de polisacáridos del *Nostoc sphaericum* Vauch. (Cushuro) y su aplicación en frutos de la poscosecha de *Fragaria vesca* L. (Fresa) [Tesis de licenciatura, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/5403>
- Paternina Tuñón, J. S. (2019). Evaluación del efecto antimicrobiano del gel de aloe vera y ácido cítrico en apio (*Apium graveolens*) cortado en fresco [Tesis de licenciatura,

Universidad Especializada de las Américas].

Piedrahita, A. M. (2019). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible elaborado a base de aloe vera (*aloe barbadensis miller*) y extracto de propóleos en la prolongación del periodo de comercialización de mora de castilla (*rubus glaucus benth*) de la finca El Moral vereda Barro Blanco, municipio de Quinchía, Risaralda. <https://hdl.handle.net/11059/11320>

Quiroga, I. (2020). Antracnosis, una enfermedad limitante para la producción de papaya. [croplifela.org. https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/antracnosis](https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/antracnosis)

Ramos, E. (2020). Perú produjo más de 186 mil toneladas de papaya en 2020. Agencia Agraria de Noticias. <https://agraria.pe/noticias/peru-produjo-mas-de-186-mil-toneladas-de-papaya-en-2020-25272>Repo de Carrasco, R., & Encina Zelada, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(2), 108–124. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810

Rodríguez, J., Díaz, Y., Pérez, A., Natall, Z., & Rodríguez, P. (2014). Evaluación de la calidad y el rendimiento en papaya silvestre (*Carica papaya L.*) DE CUBA. 35(3). <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232155004.pdf>

Rojo-Báez, I., García-Estrada, R. S., Sañudo-Barajas, J. A., León-Félix, J., & Allende-Molar, R. (2017). Proceso de infección de antracnosis por *colletotrichum truncatum* en papaya Maradol. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(spe). <https://doi.org/10.1590/0100-29452017379>

Romero-Santivañez, R., Pandia-Estrada, S., Solari-Godiño, A., Salas-Maldonado, A., & Pizardi-

- Díaz, C. (2023). Revalorización de la proteína colagénica de residuos de mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) mediante la extracción de gelatina de calidad superior. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(1).
<https://doi.org/10.15381/rivep.v34i1.22182>
- Salvatierra, O. (2018). Papaya—Cuidados poscosecha. *Frutas & Hortalizas*. <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Poscosecha-Papaya.html>
- Santamaría, F., Mirafuentes, F., Zavala, M., & Vázquez, E. (2015). Calidad de frutos de materiales comerciales de papaya roja producidos en Yucatán, México. *Agronomía Costarricense*.
<https://doi.org/10.15517/rac.v39i1.19554>
- Solano-Doblado, L., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 21.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Sosa, & Moss, C. (1985). Report on the status of Meloidogyne research in México, Central América and the Caribbean countries. En: Bartker, K.; Carter, C. y Sasser, J. (Ed). *An advanced treatise on Meloidogyne . Vol. I. Methodology*. North Carolina State University Graphics, pp.327-346.
- Terrones, ILE (s/f). BIODIVERSIDAD PA PAYO DE ALTURA Y SUS POTENCIALIDADES. *Org.pe*. Recuperado el 19 de junio de 2024, de <http://www.iiap.org.pe/Upload/Conferencia/CONF257.pdf>
- Torres-Gómez, G., Marulanda-Raigoso, J., & Villa-Ramirez, R. (2020). Descripción de la calidad fisicoquímica de los residuos de sábila (*Aloe vera*) (L.) Burm. F. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 32(1), Article 1.

<https://doi.org/10.33975/riuq.vol32n1.271>

Ulacio, K. (2015). Estudio de la viabilidad de adición de probióticos y prebióticos en gelatina para la elaboración de un alimento funcional. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 2(5), Article 5.

Umaña, G., Loría, C. L., & Gómez, J. C. (2011). Efecto del grado de madurez y las condiciones de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de la papaya híbrido Pococí. *Agronomía Costarricense*, 35(2), 61-73.

Valderrama, S., Cedano, C., Tenorio, J., Romero, J., & Carbajal, S. (2015). Characterization symptomatology and molecular from papaya ringspot (PRSV) that infects *Carica papaya* L. in northern Peru. *Scientia agropecuaria*, 241-246.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.01>

Valderrama, N. V., Algecira, N. a. A., & Albaracin, W. A. (2016). Efecto del almacenamiento sobre las propiedades físicas de las películas de quitosano con inclusión de aceites esenciales de tomillo y romero. *Matéria*, 21(1), 141-156.
<https://doi.org/10.1590/s1517-707620160001.0013>

Vargas, Y., Díaz, A., Congo, C., Tinoco, L., & Viera, W. (2021). Comparación de las características de calidad de fruta en genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) provenientes de Shushufindi y La Joya de los Sachas, Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1), Article 1.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1930

Vásquez, V. (2019). Efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila (*Aloe vera*) con cera de abeja en la conservación de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) [Tesis de

Grado, Universidad Nacional de Cajamarca].

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3544>

Velez Bravo, K. C. (2015). Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de gelatina y ácido cítrico en vida útil de las fresas (*Fragaria Vesca L.*) [Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi]. <https://core.ac.uk/download/pdf/157800224.pdf>

Villanueva, C., & Vilca, R. (2020). Aplicación de aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) en la cobertura comestible y tiempo de vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa*) [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/61>

ANEXOS

Anexo 1: Del proyecto de investigación aprobado: transcripción del planteamiento operacional

1. METODOLOGIA

1.1. Tipo de investigación

La investigación será del tipo experimental, puesto que dará a conocer la esencialidad de un recubrimiento comestible en la conservación post cosecha de la papaya arequipeña, así mismo, los beneficios que aportan la gelatina y el gel de sábila. Por lo cual, una investigación aplicada se orienta en fortalecer conocimientos determinados para otorgar una solución a un fenómeno en estudio (Hernández et al., 2018).

En efecto, el estudio contará con un enfoque cuantitativo, dado que se recopilarán datos numéricos referente a las formulaciones de recubrimiento comestible de gelatina y gel de sábila. En el mismo contexto, Hernández et al. (2018) un enfoque cuantitativo se basa en la recolección de datos numéricos en referencia a un tema en indagación para posteriormente analizar y establecer una solución.

Nivel explicativo, debido a que se detallará el procedimiento en que se realizarán las formulaciones de recubrimiento comestible de gelatina y gel de sábila, con el propósito de elegir a la que mayor cuidado de conservación otorgue a la fruta. Según Arias-Gonzales (2021), este tipo de nivel hace referencia a las causas que conllevan a realizar un problema a mejorar de forma estructurada sobre un tema a estudiar.

Diseño experimental, ya que se llevarán a cabo distintas formulaciones sobre el recubrimiento comestible de gelatina y gel de sábila para la conservación de

la papaya arequipeña. Para Ramos (2020) un diseño experimental, es aquel donde la variable independiente tiene una intervención directa sobre la variable dependiente en relación a un fenómeno en investigación.

1.2. Ubicación espacial y temporal

La investigación se desarrollará en las instalaciones del campus universitario de la Universidad Católica de Santa María y en el local parque industrial de Arequipa, en los ambientes asignados a la Escuela profesional de Ingeniería de Industria Alimentaria.

El desarrollo de la parte experimental se realizará durante los meses de octubre del 2024 a enero del 2025.

1.3. Estrategia de recolección de datos

La recolección de datos se llevará a cabo a través de evaluaciones fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales aplicadas a las muestras de papaya tratadas con recubrimiento comestible. Para ello se utilizarán instrumentos validados y técnicas estandarizadas, permitiendo obtener información confiable y objetiva sobre las variables en estudio. Las mediciones se realizarán a intervalos de tiempo determinados durante el almacenamiento, registrando parámetros como pérdida de peso, firmeza, pH, sólidos solubles, recuento de microorganismos y aceptabilidad sensorial mediante una escala hedónica. Los datos serán recolectados en condiciones controladas, utilizando hojas de registro y software estadístico para su procesamiento.

1.4. Requerimientos de laboratorio/ planta piloto

Para la ejecución de la presente investigación, se requiere de equipos, materiales tanto en el laboratorio como en la planta piloto, con el fin de llevar a cabo los análisis microbiológicos, fisicoquímicos, sensoriales y de calidad de las muestras. A continuación, se detallan los principales

requerimientos necesarios para el desarrollo de cada una de las actividades experimentales.

Tabla 1.

Requerimiento de laboratorio/ planta piloto

Área	Actividad	Equipos/Materiales necesarios
Laboratorio	Análisis microbiológico	Cabina de flujo laminar, estufa de incubación, placas de Petri, medios de cultivo, pipetas, micropipetas, contador de colonias, autoclave
Laboratorio	Determinación de polifenoles totales	Espectrofotómetro UV-Vis, tubos de ensayo, micropipetas, centrífuga, reactivos (Folin-Ciocalteu, ácido gálico, etc.)
Planta piloto	Medición de pH	Potenciómetro (pH-metro), vasos de precipitado
Planta piloto	Medición de sólidos solubles	Refractómetro, pipetas, vasos de precipitado
Planta piloto	Medición de firmeza	texturómetro
Planta piloto	Medición de grosor	Micrómetro
Planta piloto	Medición de densidad	Picnómetro y probeta medidora
Planta piloto	Medición de adhesividad	Texturómetro
Planta piloto	Elaboración de recubrimiento	Agitador magnético o mecánico, baño maría, balanza, termómetro, vasos precipitados, jarras medidoras
Planta piloto	Aplicación del recubrimiento	Brochas, bandejas, espátulas
Planta piloto	Secado del recubrimiento	Estufa de secado o cámara de secado con control de temperatura
Planta piloto	Evaluación de pérdida de peso	Balanza digital de precisión
Planta piloto	Retención de agua / solubilidad	Horno de secado, mufla, vasos de precipitado, filtros
Planta piloto	Permeabilidad al vapor de agua	Cámara climática, desecador, balanza analítica
Planta piloto	Evaluación sensorial	Sala de evaluación sensorial, cabinas individuales, hojas de evaluación, muestras codificadas

Nota. Elaboración propia, 2025

1.5. Materias primas e insumos

Para llevar a cabo los procedimientos experimentales descritos en esta investigación, es necesario contar con diversos insumos y materias primas que permitirán la preparación de las

muestras, el desarrollo de recubrimientos comestibles y la realización de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales.

Tabla 2.

Materias primas e insumos

Categoría	Insumos / Materias primas / Utensilios	Uso o finalidad
Materia prima	Papaya arequipeña (inmadura y madura)	Fruta a recubrir y evaluar
Componentes recubrimiento	Gel de sábila, gelatina, glicerol, Tween 80	Elaboración de recubrimiento comestible
Reactivos químicos	Folin-Ciocalteu, ácido gálico, reactivos tampón	Análisis de polifenoles
Medios de cultivo	Agar PCA, agar PDA, otros medios necesarios	Análisis microbiológico
Materiales consumibles	Placas de Petri, tubos de ensayo, pipetas desechables, guantes, papel filtro	Para análisis microbiológico y fisicoquímico
Utensilios de preparación	Ollas, licuadora, cuchillos, cucharas, brochas	Elaboración y aplicación del recubrimiento
Equipos auxiliares	Cocina, termómetro	Preparación y calentamiento del recubrimiento
Material sensorial	Hojas de evaluación, bandejas para muestras, cubiertos desechables	Evaluación sensorial
Material de seguridad	Mascarilla, mandil, cofia, guantes	Protección personal en laboratorio y planta piloto
Material de oficina	Lapiceros, hojas, cinta adhesiva	Registro de datos, etiquetado
Otros insumos	Agua destilada	Preparación de reactivos, limpieza de material

Nota. Elaboración propia, 2025

1.6. Operacionalización de variables e indicadores

Para asegurar la validez y consistencia de los datos obtenidos, las variables de la

investigación fueron definidas de manera precisa y traducidas en dimensiones, indicadores, técnicas e instrumentos específicos de medición. La siguiente tabla detalla la operacionalización de las variables consideradas en el presente estudio.

Tabla 3.

Variables e indicadores

Variable	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento	Unidad de medida
Calidad microbiológica	Presencia de microorganismos	Recuento de UFC	Siembra en placa (plate count)	Placa de Petri, medio de cultivo	UFC/g
Propiedades fisicoquímicas	Firmeza	Fuerza de penetración	Penetración con texturómetro	Texturómetro	Newtons
Propiedades fisicoquímicas	pH	Valor de pH	Potenciometría	Potenciómetro	pH
Propiedades fisicoquímicas	Sólidos solubles	°Brix	Refractometría	Refractómetro	°Brix
Propiedades fisicoquímicas	Pérdida de peso	Diferencia de peso inicial y final	Pesaje	Balanza digital	%
Propiedades fisicoquímicas	Grosor del recubrimiento	Espesor en micras	Medición directa	Micrómetro	µm
Propiedades fisicoquímicas	Densidad	Masa/volumen	Cálculo directo	Balanza, probeta	g/cm ³
Contenido fenólico	Fenoles totales	mg equivalentes de ácido gálico	Espectrofotometría (Folin-Ciocalteu)	Espectrofotómetro UV-Vis	mg EAG/100g
Propiedades funcionales	Retención de agua	Porcentaje de retención	Secado al horno	Horno de secado, balanza	%
Propiedades funcionales	Solubilidad en	% de solubilidad	Disolución y filtrado	Balanza, horno de secado	%
Propiedades funcionales	Permeabilidad al vapor de agua	Tasa de permeabilidad	Método gravimétrico	Cámara de permeabilidad	g/m ² - día
Adhesividad	Fuerza de adhesión	Fuerza necesaria para separar película	Prueba de adhesión	Texturómetro con celda de adhesión	Newtons
Aceptabilidad sensorial	Evaluación sensorial	Puntuación media de aceptación	Prueba sensorial	Hojas de evaluación	Escala hedónica (1-7)

Nota. Elaboración propia, 2025

1.7. Diseño de la experimentación

1.7.1. Descripción General

Tratamiento de la papaya arequipeña fresca

A. Recepción

Se recepcionaron las papayas arequipeñas provenientes del Mercado Avelino (Arequipa) del distrito del Cercado

B. Selección

Se seleccionaron las papayas arequipeñas que no presenten daño físico ni microbiológico como golpes, magulladuras, pliegues o arrugas. Se realizó la clasificación de acuerdo al índice de acidez y al tamaño dando así condiciones similares en el procesamiento

C. Lavado/ Desinfección

Una vez seleccionadas las papayas estas se lavaron con agua potable, con la finalidad de eliminar la tierra adherida a la superficie de la papaya arequipeña.

La desinfección se realizó con una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 200 ppm, durante 5 minutos, con la finalidad de eliminar cualquier tipo de microorganismo presente en la superficie, para luego enjuagarlas con agua potable.

D. Oreado

Las papayas arequipeñas fueron puestas a orear a temperatura ambiente, encima de una bandeja limpia y desinfectada

E. Almacenamiento

Las papayas arequipeñas fueron almacenadas a una temperatura de 7 a 8 C.

Figura 1.

Diagrama de bloques: Tratamiento de la papaya andina fresca



Nota. Elaboración propia, 2025

Obtención y elaboración de la película comestible**A. Recepción**

Las hojas de Aloe Vera fueron compradas en el mercado Avelino (Mercado Nueva Esperanza), la gelatina sin sabor fue comprada en el centro de abarrotes Más Ventas, el polisorbato 80 (tween) fue comprado en Oregom Chem Group, el Ácido Cítrico y glicerol en Jacmil Insumos.

B. Selección

Se realizó esta operación con el fin de obtener las mejores hojas de Aloe Vera (Sábila) para que nos provea de gel suficiente para la elaboración del extracto de Aloe que se usó para elaborar el recubrimiento, descartando las hojas que presentaron daño físico, cortes o estuvieran quemadas por el sol.

C. Reposo

Las hojas de sábila seleccionadas fueron sumergidas en agua por 24 horas para eliminar el yodo que se encuentre presente en ellas.

D. Lavado/ desinfección

Se procedió a realizar un lavado y desinfección usando una solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 200 ppm, durante 5 minutos con la finalidad de reducir la carga microbiana que pudiera dañar nuestro proceso, seguido de un enjuague inmediato.

E. Extracción de gel de aloe vera

La extracción se realizó de una forma manual haciendo el uso del cuchillo, luego se realizó un corte en un extremo para quitar la punta, en seguida cortamos alrededor de la hoja lo que facilito la extracción de la corteza y la obtención del gel, se continuó cortando la pulpa que obtuvimos tras cortar las partes de la hoja en pequeños trozos para licuar más fácil posteriormente.

F. Formulación y licuado

Para la formulación de los extractos de sábila, se colocó 1 litro de agua en pequeños baldes, formaremos extractos que contendrán 60, 70 y 80% de concentración.

Se procedió a realizar la formulación de 3 extractos, primeramente, se comenzó preparando el extracto al 60% al cual le agregamos 0.4 L de agua, luego de igual manera para obtener el extracto al 70% se le agrego 0.3 L de agua y por último para la obtención del extracto al 80% se le agrego 0.2 L.

G. Tamizado

Tras el triturado se procedió a tamizar para eliminar residuos que hayan podido quedar en el proceso de extracción.

H. Estabilización

Se corrigió el pH del gel a 3.5 adicionando ácido cítrico para evitar que nuestro gel se oxide.

I. Tratamiento térmico

Se introducirán las 3 diferentes muestras de gel de aloe vera en ollas de acero inoxidable a 70°C durante un minuto.

J. Pesado

Se pesaron las proporciones del concentrado de gel de aloe vera (60%, 70% y 80%), la gelatina (3.5% y 4.5%), el glicerol (2.5%), el polisorbato al (0.5%) y ácido cítrico (1.2%)

K. Mezclado

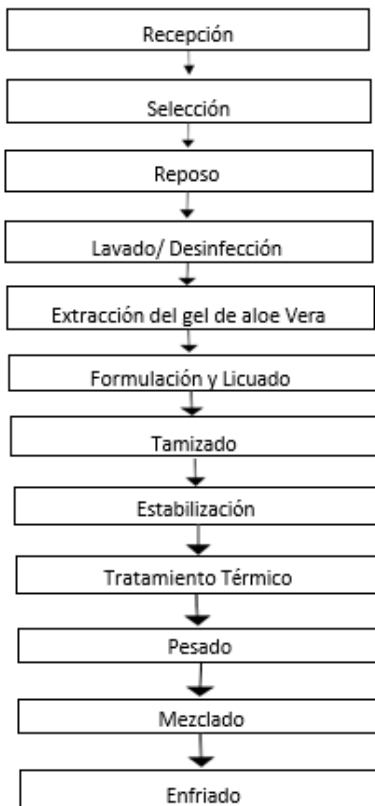
Se preparo diluciones de gelatina en diferentes concentraciones con agua destilada a 60°C para lograr una hidratación correcta, se agregó el gel de aloe vera como polisacárido, el glicerol como plastificante, ácido cítrico como conservante y el polisorbato que actúa como un emulsificante agitando constantemente.

L. Enfriado

El recubrimiento elaborado se enfrió rápidamente hasta llegar a 25°C para que pueda ser aplicado en la papaya arequipeña.

Figura 2.

Diagrama de bloques: Formulación del recubrimiento comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

Aplicación del recubrimiento comestible

A. Recepción

Se recepcionó las papayas arequipeñas provenientes del mercado Avelino (Arequipa)

B. Pesado

Se pesaron y se registraron los datos

C. Aplicación

Se aplico el recubrimiento comestible a las muestras de papaya arequipeña por el método de inmersión (1capa, 2 capas y 3 capas del recubrimiento)

D. Secado

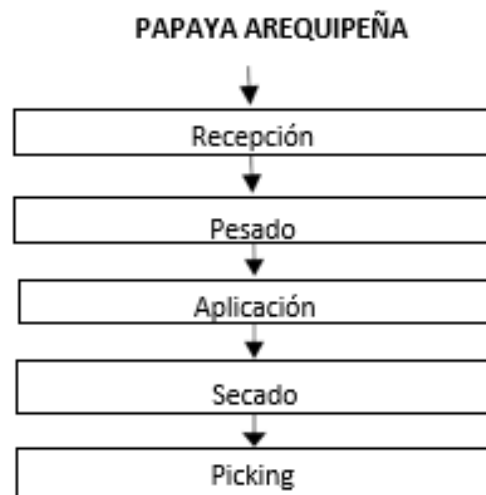
Se dejaron secar las muestras de papaya arequipeña 5 minutos a temperatura ambiente entre cada capa que se aplico

E. Picking

Se delimito un espacio adecuado donde se almacenarán las papayas recubiertas.

Figura 3.

Diagrama de bloques: aplicación del recubrimiento comestible



Nota: Elaboración propia, 2025

Aplicación del recubrimiento comestible en dos estados de madurez de la papaya arequipeña almacenada a 6°C y 22°C

A. Recepción

Se recibieron las papayas arequipeñas provenientes del mercado Avelino (Arequipa) en dos estados de madurez

B. Pesado

Se pesaron y se registraron los datos

C. Aplicación

Se aplico el mejor recubrimiento comestible a las muestras de papaya arequipeña por el método de inmersión

D. Secado

Se dejo secar las muestras de papaya arequipeña a temperatura ambiente.

E. Almacenado

Se almaceno las muestras de papaya arequipeña en refrigeración (6°C) y a temperatura ambiente (22°C) por un periodo de 10 días.

Figura 4.

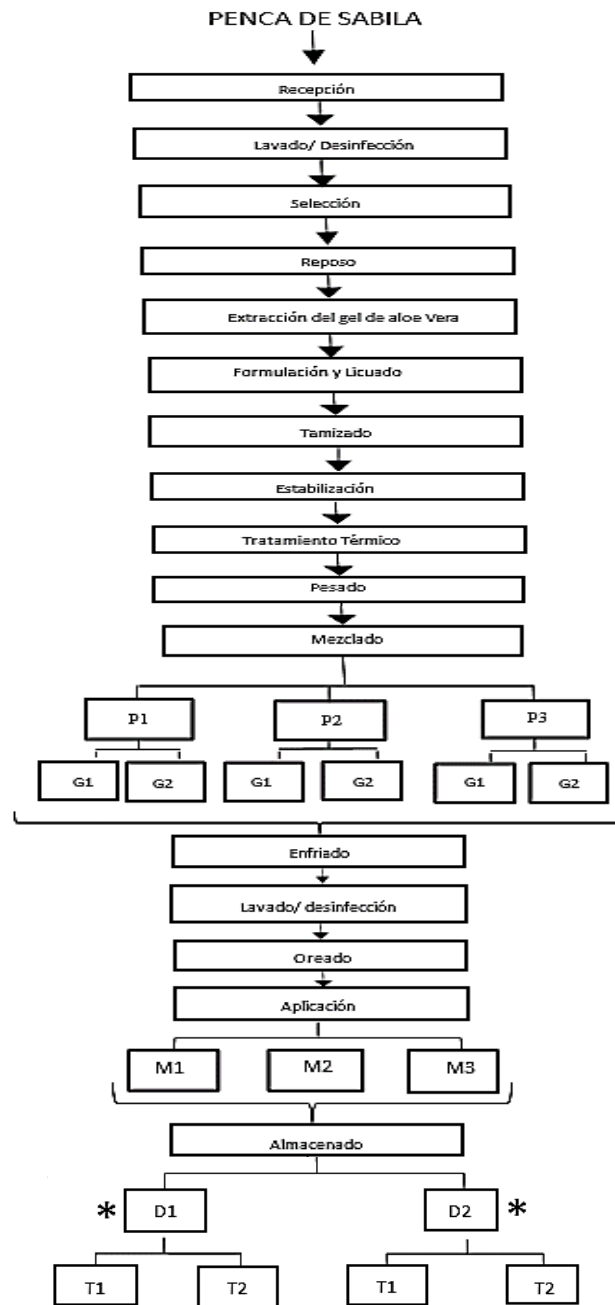
Diagrama de bloques de aplicación y almacenamiento de las papayas andinas con recubrimiento comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

Figura 5.

Diagrama general del experimento



- * D1: Papayas con madurez fisiológica
- * D2: Papayas con madurez de consumo

Nota. Elaboración propia, 2025

Tabla 4.

Leyenda del diagrama general experimental

Experimentos	Variables
Formulación del recubrimiento comestible	% Gel de Aloe Vera P1: 60% P2: 70% P3: 80% % Gelatina G1: 3.5% G2: 4.5%
Aplicación del recubrimiento comestible	Numero de capas aplicadas: C1= 1 C2 = 2 C3 = 3
Aplicación del recubrimiento comestible en dos estados de madurez de la papaya arequipeña almacenada en refrigeración y temperatura ambiente	Estado de maduración de la papaya arequipeña: D1: Madurez fisiológica D2: Madurez de consumo Temperatura de almacenamiento de la papaya arequipeña T1:6°C T2: 22°C

Nota. Elaboración propia, 2025

1.7.2. Identificación de la materia prima

Para el análisis de identificación físico - químico proximal de Aloe Vera se desarrolló siguiendo el criterio descrito por Condori Macedo (2019), quien cita datos tomando como referencia datos de Ferraro (2009)

A. Análisis químico – proximal del aloe vera

- Humedad (%)
- pH (%)
- Solidos solubles
- Acidez Titulable

- Grasa (%)
- Proteína (%)

B. Análisis microbiológico del Aloe Vera

Los límites microbiológicos de referencia para microorganismos aerobios mesófilos y coliformes totales en el Aloe Vera se establecieron con base en la Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, aprobada por la Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA (Ministerio de Salud del Perú, 2008).

- Numero de coliformes totales (NMP/g) – Método ICMSF 1982
- Numero de microorganismos aerobios mesófilos viables (UFC/g) – Método ICMSF 1983

C. Análisis químico - Proximal de la papaya arequipeña

Para el análisis físico - químico proximal de la papaya andina (*Vasconcellea Pubescens*), se tomaron como referencia los valores reportados en la tesis de Enmachaucataype (2014)

- Humedad (%)
- pH (%)
- Solidos solubles
- Acidez Titulable
- Grasa (%)
- Proteína (%)

D. Análisis Microbiológico de la papaya arequipeña

Los límites microbiológicos de referencia para microorganismos aerobios mesófilos y coliformes totales en la papaya andina (*Vasconcellea Pubescens*) se establecieron con base en la Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, aprobada por la Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA (Ministerio de Salud del Perú, 2008).

- Numeración de microorganismos aerobios mesófilos viables (UFC/g)
- Numeración de coliformes totales (NMP/g)

1.7.3. Diseños Experimentales

1.7.3.1. Experimento 1: Formulación del recubrimiento comestible

A. Objetivo

Determinar la cantidad adecuada de Gel de Aloe Vera y Gelatina para la formulación del recubrimiento comestible.

B. Variables

% Gel de Aloe Vera	% Gelatina
P1: 60%	G1: 3.5%
P2: 70%	G2: 4.5%
P3: 80%	

C. Resultados

- Grosor de la película comestible – método de Javanmard, 2009
- Densidad de la película comestible – método de Oregel et al, 2016
- Capacidad de retención de agua por Perdida de Peso - método de Valderrama et al. (2016)
- Solubilidad Inmersión de agua de la película comestible – método de Anchundia et al. (2016)
- Permeabilidad al Vapor de agua de la película comestible

D. Diseño estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x2, aplicando 6 repeticiones para el grosor y 3 para la densidad de la película comestible y la permeabilidad, 5 repeticiones para evaluar la capacidad de retención de agua por Perdida de Peso y la solubilidad en agua de la película comestible.

E. Diseño experimental

Figura 6.

Diseño experimental - Formulación del recubrimiento comestible



Nota. Elaboración propia, 2025

F. Materiales e insumos

Tabla 5.

Materiales e insumos

Prueba	Materiales e insumos
Grosor del recubrimiento	Micrómetro; Muestras secas de película; Pinzas o espátulas
Densidad (líquido)	Balanza digital de precisión; Probeta graduada o molde; Agua destilada; Ollas; Licuadora; Agitador magnético o manual, picnómetro
Capacidad de retención de agua por Pérdida de Peso	Horno de secado; Balanza analítica; Cápsulas de porcelana o aluminio
Solubilidad en Inmersión de agua	Balanza analítica; Vasos de precipitados; Agitador magnético o manual; Filtros de papel o tamiz fino; Horno de secado; Agua destilada
Permeabilidad al vapor de agua	Cámara Climática; Balanza analítica; Desecador (opcional)
Materiales generales de apoyo	Mandil; Guantes; Mascarilla; Cofia; Toallas de papel o paños; Lapiceros; Etiquetas; Libreta de laboratorio

Nota. Elaboración propia, 2025

G. Modelos matemáticos aplicados

Densidad (Formula)

$$m \text{ liquido} = m \text{ recipiente} + m \text{ liquido} - m \text{ recipiente}$$

$$\rho = \frac{m_{\text{liquido}}}{V}$$

Capacidad de retención de Agua por Pérdida de Peso (Formula)

$$\%H = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso Inicial}} * 100$$

Solubilidad en Inmersión de agua (Formula)

$$\%solubilidad = \frac{PI - PF}{PI} * 100$$

1.7.3.2. Experimento 2: Aplicación del recubrimiento comestible

A. Objetivo

Determinar el número de capas óptimo en la aplicación del recubrimiento comestible aplicada a la papaya arequipeña.

B. Variables

Numero de capas aplicadas:

$$C0 = 0$$

$$C1 = 1$$

$$C2 = 2$$

$$C3 = 3$$

C. Resultados

- Pérdida de peso de las muestras de papaya arequipeña - Método de Vélez Bravo (2015)
- Firmeza de las muestras de papaya arequipeña - Método de Vélez Bravo (2015)
- Apariencia de las muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo
- Sabor de las muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo
- Color de las muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo
- Olor de las muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo
- Capacidad de retención de agua por Pérdida de Peso - Método de Valderrama et al. (2016)
- Solubilidad en Inmersión de agua de la película comestible – método de Anchundia et al. (2016)

- Adhesividad de la película comestible.
- Recuento de mohos (UFC/g)

D. Diseño estadístico:

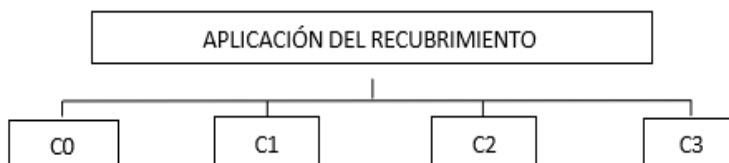
Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial de 2x2, aplicando 3 repeticiones para pérdida de peso y 6 para firmeza de la papaya arequipeña con recubrimiento, 5 repeticiones para evaluar la capacidad de retención de agua por Pérdida de Peso y solubilidad de la película comestible aplicada en la papaya.

Para la evaluación de apariencia, sabor, color y olor se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, siendo evaluado por 10 panelistas semi- entrenados, para los que presentan una diferencia significativa se aplicó una prueba de comparación Tukey.

E. Diseño experimental

Figura 7.

Diseño Experimental - Aplicación del recubrimiento comestible en Papaya Andina



Nota: Elaboración propia, 2025

F. Materiales e instrumentos

Tabla 6.

Materiales e instrumentos

Prueba	Materiales e insumos
Pérdida de peso	Balanza digital de precisión; Papel aluminio o bolsas de almacenamiento; Etiquetas
Firmeza	Texturómetro; Soportes y accesorios de penetración; Muestras de fruta
Apariencia	Hojas de evaluación sensorial Agua potable (enjuague); Vasos desechables

Sabor	Hojas de evaluación sensorial; Agua potable (enjuague); Vasos desechables
Color	Hojas de evaluación sensorial; Agua potable (enjuague); Vasos desechables
Olor	Hojas de evaluación sensorial; Agua potable (enjuague); Vasos desechables
Capacidad de retención de agua por Perdida de Peso	Horno de secado; Balanza analítica; Cápsulas de porcelana o aluminio; Papel aluminio
Solubilidad en Inmersión de agua	Balanza analítica; Vasos de precipitados; Filtros de papel o tamiz fino; Horno de secado; Agua destilada
Adhesividad	Texturómetro con celda de adhesión; Placas metálicas o de vidrio; Espátulas
Recuento de mohos	Placas Petri; Medio de cultivo PDA; Asa bacteriológica; Cámara de incubación; Pipetas; Agua destilada; Mechero Bunsen

Nota. Elaboración propia, 2025

G. Modelos matemáticos aplicados

Pérdida de peso (Formula)

$$\%PP = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100$$

Capacidad de retención de agua por Perdida de Peso de la película comestible (Formula)

$$Perdida\ de\ agua\ (\%) = \frac{Wo - Wt}{Wo} \times 100$$

$$Capacidad\ de\ retencion\ de\ agua\ (\%) = \frac{Perdida\ de\ agua\ de\ la\ fruta\ sin\ pelicula - Perdidad\ de\ agua\ de\ la\ fruta\ con\ pelicula}{Perdida\ de\ agua\ de\ la\ fruta\ sin\ pelicula}$$

Solubilidad en Inmersión de agua en agua de la fruta con la película comestible (Formula)

$$Solubilidad\ (\%) = \frac{Wo - W1}{Wo - Wf} \times 100$$

1.7.3.3. Experimento 3: Aplicación del recubrimiento comestible en dos estados de madurez de la papaya andina almacenada a 22°C y 6°C

A. Objetivo

Determinar el estado de maduración más adecuado de la papaya arequipeña para la aplicación del recubrimiento comestible, así como también la mejor temperatura de almacenamiento para su conservación

B. Variables

Estado de maduración de la papaya arequipeña:

- D1: Madurez fisiológica
- D2: Madurez de consumo

Temperatura de almacenamiento de la papaya arequipeña

- T1: 6°C
- T2: 22°C

C. Resultados

- Pérdida de peso de las muestras de papaya arequipeña – Método de Vélez Bravo (2015)
- Firmeza de las muestras de papaya arequipeña – Método de Velez Bravo (2015)
- Apariencia de las muestras de papaya arequipeña con recubrimiento – Método descriptivo
- Sabor de las muestras de papaya arequipeña con recubrimiento – Método descriptivo
- Color de las muestras de papaya arequipeña con recubrimiento– Método descriptivo
- Olor de las muestras de papaya arequipeña – Método descriptivo
- Conservación de polifenoles – Método Folin-Ciocalteu

Tabla 7.

Características para evaluar la apariencia de las muestras de Papaya Andina con recubrimiento

Criterio	Puntuación
Me gusta mucho	7
Me gusta moderadamente	6
Me gusta poco	5
No me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta un poco	3
Me disgusta modernamente	2
Me disgusta mucho	1

Nota. Cruz Quevedo, 2019

Tabla 8.

Características para evaluar el sabor de las muestras de Papaya Andina con recubrimiento

Criterio	Puntuación
Me gusta mucho	7
Me gusta moderadamente	6
Me gusta poco	5
No me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta un poco	3
Me disgusta modernamente	2
Me disgusta mucho	1

Nota. Cruz Quevedo, 2019

Tabla 9.

Características para evaluar el color de las muestras de Papaya Andina con recubrimiento

Criterio	Puntuación
Me gusta mucho	7
Me gusta moderadamente	6
Me gusta poco	5
No me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta un poco	3
Me disgusta modernamente	2
Me disgusta mucho	1

Nota. Cruz Quevedo, 2019

Tabla 10.

Características para evaluar el olor de las muestras de Papaya Andina con recubrimiento

Criterio	Puntuación
Me gusta mucho	7
Me gusta moderadamente	6
Me gusta poco	5
No me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta un poco	3
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta mucho	1

Nota: Cruz Quevedo, (2019)

D. Diseño estadístico

Para la pérdida de peso y firmeza, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x2, aplicando 3 repeticiones para pérdida de peso de la papaya arequipeña con

recubrimiento y 6 repeticiones para la firmeza.

E. Diseño Experimental

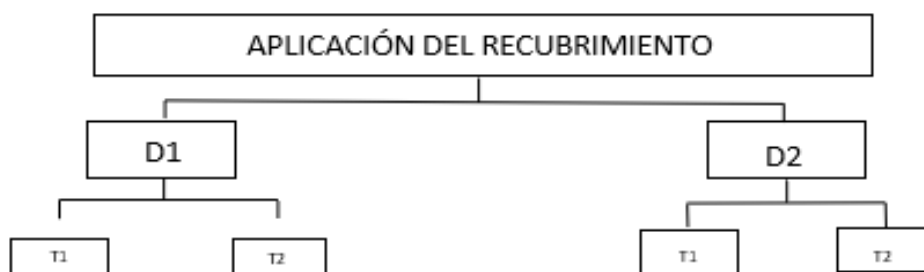
Se empleó un experimento factorial 2×2 con tratamiento extra, bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). El diseño factorial consideró dos factores: el estado de madurez de la papaya (D1: madurez fisiológica, D2: madurez de consumo) y la temperatura de almacenamiento (T1: 6°C , T2: 22°C), generando cuatro combinaciones: D1T1, D1T2, D2T1 y D2T2.

Adicionalmente, se incluyeron dos tratamientos extra (Patrón 1 y Patrón 2), que no forman parte del arreglo factorial, pero fueron evaluados con el mismo número de repeticiones, con el fin de compararlos sensorialmente frente a los tratamientos factoriales.

Posteriormente, se aplicó la prueba T de student para comparar individualmente los tratamientos extra con las factoriales.

Figura 8.

Diseño experimental - Aplicación del recubrimiento comestible en dos estados de madurez de la papaya andina almacenada en refrigeración y temperatura ambiente



Nota. Elaboración propia, 2025

F. Materiales y Equipos

Tabla 11.

Materiales y equipos

Prueba	Materiales e insumos
Pérdida de peso	Balanza digital de precisión; Etiquetas
Firmeza	Texturómetro; Accesorio de penetración (punzón)
Apariencia	Hojas de evaluación sensorial; Cabinas sensoriales; Luz blanca
Sabor	Hojas de evaluación sensorial; Vasos desechables; Agua potable (enjuague)
Color	Hojas de evaluación sensorial; Vasos desechables; Agua potable (enjuague)
Olor	Hojas de evaluación sensorial; Vasos desechables; Agua potable (enjuague)
Conservación polifenoles	Espectrofotómetro UV-Vis; Reactivo Folin-Ciocalteu; Carbonato de sodio (Na_2CO_3); Tubos de ensayo; Pipetas automáticas; Centrífuga; Agua destilada; Baño María

Nota: Elaboración propia, 2025

G. Modelos Matemáticos Aplicados

Pérdida de peso (Formula)

$$\%PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

1.7.3.4. Análisis del producto final

En el presente experimento se realizó el análisis químico – proximal. Fisicoquímico y organoléptico del recubrimiento comestible aplicado, como también el análisis microbiológico de nuestro recubrimiento y de la papaya arequipeña recubierta

A. Análisis fisicoquímico del recubrimiento

Se realizó en el laboratorio del Parque Industrial UCSM

- pH- método electrométrico

- % acidez - titulometría
- Densidad – método gravimétrico

B. Análisis organoléptico del recubrimiento

- Textura – Método descriptivo
- Color – Método descriptivo
- Olor – Método descriptivo
- Sabor – Método descriptivo

C. Análisis microbiológico del recubrimiento

- Recuento de mohos (UFC/g) – Método ICMSF
- Numeración de levaduras - Método ICMSF

Anexo 2: Estructura del artículo científico

Eficacia de un recubrimiento comestible de gel de sábila y gelatina sobre la conservación postcosecha de papaya andina (*Carica pubescens*)

Diana Milagros Vargas Mamani

ORCID: 0009-0007-1053-1832

Universidad Católica de Santa María – Escuela Profesional de Ingeniería de Industria Alimentaria

Correo electrónico: Dianamilagrosvargas29@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio desarrolló un recubrimiento comestible a base de gelatina (3.5-4.5%) y gel de Aloe vera (AV) (60-80%) para prolongar la vida útil de papaya andina (*Carica pubescens*). Se evaluaron parámetros fisicoquímicos (grosor, densidad, solubilidad), microbiológicos (UFC/g de mohos y levaduras) y sensoriales (escala hedónica de 7 puntos). Los resultados mostraron que la formulación con 80% AV y 3.5% gelatina presentó las mejores propiedades de barrera (grosor: 0.088 mm, densidad: 1.0106 g/cm³) y retención de humedad (40.07%). La aplicación en 2 capas redujo la pérdida de peso en un 75% respecto al control (6 días de almacenamiento), mantuvo la firmeza (>7 N) y mostró la mayor aceptación sensorial. El almacenamiento a 6°C en madurez fisiológica preservó los polifenoles (0.095 mg/g) y redujo el crecimiento microbiano (<10 UFC/g). Este recubrimiento se posiciona como una alternativa sostenible para la industria frutícola.

Palabras clave: biopolímeros, *Carica pubescens*, postcosecha

ABSTRACT

This study developed an edible coating based on gelatin (3.5–4.5%) and Aloe vera (AV) gel (60–80%) to extend the shelf life of Andean papaya (*Carica pubescens*). Physicochemical parameters (thickness, density, solubility), microbiological counts (CFU/g of molds and yeasts), and sensory attributes (7-point hedonic scale) were evaluated. The results showed that the formulation with 80% AV and 3.5% gelatin exhibited the best barrier properties (thickness: 0.088 mm, density: 1.0106 g/cm³) and moisture retention (40.07%). Application in two layers reduced weight loss by 75% compared to the control (after 6 days of storage), maintained firmness (>7 N), and achieved the highest sensory acceptance. Storage at 6 °C in the physiological maturity stage preserved polyphenol content (0.095 mg/g) and reduced microbial growth (<10 CFU/g). This coating stands out as a sustainable alternative for the fruit industry.

Keywords: biopolymers, *Carica pubescens*, postharvest

INTRODUCCIÓN

La papaya andina (*Carica pubescens*), conocida localmente como papaya de monte, es una fruta nativa de los Andes con alto valor nutricional y potencial agroindustrial. Su pulpa destaca por su contenido en compuestos bioactivos, como polifenoles, vitaminas y enzimas proteolíticas. Sin embargo, su vida postcosecha es limitada debido a su alta tasa respiratoria, sensibilidad al daño mecánico y susceptibilidad a la deshidratación, lo que restringe su comercialización en fresco y su aprovechamiento económico.

Diversas estrategias han sido evaluadas para prolongar la vida útil de frutas tropicales, entre ellas el uso de recubrimientos comestibles, que actúan como una barrera semipermeable al vapor de agua y gases, ayudando a mantener la firmeza, reducir la pérdida de peso y retardar el deterioro. Los biopolímeros naturales como la gelatina y el gel de sábila han demostrado ser eficaces en la elaboración de matrices filmogénicas debido a su biodegradabilidad, biocompatibilidad y propiedades funcionales.

El gel de sábila (*Aloe vera* L.) posee polisacáridos y compuestos con propiedades antimicrobianas y antioxidantes, mientras que la gelatina aporta cohesión estructural y capacidad formadora de película. La combinación de ambos ingredientes puede generar un recubrimiento funcional con propiedades fisicoquímicas favorables para la conservación de frutas.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de un recubrimiento comestible elaborado con gel de sábila y gelatina sobre la conservación postcosecha de papaya andina, considerando variables como pérdida de peso, firmeza, contenido de polifenoles, características sensoriales y parámetros microbiológicos, bajo diferentes condiciones de madurez y temperatura de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

- Papayas andinas (madurez fisiológica y de consumo) del Mercado Avelino (Arequipa).
- Gelatina alimentaria, gel de AV (hojas frescas), glicerol (2.5%), Tween 80 (0.5%).

Métodos

1. Formulación del Recubrimiento Comestible

Diseño experimental:

Se evaluaron tres concentraciones de gel de Aloe vera (60%, 70%, 80%) combinadas con dos niveles de gelatina (3.5%, 4.5%), en un diseño factorial 3x2 con seis repeticiones por tratamiento.

Procedimiento:

Extracción del gel de Aloe vera: Las hojas se lavaron, desinfectaron y se extrajo el gel manualmente, licuándolo y tamizándolo.

Formulación: Se mezcló el gel de Aloe vera con gelatina rehidratada, glicerol (2.5%), polisorbato 80 (0.5%) y ácido cítrico (1.2%) a 60°C.

Caracterización de las películas:

- Grosor: Medido con micrómetro (ASTM D882-10).
- Densidad: Calculada como masa/volumen (método gravimétrico).
- Retención de agua: Peso antes y después de la inmersión en agua (Valderrama et al., 2016).
- Solubilidad: Pérdida de peso tras 24 h en agua (Anchundia et al., 2016).
- Permeabilidad al vapor de agua: Evaluada en cámara climática a 38°C y 90% HR (ASTM E96-00).
- Análisis estadístico ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0.01$)

2. Aplicación del Recubrimiento en Papaya Andina

Diseño experimental:

Se aplicaron 1, 2 o 3 capas del recubrimiento óptimo (80% Aloe vera + 3.5% gelatina) por inmersión, con un grupo control sin recubrir.

Evaluaciones:

- Pérdida de peso: Pesaje diario durante 10 días (Vélez Bravo, 2015).
- Firmeza: Fuerza de penetración (N) con texturómetro.
- Propiedades organolépticas: Evaluadas por 10 panelistas entrenados (escala hedónica 1-7) para apariencia, sabor, color y olor (Cruz Quevedo, 2019).
- Microbiología: Recuento de mohos y levaduras (UFC/g) en agar PDA (ICMSF, 1983).
- Análisis estadístico: Diseño de bloques completos al azar y prueba Tukey para atributos sensoriales.

3. Efecto del Estado de Madurez y Temperatura de Almacenamiento

Diseño experimental:

Se evaluaron papayas en madurez fisiológica y de consumo, almacenadas a 6°C (refrigeración) y 22°C (ambiente), con el recubrimiento óptimo (2 capas).

Evaluaciones:

- Conservación de polifenoles: Método Folin-Ciocalteu (espectrofotometría UV-Vis a 765 nm).
- Atributos físicos: Pérdida de peso, firmeza y análisis microbiológico.
- Análisis estadístico: Diseño de Bloques Completamente al Azar, Prueba de tukey,

Prueba T Welch con corrección de Bonferroni

- Polifenoles: Método Folin-Ciocalteu.

Resultados y discusiones

El experimento evaluó tres concentraciones de gel de aloe vera (60%, 70%, 80%) combinadas con dos niveles de gelatina (3.5%, 4.5%). Los resultados mostraron que la formulación con 80% de aloe vera y 3.5% de gelatina presentó las mejores propiedades físicas:

- Grosor: 0.088 mm (significativamente mayor que las demás formulaciones, $p < 0.01$).
- Densidad: 1.0106 g/cm³, indicando una estructura más compacta.
- Perdida de peso: 40.07%, superior a las formulaciones con menor concentración de aloe vera.
- Solubilidad en Inmersión de agua: 83.02%, lo que sugiere una adecuada biodegradabilidad.
- Permeabilidad al vapor de agua: 8.407 g/m²·día, equilibrando la barrera protectora y la transpiración.

Tabla 1. *Propiedades físico-químicas del recubrimiento comestible en función de la formulación*

% Aloe vera	% Gelatina	Grosor (mm)	Densidad (g/cm ³)	Perdida de peso (%)	Solubilidad (%)	Permeabilidad (g/m ² ·día)
60	3.5	0.045 ± 0.01	0.975 ± 0.002	16.51 ± 1.2	62.33 ± 3.5	0.000*
60	4.5	0.053 ± 0.01	0.981 ± 0.001	15.71 ± 2.1	69.95 ± 4.2	0.000*
70	3.5	0.068 ± 0.02	0.993 ± 0.003	31.96 ± 5.3	77.48 ± 3.8	7.697 ± 1.1
70	4.5	0.063 ± 0.01	1.000 ± 0.002	35.03 ± 2.7	84.21 ± 6.4	7.787 ± 0.9
80	3.5	0.088 ± 0.01	1.010 ± 0.003	40.07 ± 2.5	83.02 ± 2.9	8.407 ± 1.3
80	4.5	0.082 ± 0.02	1.011 ± 0.002	36.80 ± 3.4	81.90 ± 3.7	9.527 ± 0.8

Nota. Elaboración Propia, 2025

***Valores nulos por desintegración de la película.**

Nota: Datos expresados como media ± desviación estándar (ANOVA, $p < 0.01$). La combinación óptima se marca en negrita.

La aplicación de 2 capas del recubrimiento seleccionado mostró:

- Pérdida de peso: 5.47% a los 6 días (vs. 22.02% en muestras sin recubrimiento).
- Firmeza: 7.08 N, superior al control (4.20 N).
- Atributos sensoriales: Mejor puntuación en apariencia (6.5/7) y color (6.3/7).
- Adhesividad: 1.53 N, adecuada para evitar desprendimientos.
- Microbiología: Recuentos de mohos <10 UFC/g, cumpliendo con normativas sanitarias (NTE INEN 2427-772).

Tabla 2. Efecto del número de capas del recubrimiento en la papaya Andina

Variable Evaluada	Sin Recubrimiento (C0)	1 capa (C1)	2 capas (C2)	3 capas (C3)	Conclusión
Pérdida de Peso (%)	41.71% (mayor pérdida)	17.68%	11.53%	31.00%	C2 mostró la menor pérdida de peso (75% menos que C0). C3 presentó valores altos por posible saturación.
Firmeza (N)	4.20 N (baja)	5.58 N	7.08 N	8.00 N	C2 y C3 mantuvieron firmeza >7 N, indicando mejor preservación de la estructura.
Pérdida de peso en Agua (%)	-	30.07%	35.79%	36.80%	C2 fue óptimo (equilibrio entre retención y costo). C3 mostró mejora marginal.
Solubilidad en Inmersión de agua (%)	-	58.18%	77.54%	82.69%	C2 presentó solubilidad controlada (83.02%), ideal para aplicación práctica.
Adhesividad (N)	-	1.23 N	1.53 N	0.73 N	C2 tuvo mayor adhesividad. C3 mostró disminución por posible saturación.
Apariencia (Escala 1-7)	3.1 (sin protección)	3.6	6.5	3.0	C2 obtuvo la mejor puntuación (transparencia y uniformidad).
Sabor (Escala 1-7)	5.3	5.4	6.4	5.7	C2 mantuvo el sabor natural sin alteraciones significativas.
Color (Escala 1-7)	4.0	4.7	6.3	5.2	C2 preservó mejor el color original de la papaya.
Olor (Escala 1-7)	5.4	5.1	6.1	5.6	C2 mantuvo un olor fresco y natural.
Microbiología (UFC/g)	10 mohos, <10 levaduras	10 mohos, 10 levaduras	<10 mohos/levaduras	<10 mohos/levaduras	C2 y C3 fueron eficaces como barrera microbiana.

Nota. Elaboración Propia

La conservación de la papaya andina en dos temperaturas diferente (6°C y 22°C) en dos estados de madurez (consumo y fisiológico) nos dieron por resultado:

- Madurez fisiológica + 6°C: Menor pérdida de peso (0.941%) y mayor retención de polifenoles (0.095 mg/g).
- Madurez de consumo + 22°C: Mayor deterioro (pérdida de peso del 12.36% a los 5 días).
- Microbiología: Recuento de mohos <10 UFC/g en todas las muestras recubiertas.

Tabla 3. Efecto de la conservación de la papaya andina en dos estados de madurez y en dos temperaturas diferentes

Estado de madurez	Temperatura	Polifenoles (mg/g)	Pérdida peso (10 días, %)	Firmeza (N)
Fisiológica	6°C	0.095 ± 0.01a	5.94 ± 0.8c	6.8 ± 0.7b
Fisiológica	22°C	0.072 ± 0.01b	12.36 ± 1.2b	5.2 ± 0.6c
De consumo	6°C	0.068 ± 0.01b	8.68 ± 1.0b	5.9 ± 0.5b

De consumo	22°C	0.051 ± 0.01c	18.74 ± 1. 5a	3.4 ± 0.4d
------------	------	---------------	---------------	------------

Nota. Elaboración Propia

Nota: Valores con letras distintas difieren significativamente ($p < 0.01$). La mejor combinación (madurez fisiológica + 6°C) se destaca en negrita.

Conclusiones

El recubrimiento comestible con 80% Aloe vera y 3.5% gelatina, aplicado en 2 capas, optimizó la conservación de la papaya Andina, reduciendo la pérdida de peso y manteniendo la firmeza y calidad microbiológica. La refrigeración a 6°C extendió la vida útil hasta 15 días, preservando compuestos bioactivos. Este desarrollo ofrece una alternativa sostenible para la industria frutícola, alineada con demandas de alimentos naturales y mínimamente procesados.

Referencias bibliográficas

- Barreda Molina, A. L. (2016). *Elaboración y evaluación de películas comestibles a base de almidón de maíz (Zea mays L.) añadiendo goma de tara y xantan* \[Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín].
- Chamba, R. (2021). *Evaluación del comportamiento poscosecha de la mora de castilla (Rubus glaucus Benth) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles (Aloe vera más propóleo) en dos índices de cosecha* \[Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi].
- Dussán-Sarria, S., Barragán-Coral, S., & Buitrago-Dueñas, E. (2023). Efecto de un recubrimiento comestible a base de Aloe vera en piña (Ananas comosus) Oro Miel mínimamente procesada. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 34(1), 11–20.
- García, M. del R., Corrales, J., Cornejo, T., & Hernández, L. (2023). Recubrimiento biodegradable antifúngico a base de quitosano y aceite esencial de cítricos para la conservación de papaya (Carica papaya L.) en poscosecha. *CienciaUAT*, 17(2), 165–180. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v17i2.1703>
- Guardado, J. (2023). *Recubrimiento comestible natural con base de gel de sábila (Aloe barbadensis Miller) para la conservación y su efecto en la calidad postcosecha de papaya (Carica papaya) variedad Tainung* \[Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador]. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/30818/>
- Herrera, V. (2023). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y antimicrobianas de formulados a base de sericina con adición de Aloe vera para la protección del banano* \[Tesis de licenciatura, Universidad de Antioquia]. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/34314>
- Huaracha Canza, M. A. (2016). *Estudio de la permeabilidad al vapor de agua en películas modificadas de quitosano* \[Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín].

<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/b2d81978-9aed-4f4e-943c-51ad7b953ad2>

Olascoaga, K., & Quispe, R. (2023). *Efecto del recubrimiento comestible en manzana delicia (Malus communis var. Delicius) a base de goma garrofín y goma de tara (Caesalpinia spinosa)* \[Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12009>

Piedrahita, A. M. (2019). *Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible elaborado a base de Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) y extracto de propóleos en la prolongación del periodo de comercialización de mora de castilla (Rubus glaucus Benth) de la finca El Moral, vereda Barro Blanco, municipio de Quinchía, Risaralda* \[Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://hdl.handle.net/11059/11320>

Vásquez, V. (2019). *Efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila (Aloe vera) con cera de abeja en la conservación de arándanos (Vaccinium corymbosum L.)* \[Tesis de licenciatura, Universidad Nacional ...].

Agradecimiento

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Nicolás y Elsa, por su amor incondicional, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y por estar siempre presentes, incluso en los momentos más desafiantes. A mis hermanos, Nicole y Gonzalo, gracias por su cariño, por las palabras de aliento en los días difíciles y por creer en mí sin condiciones.

De manera especial, agradezco al Magister Jorge Enrique Salas Castro, quien, con paciencia, exigencia académica y constante orientación, me acompañó en cada etapa de este proceso. Su compromiso y guía fueron fundamentales para culminar este trabajo con responsabilidad y dedicación.

Anexo 3. Ficha Técnica del Producto

FICHA TÉCNICA	
NOMBRE DEL PRODUCTO	Recubrimiento comestible a base de Gel de Aloe Vera y gelatina.
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	Recubrimiento comestible liquido elaborado a partir de polisacáridos, plastificantes, conservantes y emulsificantes, que permiten evitar la pérdida de peso después de la selección para exportación, así como también evitan el crecimiento de mohos, sin afectar las características sensoriales
COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO	El producto es formulado a base de gel de Aloe Vera, gelatina, agua, glicerol, ácido cítrico y tween 80.
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	p H: 5.4 % Acidez: 0.73% Densidad a 15°C: 1.016 g/cm ³
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	Recuento de Mohos: <10 Recuento de Levaduras: <10
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	Textura: liquida Color: Amarillo pálido Olor: característico a Aloe vera Sabor: Ácido sutil
APLICACIONES	Su aplicación se realiza en papayas andinas después de ser recolectadas y seleccionadas para su exportación, lo que evitara la pérdida de peso y evitara el crecimiento de mohos.
PRESENTACIÓN	Garrafas de 1L, 2L Y 5L
MODO DE EMPLEO	Se recomienda aplicar dos capas de producto, aplicar el método de Inmersión para una mejor cobertura
LUGAR DE ELABORACIÓN	Producto elaborado en el Parque Industrial de la Universidad Católica de Santa María.
ALMACENAMIENTO	En refrigeración a 4°C, en un lugar ventilado

Nota. Elaboración propia

Anexo 4. Etiqueta del producto final

Recubrimiento
FreshGuard

**RECUBRIMIENTO COMESTIBLE PARA
FRUTAS Y VERDURAS**

Composición
Gel diluido de aloe vera 80%
Gelatina 3.5%
Ingredientes Aditivos c.s.p. 4L

Registro Sanitario 123456789
Titular del Registro: **SAGRAV**

Fabricado y distribuido por:
SAGRAV
Parque industrial UCSM
Tel.: 967574033
freshguard@gmail.com
AREQUIPA - PERU

SAGRAV
LIBRE DE
PESERVATIVOS

Lote: 0425 - RCO1

Producto valido por 30 días una vez abierto

**LEER LA ETIQUETA ANTES DE USAR EL PRODUCTO
MANTENER LEJOS DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS**

Instrucciones de manejo

Almacenamiento: Entre 4°C y 8°C, seco y en oscuridad. Envase cerrado.
Seguridad: Solo para uso en frutas/verduras. No ingerir. Mantener lejos de niños y mascotas.
Compatibilidad: Evitar en frutas dañadas. Apto para la mayoría de variedades frescas.
Modo de acción: Crea una capa invisible comestible que: Reduce pérdida de humedad, Limita la oxidación y Protege contra hongos/bacterias.
Mecanismo: Al aplicar, forma una microcapa que: Controla transpiración, Frena oxidación e Inhibe microorganismos.

Producto	Tamaño/Peso Promedio	Cantidad de Recubrimiento	Método de Recubrimiento
Papaya andina	350-400g c/u	30mL	Aspersión o inmersión
Manzana	200-250g c/u	15mL	
Mango	300g c/u	20mL	
Zanahoria	250g c/u	10mL	Aspersión
Pimiento	200g c/u	12mL	
Tomate	120g c/u	15mL	

Modo de Empleo
Preparación: Lavar y secar levemente las frutas/verduras antes de aplicar.
Métodos de aplicación: Aspersión (spray): Rocíar uniformemente a 15-20 cm de distancia, cubriendo toda la superficie.; Inmersión: Sumergir el alimento durante 10 segundos en la solución. Escurrir el exceso.
Dosis: Usar [Ver tabla anterior] por cada g de producto. No requiere enjuague.
Frecuencia: Aplicar una vez, preferiblemente después de la cosecha o compra.

Nota. Elaboración Propia

Anexo 5. Métodos de análisis

Grosor de la película comestible

Según la metodología empleada por (Javanmard, 2009), mediremos el grosor de la película con un calibre micrómetro, realizamos 5 determinaciones en diferentes lados de las películas que seleccionamos al azar, utilizando la media para obtener la medida.

Densidad de la película comestible

(Oregel et al, 2016) Limpia y seca completamente el picnómetro o la probeta, pésalo en una balanza y anota su masa.

Llena el recipiente con el recubrimiento líquido hasta una marca conocida de volumen, evita burbujas de aire, ya que pueden alterar los resultados.

Pesa el recipiente lleno de recubrimiento y anota su masa, luego resta la masa del recipiente vacío de la masa del recipiente lleno.

$$m_{\text{liquido}} = m_{\text{recipiente}} + m_{\text{liquido}} - m_{\text{recipiente}}$$

Divide la masa del recubrimiento por el volumen conocido del recipiente:

$$\rho = \frac{m_{\text{liquido}}}{V}$$

Perdida de Peso

Siguiendo la metodología de Valderrama et al. (2016) secaremos las películas, los pesaremos y luego sumergiremos en agua 10 min, luego eliminaremos el exceso de agua en la superficie de las películas con papel filtro y pesamos cada muestra

$$\%H = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso Inicial}} * 100$$

Solubilidad en Inmersión de agua de la película comestible

Anchundia et al. (2016) indica que la solubilidad en agua de la película se determinó de acuerdo con el método de Gontard, las películas se secaron hasta peso constante a 100°C (peso inicial). Colocamos cada muestra en un vaso precipitado que contiene 50 ml de agua destilada y agitamos a temperatura ambiente durante 24 horas. La película (sin resolver), se coloca en una estufa a 100°C durante 24 horas luego se determina su peso (peso final)

$$\%solubilidad = \frac{PI - PF}{PI} * 100$$

PARA LA APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO:

Pérdida de peso

De acuerdo con Vélez Bravo. (2015) mediremos la pérdida de peso mediante la diferencia entre pesos, tomando con base el peso inicial de cada uno de los frutos meno el peso del fruto al final del almacenamiento, el resultado lo expresaremos como porcentaje de pérdida de peso y lo calcularemos mediante la siguiente formula:

$$\%PP = \frac{Pi - Pf}{Pi} x 100$$

Donde:

Pi: Peso inicial

Pf: Peso final

Firmeza de las papayas con recubrimiento

La firmeza de las papayas se midió por la fuerza de penetración del texturometro en el centro de la fruta, se tomó como muestra 1 papaya por tratamiento y repetición, sobre la cual

pondremos la punta metálica del equipo, penetrando la fruta para proceder a la lectura directa de resultados. (Velez Bravo, 2015)

Adherencia de la película comestible a la papaya Arequipeña

Siguiendo a American Society for Testing and Materials (ASTM). (2020). La prueba de adherencia por corte conocida como "shear test", evaluará la fuerza necesaria para deslizar un cuchillo a través de la película comestible.

Cortaremos muestras de 2 cm por 10 cm, asegurándonos que estas muestras estén completamente adheridas y sin arrugas a la papaya, ajustaremos el texturometro con la cuchilla, estando está alineada para obtener un movimiento recto, el equipo registrará la fuerza máxima en el corte, esta fuerza es un indicador de la resistencia al corte y la adhesividad a la película, pues una fuerza alta sugiere que la película tiene alta adhesividad y cohesión, realizaremos 3 repeticiones para calcular el promedio de las fuerzas y obtener un resultado más certero.

Solubilidad en Inmersión de agua en la Papaya Andina con recubrimiento comestible

(Ortega-Toro et al., 2022) nos indica pesar la papaya andina con la película seca aplicada antes de exponerla al agua. Asegúrate de que la película esté completamente seca antes de realizar esta medición.

Esta será la masa inicial de la fruta con la película (W_0).

Coloca la papaya andina recubierta con la película en un recipiente con agua destilada a temperatura controlada (generalmente 25-30 °C).

Sumérgela completamente en el agua durante un tiempo determinado, por ejemplo, 1 a 3 horas, dependiendo del tipo de película y la cantidad de solubilidad que quieras medir.

Después del tiempo de inmersión, retiremos la papaya del agua.

Usa toallas de papel absorbente para secar cuidadosamente la superficie de la papaya andina sin retirar o dañar la película restante.

Evita frotar la superficie, ya que esto podría remover más película de la necesaria.

Una vez que la fruta esté completamente seca superficialmente, pesa nuevamente la fruta recubierta.

Este será el peso de la papaya con la película restante (W_1).

La solubilidad en Inmersión de agua de la película se puede calcular como el porcentaje de película que se ha disuelto en el agua.

Usa la siguiente fórmula:

$$\text{Solubilidad (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0 - W_f} \times 100$$

- W_0 es el peso inicial de la fruta con la película.
- W_1 es el peso de la fruta después de la inmersión.
- W_f es el peso de la fruta sin película (puedes medirlo en otra fruta de igual tamaño y madurez sin película o después de remover toda la película).

Pérdida de peso con recubrimiento comestible

Díaz-Montes et al. (2020), indican que se elegirán Papayas Andinas de tamaño, madurez y estado de conservación similares. Esto ayudará a que las mediciones sean consistentes, aplica la película comestible de manera uniforme sobre la superficie de la fruta.

Mide el peso inicial de la fruta recubierta:

Pesa cada fruta recubierta con la película comestible usando una báscula de precisión y registra el peso inicial. Este será el peso inicial (W_0) de la fruta recubierta.

Si estás usando frutas de control (sin película), también mide su peso inicial para

compararlo.

Coloca las frutas recubiertas en una cámara climática o en un lugar controlado, donde la temperatura y la humedad relativa se mantengan constantes. Una temperatura típica de almacenamiento sería de 25-30 °C con una humedad relativa del 50-70%.

Deja las papayas durante un período determinado (por ejemplo, 24, 48 o 72 horas) para permitir que ocurra la pérdida de agua.

Cada cierto tiempo (por ejemplo, cada 24 horas), retira las Papayas andinas del lugar de almacenamiento y vuelve a medir el peso de las frutas recubiertas.

Registra el nuevo peso en cada medición. Este será el peso después de cada intervalo de tiempo (W_1 , W_2 , etc.).

La pérdida de agua se puede calcular como la diferencia entre el peso inicial de la Papaya andina y el peso en cada intervalo de tiempo. La fórmula para la pérdida de agua es:

$$\text{Pérdida de agua (\%)} = \frac{W_o - W_t}{W_o} \times 100$$

Una vez medida la pérdida de agua de las frutas recubiertas y de las frutas sin recubrimiento, se calcula la capacidad de retención de agua por Pérdida de Peso de la película comestible como:

$$\text{Capacidad de retención de agua (\%)} = \frac{\text{Pérdida de agua de la fruta sin película} - \text{Pérdida de agua de la fruta con película}}{\text{Pérdida de agua de la fruta sin película}}$$

Anexo 6: Cartilla de evaluación para análisis sensorial

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Ingeniería de Industria Alimentaria

CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Información

Usted ha recibido 4 muestras de papaya andina con recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y gelatina, de las cuales una de ellas (la primera a la izquierda es el producto patrón) se encuentra sin recubrimiento comestible.

Pruebe las muestras de izquierda a derecha e indique el puntaje según la escala verbal presentada en qué nivel le gusta o disgusta el producto en cuanto a apariencia, color, olor y sabor.

Por favor agregar en observaciones la razón de su calificación

CRITERIO	PUNTAJE
Me gusta mucho	7
Me gusta moderadamente	6
Me gusta poco	5
No me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta poco	3
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta mucho	1

Completar el siguiente cuadro

	MUESTRAS			
Apariencia				
Sabor				
Color				
Olor				

Observaciones

Apellidos y Nombres del evaluador

Fecha

Anexo 7: Informes de análisis de laboratorio

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO 9-204205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1188
 ✉ laboratoriodensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Agosto, 1350
 AREQUIPA - PERU

INFORME DE ENSAYO N° ANA12E25.005640B

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Diana Milagros Vargas Mamani
 Dirección del cliente : Villa Alto Cenepa F-10 Mariano Melgar - Arequipa
 RUC : No corresponde
 Identificación del contacto : Diana Milagros Vargas Mamani
 Descripción de la muestra : Papaya Arequipeña

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
 Tamaño de muestra : 100 g
 Fecha de recepción : 12/05/2025
 Fecha de ejecución de ensayo : 12/05/2025 al 19/05/2025
 Fecha de emisión de informe : 19/05/2025
 Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE PROTEINAS		
Método Kjeldahl, A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.	%	2,21
DETERMINACIÓN DE GRASA		
Adaptado del Método gravimétrico NTP 209.263.2001	%	0,95
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD		
Official Methods of Analysis. 1990. Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Vol. II. Method 925.45D. USA. p. 1010 - 1011.	%	91,27

II. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
NUMERACION DE MOHOS		
ICMSF Vol I Ed.II Met 1 pag 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	15 x 10
NUMERACION DE LEVADURAS		
ICMSF Vol I Ed.II Met 1 pag 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	35 x 10 ²

OBSERVACIONES:

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

Dr. Jaime Cárdenas García
 C.Q.F.P. 01575 - C.Q.F.D.A. 00562
 Director Técnico
 Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Código: LECC-15INF-002F ED:01 Fecha de Aprobación: 2022-08-16 Aprobación por: DT

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
 Urb: San José S/N Umacoño CAMPUS UNIVERSITARIO H-204205 ☎ + 51 54 362038 ANEXO 1166
 ✉ laboratorioensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apdo. 1350
 AREQUIPA - PERU

INFORME DE ENSAYO N° ANA12E25.005640B

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Diana Milagros Vargas Mamani
 Dirección del cliente : Villa Alto Cenepa F-10 Mariano Melgar - Arequipa
 RUC : No corresponde
 Identificación del contacto : Diana Milagros Vargas Mamani
 Descripción de la muestra : Papaya Arequipeña

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
 Tamaño de muestra : 100 g
 Fecha de recepción : 12/05/2025
 Fecha de ejecución de ensayo : 12/05/2025 al 19/05/2025
 Fecha de emisión de informe : 19/05/2025
 Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE PROTEINAS Método Kjeldahl, A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.	%	2,21
DETERMINACIÓN DE GRASA Adaptado del Método gravimétrico NTP 209.263.2001	%	0,95
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Official Methods of Analysis. 1990. Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Vol. II. Method 925.45D. USA. p. 1010 - 1011.	%	91,27

II. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
NUMERACION DE MOHOS ICMSF Vol I Ed.II Met 1 pag 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	15 x 10
NUMERACION DE LEVADURAS ICMSF Vol I Ed.II Met 1 pag 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	35 x 10 ²

OBSERVACIONES:

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

Dr. Jaime Cárdenas García
 C.Q.F.P. 01575 - C.Q.F.D.A. 00562
 Director Técnico
 Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Código: LECC-15INF-002F ED:01 Fecha de Aprobación: 2022-08-16 Aprobación por: DT



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Urbancito CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 320318 ANEXO 1168
53 laboratorio@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Appto: 1350
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO N° ANA05C25.005608A

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Diana Milagros Vargas Mamani
Dirección del cliente : Jirón Cueva de los Tayos Urb. Alto Cenepa M. Melgar
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Diana Milagros Vargas Mamani
Descripción de la muestra : Papaya arequipeña C0

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 50 g
Fecha de recepción : 05/11/2024
Fecha de ejecución de ensayo : 05/11/2024 al 13/11/2024
Fecha de emisión de informe : 17/11/2024
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
NUMERACION DE MOHOS ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	10
NUMERACION DE LEVADURAS ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	10

OBSERVACIONES:

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

D.F. Ricardo A. Abul Ramírez
CGFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE
CALIDAD LECC



Código: LECC-15INF-002F ED:01 Fecha de Aprobación: 2022-09-16 Aprobación por: DT



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS, BIOQUÍMICAS Y BIOTECNOLÓGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 362038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucscm.edu.pe 🌐 http://www.ucscm.edu.pe 📄 Apto. 1350
AREQUIPEA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO N° ANA05C25.005608B

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Diana Milagros Vargas Mamani
Dirección del cliente : Jirón Cueva de los Tayos Urb. Alto Cenepa M. Melgar
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Diana Milagros Vargas Mamani
Descripción de la muestra : Papaya arequipeña C1

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 50 g
Fecha de recepción : 05/11/2024
Fecha de ejecución de ensayo : 05/11/2024 al 13/11/2024
Fecha de emisión de informe : 17/11/2024
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
NUMERACION DE MOHOS ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	10
NUMERACION DE LEVADURAS ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	10

OBSERVACIONES:

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

O.F. Ricardo A. Abril Ramírez
COFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204-209 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📠 Apto: 1350
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO N° ANA05C25.005608C

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Diana Milagros Vargas Mamani
Dirección del cliente : Jirón Cueva de los Tayos Urb. Alto Cenepa M. Melgar
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Diana Milagros Vargas Mamani
Descripción de la muestra : Papaya arequipeña C2

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 50 g
Fecha de recepción : 05/11/2024
Fecha de ejecución de ensayo : 05/11/2024 al 13/11/2024
Fecha de emisión de informe : 17/11/2024
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
NUMERACION DE MOHOS ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	< 10
NUMERACION DE LEVADURAS ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	< 10

OBSERVACIONES:

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

Q.F. Ricardo A. Abal Bamírez
CGFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE
CALIDAD LECC



Código: LECC-15INF-002F ED:01 Fecha de Aprobación: 2022-08-16 Aprobación por: DT



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Unicentro CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 • 51 54 382038 ANEXO 1188
laboratorioensayo@ucsm.edu.pe • http://www.ucsm.edu.pe • Apéto. 1350
AREQUIPEA - PERU



INFORME DE ENSAYO N° ANA05C25.005608D

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Diana Milagros Vargas Mamani
Dirección del cliente : Jirón Cueva de los Tayos Urb. Alto Cenepa M. Melgar
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Diana Milagros Vargas Mamani
Descripción de la muestra : Papaya arequipeña C3

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 50 g
Fecha de recepción : 05/11/2024
Fecha de ejecución de ensayo : 05/11/2024 al 13/11/2024
Fecha de emisión de informe : 17/11/2024
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
NUMERACION DE MOHOS ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	< 10
NUMERACION DE LEVADURAS ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	< 10

OBSERVACIONES:

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

F. Ricardo A. Adán Ramírez
COFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Uniscollin CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO N° ANA05C25.005608E

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Diana Milagros Vargas Mamani
Dirección del cliente : Jirón Cueva de los Tayos Urb. Alto Cenepa M. Melgar
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Diana Milagros Vargas Mamani
Descripción de la muestra : Líquido recubrimiento comestible

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 50 g
Fecha de recepción : 05/03/2025
Fecha de ejecución de ensayo : 05/03/2025 al 13/03/2025
Fecha de emisión de informe : 17/03/2025
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
NUMERACION DE MOHOS ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	< 10
NUMERACION DE LEVADURAS ICMSF Vol. I Ed. II Met 1 pág. 166-167(Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acribia)	UFC/g	< 10

OBSERVACIONES:

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

R.F. Ricardo A. Abril Ramírez
COFIDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD
LABORATORIO LECC





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacocho CAMPUS UNIVERSITARIO H-204205 + 51 54 302030 ANEXO 116E
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe | http://www.ucsm.edu.pe | Apto. 1350
AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO N° ANA05C25.005608F

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Diana Milagros Vargas Mamani
Dirección del cliente : Jirón Cueva de los Tayos Urb. Alto Cenepa M. Melgar
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Diana Milagros Vargas Mamani
Descripción de la muestra : Muestra D1T1

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 50 g
Fecha de recepción : 05/03/2025
Fecha de ejecución de ensayo : 05/03/2025 al 13/03/2025
Fecha de emisión de informe : 17/03/2025
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Método espectrofotométrico FOLIN-CIOCALTEAU	mg/g exp en Acido tánico	0.095

OBSERVACIONES:

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

D.F. Ricardo A. Abril-Ramírez
COFDA 00624
SPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD
LABORATORIO LECC





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO N° ANA05C25.005608H

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Diana Milagros Vargas Mamani
Dirección del cliente : Jirón Cueva de los Tayos Urb. Alto Cenepa M. Melgar
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Diana Milagros Vargas Mamani
Descripción de la muestra : Muestra D2T1

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 50 g
Fecha de recepción : 05/03/2025
Fecha de ejecución de ensayo : 05/03/2025 al 13/03/2025
Fecha de emisión de informe : 17/03/2025
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Método espectrofotométrico FOLIN-CIOCALTEAU	mg/g exp en Acido tánico	0.070

OBSERVACIONES:

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

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez
COFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umazolla CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 352038 ANEXO 1166
✉ laboratorioensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apdo. 1350
AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO N° ANA05C25.0056081

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Diana Milagros Vargas Mamani
Dirección del cliente : Jirón Cueva de los Tayos Urb. Alto Cenepa M. Melgar
RUC : No corresponde
Identificación del contacto : Diana Milagros Vargas Mamani
Descripción de la muestra : Muestra D2T2

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 50 g
Fecha de recepción : 05/03/2025
Fecha de ejecución de ensayo : 05/03/2025 al 13/03/2025
Fecha de emisión de informe : 17/03/2025
Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS FISICOQUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Método espectrofotométrico FOLIN-CIOCALTEAU	mg/g exp en Acido tánico	0.025

OBSERVACIONES:

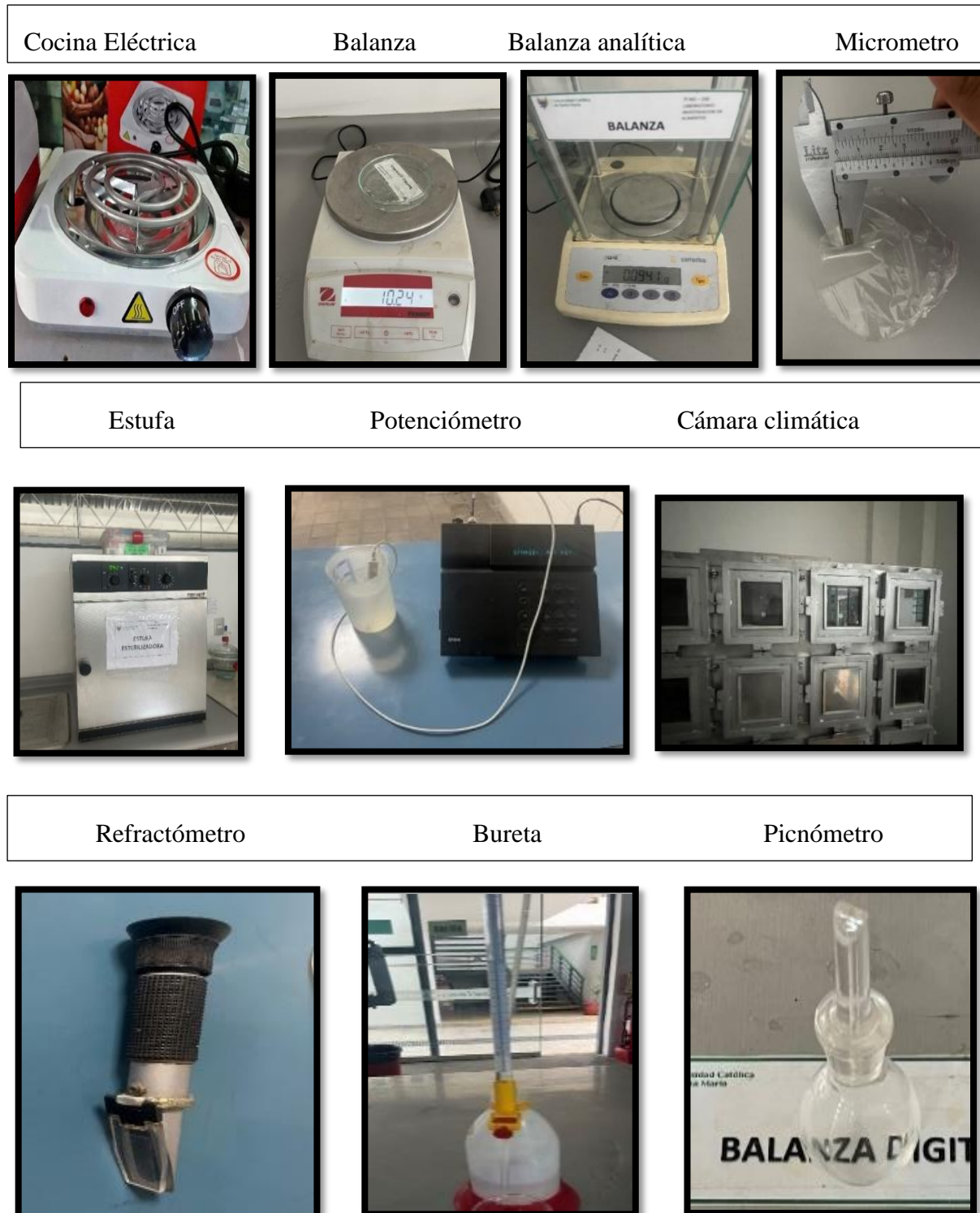
- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren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

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez
COFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE
FARMACIA



Anexo 8: Fotografías

INSUMOS, REACTIVOS Y EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DEL GEL DE SABILA Y ELABORACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE



Twen 80



Agua Destilada



Termómetro



Texturometro



Placas



Ácido cítrico



Glicerol



NaOH



Fenolftaleína



OBTENCIÓN DE GEL DE ALOE VERA, ELABORACION Y FORMULACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE

Pelado Pesado Licuado



Tamizado Pasteurizado



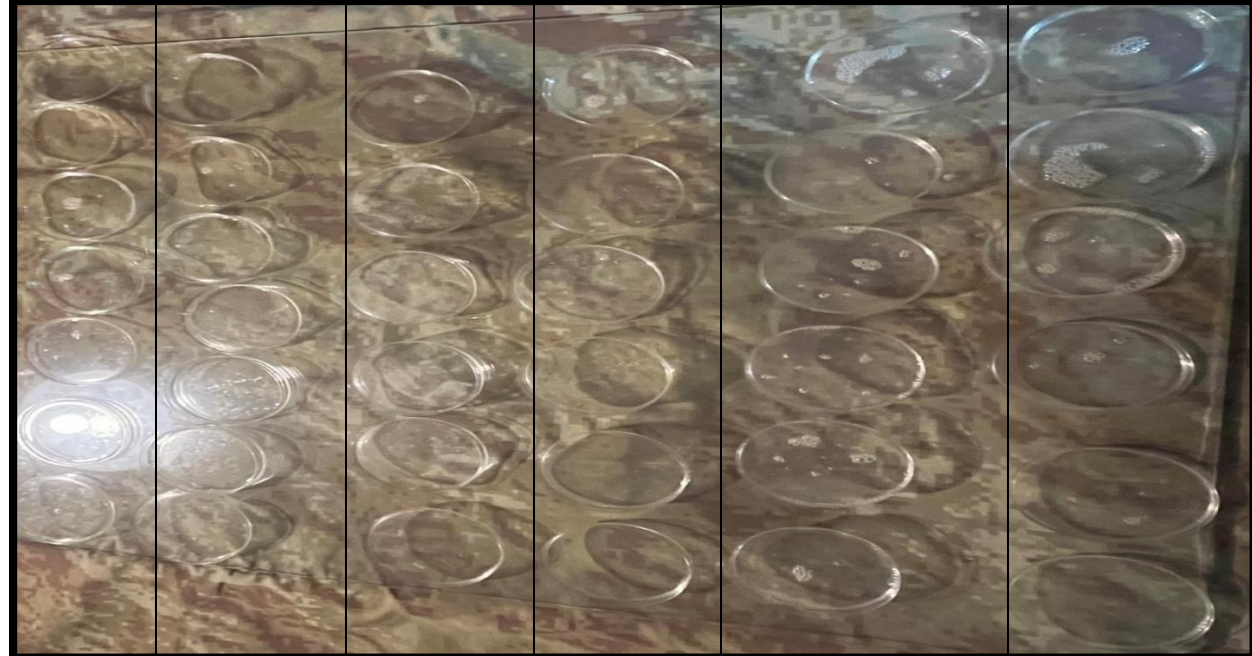
GEL DE ALOE VERA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES

60 % de Aloe Vera	70 % de Aloe Vera	80% de Aloe Vera

EXPERIMENTO 1: FORMULACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE



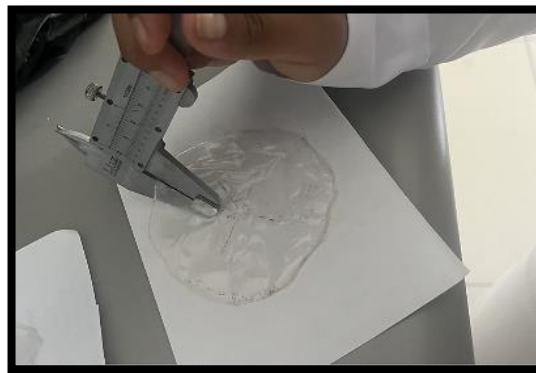
**FORMULACION EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DEL RECUBRIMIENTO
COMESTIBLE**

60 % 3.5 Gelatina	60% 4.5 Gelatina	70% 3.5 Gelatina	70% 4.5 Gelatina	80% 3.5 Gelatina	80% 4.5 Gelatina
					

PELICULA COMESTIBLE DESPUES DEL SECADO



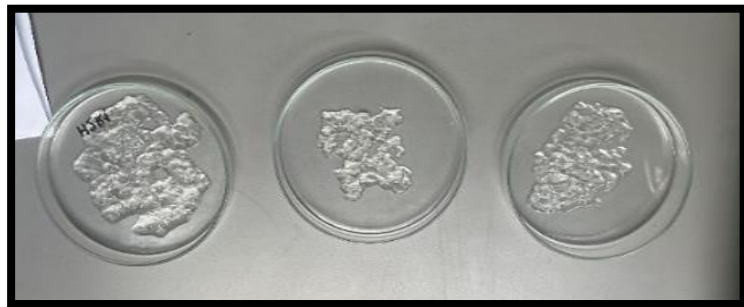
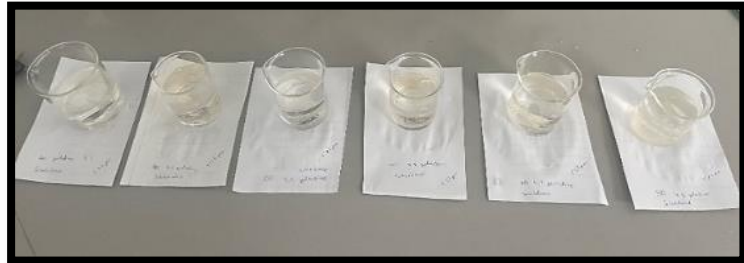
GROSOR DE LA PELÍCULA COMESTIBLE EN DIFERENTES PORCENTAJES DE SABILA Y GELATINA



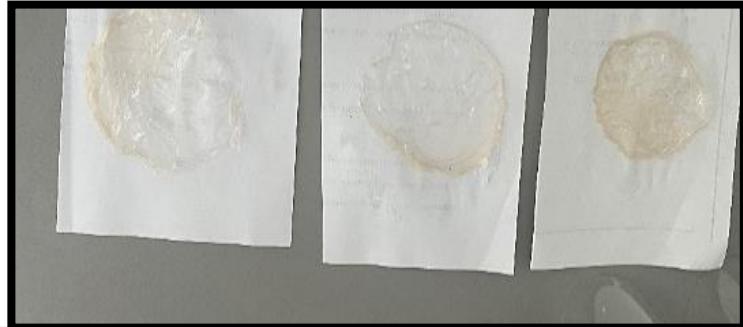
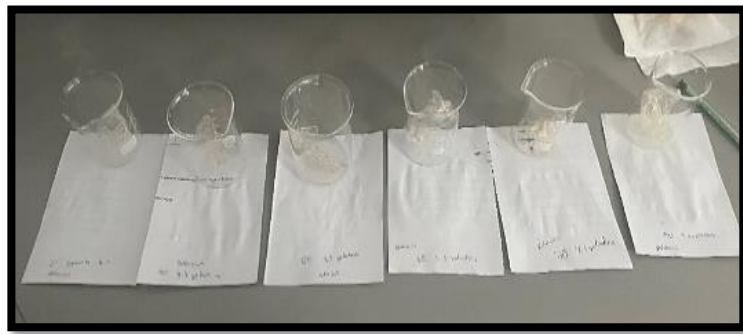
MEDICIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLE EN DIFERENTES PORCENTAJES DE SABILA Y GELATINA



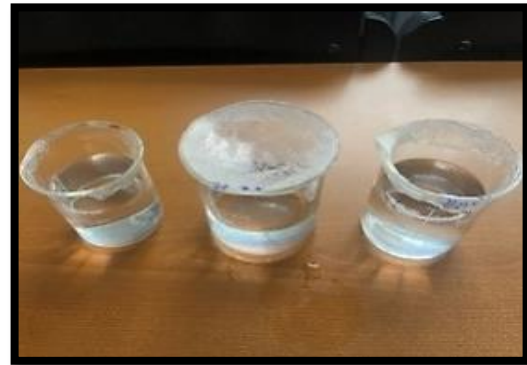
CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA POR PERDIDA DE PESO DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN DIFERENTES PORCENTAJES DE SABILO Y GELATINA



SOLUBILIDAD EN INMERSIÓN DE AGUA DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN DIFERENTES PORCENTAJES DE SABILO Y GELATINA



**PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN
DIFERENTES PORCENTAJES DE SABILO Y GELATINA**



EXPERIMENTO 2: APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE

Lavado y Desinfectado

Secado



Oreado



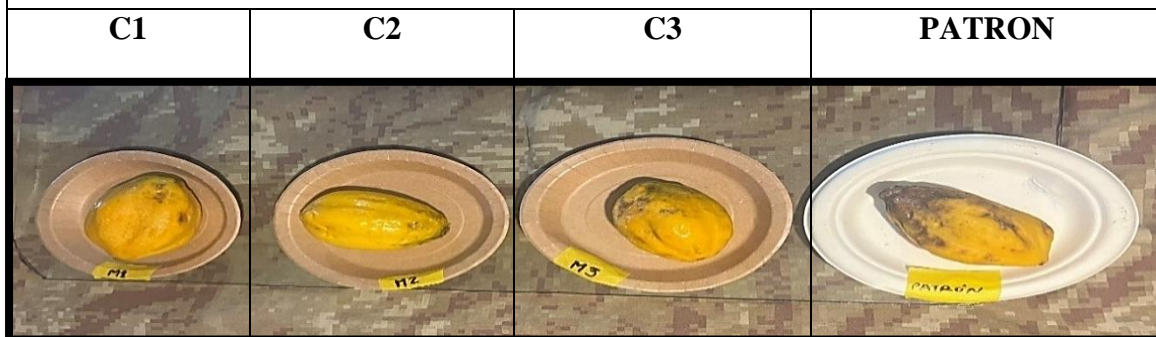
Inmersión



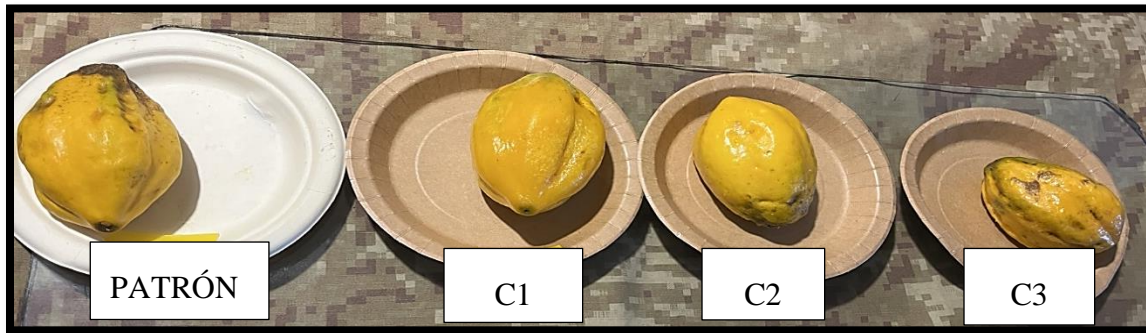
APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO EN PAPAYA ANDINA



ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS CON DIFERENTES CAPAS DE RECUBRIMIENTO



PERDIDA DE PESO EN LA FRUTA CON DIFERENTES CAPAS DE RECUBRIMIENTO



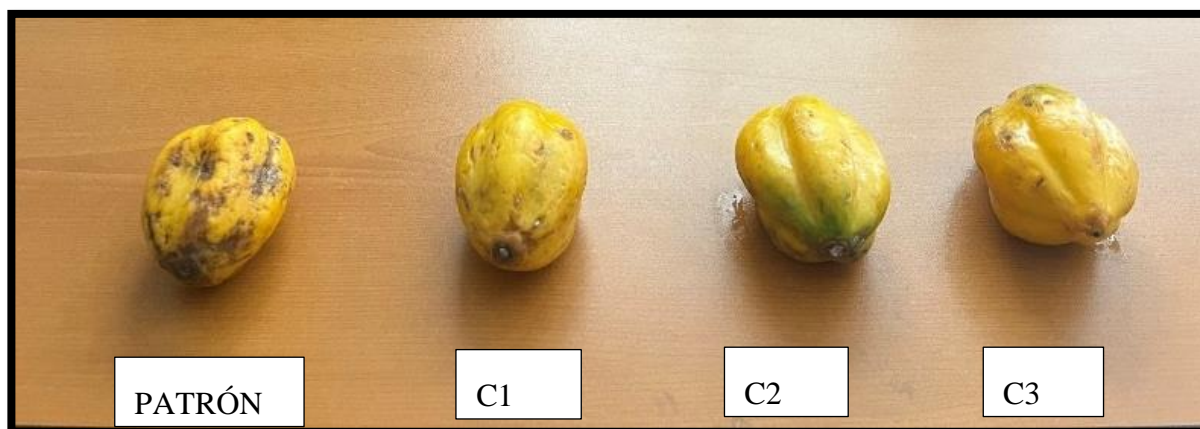
MEDICIÓN DE LA FIRMEZA DE LAS MUESTRAS DE PAPAYA ANDINA RECUBIERTA



SOLUBILIDAD EN INMERSIÓN DE AGUA DE LA PAPAYA ANDINA RECUBIERTA CON LA PELICULA COMESTIBLE



RETENCIÓN DE AGUA DE LA PAPAYA ANDINA RECUBIERTA CON LA PELICULA COMESTIBLE



ANALISIS SENSORIAL



**EXPERIMENTO 3: ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS EN MADUREZ DE CONSUMO Y
MADUREZ FISIOLÓGICA, A DIFERENTES TEMPERATURAS 6°C Y 22°C**

PERDIDA DE PESO



ANÁLISIS SENSORIAL

