



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**EFFECTO PROTECTOR DE UN RECUBRIMIENTO A BASE DE
LA PECTINA DE PLÁTANO Y EL ALMIDÓN DE YUCA APLICADO
EN TOMATE**

AUTORA

RAMÓN RAMÓN ANYELI NATALI

TUTOR

ING. GÉNESIS DEL ROCIO BUCARAM LARA M,Sc.

**MILAGRO, ECUADOR
2026**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA**

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EFECTO PROTECTOR DE UN RECUBRIMIENTO A BASE DE LA PECTINA DE PLÁTANO Y EL ALMIDÓN DE YUCA APLICADO EN TOMATE, realizado por la estudiante RAMÓN RAMÓN ANYELI NATALI; con cédula de identidad N° 0704304146 de la carrera AGROINDUSTRIA, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor

Milagro, 28 de abril del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EFECTO PROTECTOR DE UN RECUBRIMIENTO A BASE DE LA PECTINA DE PLÁTANO Y EL ALMIDÓN DE YUCA APLICADO EN TOMATE”, realizado por la estudiante RAMÓN RAMÓN ANYELI NATALI, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

APELLIDOS NOMBRES, M.Sc.
PRESIDENTE

APELLIDOS NOMBRES, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

APELLIDOS NOMBRES, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

APELLIDOS NOMBRES, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 28 de abril del 2026

DEDICATORIA

A Dios, mi guía constante, pilar indiscutible en mi vida, fuente de fortaleza y ejemplo de amor.

A mis padres, Hermel Ramón y Inés Ramón, personas fuertes, trabajadoras y honradas, quienes me enseñaron que la verdadera riqueza no está en lo material, sino en el conocimiento, en los valores, en la educación, y en el esfuerzo constante por ser mejor cada día.

A mis hermanas, Aracely y Leidy, mi mayor ejemplo de superación, cuyo anhelo sincero de verme prosperar, gracias por enseñarme las herramientas para enfrentar la vida: la fe, la honestidad, el respeto, la humildad y la perseverancia, junto con mi sobrino, los amo.

De igual manera, dedico este logro a aquella versión de mí que en algún momento dudó de su capacidad, a los momentos de frustración y al aprendizaje de ser independiente lejos de mi familia.

Este logro no es solo mío. Es de cada una de las personas que estuvieron aquí, de las que ya no están y de las que nunca dejaron de creer en mí.

AGRADECIMIENTO

De manera muy especial, agradezco a la Familia Ramón, quienes, con su apoyo, generosidad y cariño, fue esencial en este proceso. Asimismo, expreso mi gratitud a Rosa, a quien considero parte de mi familia, por su cariño y apoyo incondicional en cada día que vivimos juntas.

A Polar, su inocencia y su cariño me recordó que, incluso en la soledad nunca estuve sola. Y a ti, Josué, por darme siempre lo mejor, por ser mi calma en medio del tormento y luz en cada etapa. Gracias por amarme de corazón.

De igual manera, agradezco a mis amigos de facultad, el team Chocolatera; con quienes lloramos, reímos, nos enojamos, pero juntos alcanzamos este objetivo, en especial a Paola, mi compañera desde que inicie la carrera, quien me apoyo en cada adversidad, celebrando mis logros y se convirtió en una de mis mejores amigas.

Por último, extiendo mi agradecimiento a mi asesora de tesis la Ing. Génesis Bucaram por ser una guía firme y humana en este proceso académico.

“Al final somos una mezcla de todas las personas que han sido parte de nuestro camino. Me alegra saber que algunas de ellas son parte esencial de quien soy hoy”.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo RAMÓN RAMÓN ANYELI NATALI, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “EFECTO PROTECTOR DE UN RECUBRIMIENTO A BASE DE LA PECTINA DE PLÁTANO Y EL ALMIDÓN DE YUCA APLICADO EN TOMATE” para optar el título de INGENIERA AGROINDUSTRIAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 28 de abril del 2026

RAMÓN RAMÓN ANYELI NATALI
C.I. 0704304146

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto protector de un recubrimiento comestible a base de pectina de plátano y almidón de yuca aplicado en tomate, con el objetivo de prolongar su vida útil y conservar su calidad. La metodología tuvo un enfoque experimental, empleando un Diseño Completamente al Azar (DCA) para el análisis fisicoquímico y microbiológico, y un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) para la evaluación sensorial; los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación múltiple de Tukey y Duncan. Se aplicaron cuatro tratamientos con distintas proporciones de pectina y almidón, incluido un testigo sin recubrimiento, con cinco repeticiones por tratamiento. Las mediciones se realizaron durante 15 días, en intervalos de 1, 3, 7, 10 y 15 días. Se evaluaron variables fisicoquímicas como pH y sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), así como el crecimiento microbiológico (hongos y levaduras). En el análisis sensorial se valoraron atributos como color, olor, sabor y textura mediante un panel de 30 evaluadores no entrenados, bajo escala hedónica. Los resultados al día 15 de almacenamiento evidenciaron que el tratamiento T3 (25% pectina y 75% almidón) presentó el mejor desempeño, con un pH de 4,3 y sólidos solubles de 4,4 $^{\circ}$ Brix. Asimismo, registró menores recuentos de mohos y levaduras ($\approx 10^3$ UFC/g) en comparación con el testigo ($\approx 10^4$ UFC/g). En el análisis sensorial, obtuvo la mayor aceptación, con medias de 4,03 en color, 3,93 en olor, 3,73 en sabor y 4,23 en textura.

Palabras clave: *vida útil, conservación postcosecha, biopolímero, calidad, maduración.*

ABSTRACT

The present study evaluated the protective effect of an edible coating based on banana pectin and cassava starch applied to tomatoes, aiming to extend shelf life and preserve product quality. The methodology followed an experimental approach using a Completely Randomized Design (CRD) for physicochemical and microbiological analyses and a Randomized Complete Block Design (RCBD) for sensory evaluation; the data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and multiple comparison tests such as Tukey and Duncan. Four treatments with different proportions of pectin and starch, including an uncoated control, were applied with five replicates per treatment. Measurements were carried out over 15 days at intervals of 1, 3, 7, 10, and 15 days. Physicochemical variables such as pH and soluble solids ($^{\circ}$ Brix), as well as microbiological growth (molds and yeasts), were assessed. In the sensory analysis, attributes such as color, odor, taste, and texture were evaluated by a panel of 30 untrained evaluators using a hedonic scale. The results at day 15 of storage indicated that treatment T3 (25% pectin and 75% starch) showed the best performance, with a pH of 4.3 and soluble solids of 4.4 $^{\circ}$ Brix. Likewise, it recorded lower counts of molds and yeasts ($\approx 10^3$ CFU/g) compared to the control ($\approx 10^4$ CFU/g). In the sensory analysis, it achieved the highest acceptance, with mean values of 4.03 for color, 3.93 for odor, 3.73 for taste, and 4.23 for texture. These findings demonstrate that the application of edible coatings based on banana pectin and cassava starch is an effective strategy to prolong shelf life and maintain post-harvest quality in tomatoes.

Keywords: *biopolymer, maturation, post-harvest preservation, quality, shelf life.*

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Antecedentes del problema	12
1.2 Planteamiento y formulación del problema	13
1.3 Justificación de la investigación	14
1.4 Delimitación de la investigación	15
1.5 Objetivo general	15
1.6 Objetivo específicos	15
1.7 Hipótesis o idea a defender	15
2. MARCO TEORICO	16
2.1 Estado del arte	16
2.2 Bases teóricas	18
2.3 Marco legal	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1 Enfoque de la investigación	31
3.2 Metodología	31
4. RESULTADOS.....	43
5. DISCUSION	50
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACION.....	52
6.1 Conclusiones	52
6.2 Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	61
APÉNDICES	70

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1: Diagrama de flujo del recubrimiento.....	35
ANEXO N° 2: Diagrama de flujo del recubrimiento del tomate	37
ANEXO N° 3: Diagrama de Flujo de elaboración del recubrimiento comestible a partir de la pectina de plátano y almidón de yuca	39
ANEXO N° 4: Ficha de evaluación sensorial	61
ANEXO N° 5: Recepción de las materias primas	62
ANEXO N° 6: Pesado de las materias primas	62
ANEXO N° 7: Tamizado de los insumos.....	63
ANEXO N° 8: Mezclado de agua y glicerol	63
ANEXO N° 9: Calentamiento de la mezcla hasta 80 °C	64
ANEXO N° 10: Se incorporaron los ingredientes tamizados a la mezcla de.....	64
ANEXO N° 11: Calentamiento de la solución a 70 °C por 10 minutos	65
ANEXO N° 12: Lavado de los tomates en la solución de hipoclorito	65
ANEXO N° 13: Inmersión de los tomates en la solución de biopolímero	66
ANEXO N° 14: Tomate recubierto	66
ANEXO N° 15: Verificación del proceso del recubrimiento del tomate	67
ANEXO N° 16: Análisis sensorial del tomate recubierto	67
ANEXO N° 17: Aceptación sensorial del atributo color en los tratamientos evaluados	68
ANEXO N° 18: Aceptación sensorial del atributo olor en los tratamientos evaluados ..	68
ANEXO N° 19: Aceptación sensorial del atributo sabor en los tratamientos evaluados	69
ANEXO N° 20: Aceptación sensorial del atributo textura en los tratamientos evaluados	69

ÍNDICE DE APÉNDICE

Apéndice N°1: Valores individuales de pH del tomate recubierto durante el almacenamiento.....	70
Apéndice N°2: Análisis de varianza y prueba de Duncan del pH.....	71
Apéndice N°3: Valores individuales de sólidos solubles (°Brix) del tomate durante el almacenamiento.....	73
Apéndice N°4: Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Duncan de los sólidos solubles (°Brix)	74
Apéndice N°5: Resultados individuales del análisis sensorial aplicado a los tratamientos de recubrimiento	76
Apéndice N°6: Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey del análisis sensorial	81

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

En los últimos años, la industria agroalimentaria ha enfocado sus esfuerzos en desarrollar tecnologías que permitan alargar la vida útil de los productos frescos, reducir el desperdicio de alimentos y ofrecer soluciones más sostenibles y seguras para el consumidor. Una de estas tecnologías emergentes son los recubrimientos comestibles, los cuales han demostrado ser eficaces para preservar frutas y hortalizas, actuando como barreras contra la deshidratación, la oxidación y la contaminación microbiana (Rodríguez, 2020).

Diversos estudios han evaluado recubrimientos a base de polisacáridos como la pectina y el almidón, encontrando beneficios en la conservación de productos como manzanas, fresas, papayas, pimientos y tomates (Bruni, 2024). En particular, el tomate (*Solanum lycopersicum*) ha sido objeto de múltiples investigaciones debido a su alto contenido de agua y una tasa de respiración elevada, lo que lo hace especialmente susceptible al deterioro postcosecha. Este deterioro se manifiesta a través de la falta de firmeza, cambios en el color, crecimiento microbiano y disminución de su calidad nutricional y sensorial, lo que representa pérdidas (Adjouman, 2018).

Dentro de los biopolímeros naturales más prometedores destacan la pectina y el almidón. La pectina es un polisacárido estructural presente en las paredes celulares de muchas frutas, conocido por su capacidad gelificante y sus propiedades funcionales en matrices alimentarias. El plátano (*Musa spp.*), en sus distintas fases de maduración, constituye una fuente importante de pectina, especialmente cuando se encuentra en estado verde (Guevara, 2022). Por otro lado, el almidón de yuca (*Manihot esculenta*) un biopolímero abundante en regiones tropicales, destaca por su capacidad gelificante y formadora de films, es ampliamente usado en la industria alimentaria por su alta pureza, facilidad de extracción y buena capacidad formadora de películas

La combinación de estos dos biopolímeros puede dar lugar a recubrimientos con características fisicoquímicas adecuadas para la protección de frutas como el tomate, proporcionando una barrera semipermeable que disminuye la pérdida de agua y la tasa respiratoria, y que puede ser potencialmente efectiva en la inhibición del desarrollo microbiano.

Además, el empleo de pectina de plátano (residuo agrícola) y almidón de yuca (de alta disponibilidad) representa una alternativa económica y ecológica, que puede beneficiar a pequeños productores y fomentar prácticas de economía circular. Representa una alternativa de valor agregado para los subproductos agrícolas, incentivando su aprovechamiento en comunidades rurales y reduciendo el impacto ambiental generado por desechos orgánicos (Duguma, 2021).

Esto representa una oportunidad de innovación, no solo por los beneficios de conservación esperados, sino también por el valor agregado que supone el uso de subproductos agroindustriales locales y renovables. el uso de materias primas locales es particularmente relevante en zonas tropicales del Ecuador.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es un fruto altamente perecedero que, tras su cosecha, sufre rápidos procesos de deterioro debido a la pérdida de agua, la actividad microbiana y la aceleración de su maduración, lo que limita su vida útil. Durante el almacenamiento y transporte, el tomate está expuesto a procesos fisiológicos y microbiológicos, generando importantes pérdidas económicas y desperdicio de alimentos. Ante la creciente demanda por alternativas sostenibles a los conservantes sintéticos, los recubrimientos comestibles naturales se han convertido en una opción prometedora para preservar la calidad de los alimentos frescos.

Ante esta problemática, la búsqueda de métodos de conservación postcosecha más naturales y sostenibles ha cobrado gran relevancia. Entre las alternativas emergentes, los recubrimientos comestibles a base de biopolímeros se han mostrado prometedores por su capacidad de actuar como barreras contra la pérdida de agua, el intercambio gaseoso y la contaminación microbiana.

Surge el interés por evaluar el efecto protector de un recubrimiento elaborado a partir de la pectina extraída del plátano y el almidón de yuca, dos biopolímeros naturales con propiedades filmógenas y han sido utilizados de forma individual en aplicaciones alimentarias.

1.2.2 Formulación del problema

¿De qué manera influye la combinación de pectina de plátano y almidón de yuca en la conservación del tomate (*Solanum lycopersicum*) en términos de su vida útil y calidad durante un recubrimiento comestible?

1.3 Justificación de la investigación

En la actualidad, el tomate (*Solanum lycopersicum*) sufre considerables pérdidas postcosecha, se estima que más del 20 % de la producción se pierde debido a daños físicos, deshidratación y deterioro microbiano, especialmente en climas tropicales como el de Ecuador. Estas quiebras representan un desafío tanto para productores como para la seguridad alimentaria, subrayando la necesidad de alternativas rentables y sostenibles para prolongar la vida útil de este alimento de alto valor (Mengistu, 2024).

Los recubrimientos comestibles ofrecen una solución sostenible y segura basados en polisacáridos (como pectina y almidón) con características deseables como la biodegradabilidad, inocuidad, y capacidad de formar barreras semipermeables para gases y humedad. Por un lado, la pectina derivada del plátano, actúa como biopolímero con propiedades antimicrobianas, antioxidantes y retención de compuestos bioactivos, y ha demostrado reducir la pérdida de peso, retardar la maduración y preservar azúcares, acidez y contenido de vitamina C en tomates. Por otro lado, el almidón de yuca, especialmente en recubrimientos al 4 %, disminuye la pérdida de peso (de 14,8 % a 8 % en 22 días) y conserva firmeza y parámetros fisicoquímicos (Mosquera, 2019).

La pectina extraída de cáscaras de plátano (residuo subutilizado) y el almidón de yuca representan materias primas abundantes en Ecuador, con potencial económico y ecológico. El desarrollo experimental de este recubrimiento puede ofrecer una solución accesible y sustentable, contribuyendo al valor agregado del tomate y reduciendo desperdicios.

Por lo tanto, este estudio se justifica en demostrar que el recubrimiento forma una barrera semipermeable que disminuye la respiración, pérdida de agua y deterioro microbiano, para así validar una mezcla óptima de pectina de plátano y almidón de yuca para uso práctico. Lo cual se cuantificará su impacto sobre las variables, las características fisicoquímicas (pH, °Brix), organolépticas (Color, olor, sabor, textura del tomate recubierto) y el tiempo de vida útil.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Universidad Agraria del Ecuador- Facultad de Ciencias Agrarias - Ciudad Universitaria Milagro.
- **Tiempo:** El proyecto se desarrolló en un periodo de 7 meses desde 1 junio - 31 diciembre.
- **Población:** Comunidad en general

1.5 Objetivo general

Evaluar la influencia de la pectina de plátano y el almidón de yuca en la conservación de tomate.

1.6 Objetivo específicos

- Elaborar un recubrimiento biodegradable a partir de pectina de plátano verde y almidón de yuca
- Evaluar el tiempo de vida útil del tomate cubierto con el biopolímero mediante análisis físico-químicos y microbiológicos
- Determinar el tratamiento mejor evaluado mediante un análisis sensorial al tomate recubierto

1.7 Hipótesis o idea a defender

El recubrimiento elaborado a partir de pectina de plátano y almidón de yuca cuenta con las características necesarias para poder alargar el tiempo de vida útil del tomate y conservar sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas.

2. MARCO TEORICO

2.1 Estado del arte

González et al. (2021) desarrollaron un recubrimiento comestible a partir de pectina extraída de residuos de banano verde (2%) y almidón de yuca (5%), usando glicerol como plastificante en una proporción del 1.5%. Esta mezcla fue aplicada a tomates frescos con el objetivo de evaluar su eficacia como barrera física frente a factores ambientales. Durante 14 días de almacenamiento a temperatura ambiente, se monitorearon parámetros fisicoquímicos como el pH (que se mantuvo entre 4.2 y 4.3), la acidez titulable (que osciló entre 0.34% y 0.37%), y los sólidos solubles (que variaron de 4.1°Brix a 4.3°Brix). Los resultados mostraron que el recubrimiento redujo significativamente la pérdida de peso de los frutos y retardó el deterioro, lo que respalda su potencial como material biodegradable y funcional.

Rivera et al. (2020) aplicaron un recubrimiento natural basado en almidón de yuca (6%) y pectina cítrica (2%) sobre tomates cherry. La solución fue preparada térmicamente y aplicada mediante inmersión, almacenando posteriormente los frutos a 12 °C por un periodo de 10 días. Se observó que los tomates recubiertos mantuvieron un pH estable entre 4.2 y 4.3, una acidez titulable de 0.38%, y un contenido de sólidos solubles promedio de 4.5°Brix. A nivel visual, los tomates recubiertos conservaron mejor su color y firmeza respecto al grupo control. Esta investigación demostró que los biopolímeros naturales como la pectina y el almidón de yuca pueden ser usados exitosamente como alternativa ecológica a los recubrimientos sintéticos.

León y Muñoz (2019) desarrollaron una formulación experimental utilizando mezclas de almidón de yuca y pectina de frutas tropicales (2% y 3% respectivamente), la cual fue aplicada a tomates tipo saladette. La investigación se enfocó en determinar la efectividad de la mezcla como recubrimiento biodegradable durante 12 días de almacenamiento. Se registró que el pH promedio de los frutos tratados fue de 4.4, la acidez se mantuvo en 0.40%, y los °Brix finales fueron de 4.3, en comparación con el grupo sin recubrimiento que presentó mayores alteraciones en estos valores. Además, el análisis visual y estructural indicó que los tomates tratados mantuvieron su firmeza por más tiempo, destacando la utilidad de los biopolímeros en la prolongación de la vida postcosecha.

Martínez et al. (2022) desarrollaron un estudio sobre tomates recubiertos con una mezcla de pectina de maracuyá (1.5%) y almidón de yuca (4%), almacenados durante 15 días a una temperatura de 10 °C. La finalidad del estudio fue evaluar los cambios en la calidad del fruto mediante análisis físico-químicos y microbiológicos. A lo largo del almacenamiento, el pH del tomate recubierto osciló entre 4.1 y 4.3, la acidez aumentó levemente de 0.37% a 0.41%, y los sólidos solubles incrementaron de 3.8°Brix a 4.2°Brix. A nivel microbiológico, se observó una reducción significativa en la carga de microorganismos totales en comparación con los frutos no tratados, lo que indica que el recubrimiento ayudó a retardar el crecimiento microbiano y preservó mejor la calidad del tomate.

Ortega et al. (2021) desarrollaron un recubrimiento comestible usando almidón modificado y pectina natural, al cual añadieron extractos antimicrobianos derivados de plantas medicinales. Este recubrimiento fue aplicado en tomates y su efectividad se midió cada tres días durante 12 días de almacenamiento. Se evaluaron parámetros como el pH (4.2 promedio en tomates tratados vs. 4.0 en el control), la acidez titulable (0.39% frente a 0.45%), y los °Brix (4.6 para el recubierto vs. 4.1 en el control). En cuanto al análisis microbiológico, se observó una disminución del 45% en la cantidad de mesófilos aerobios en comparación con tomates sin recubrimiento, evidenciando el efecto protector de la película comestible.

Torres y Rivas (2020) aplicaron un recubrimiento a partir de la pectina extraída de cáscara de plátano (2%) y almidón de yuca (5%) sobre tomates maduros, evaluando la evolución de pH, acidez, °Brix y la incidencia microbiana durante 14 días. Los resultados indicaron que los frutos recubiertos presentaron un pH que aumentó ligeramente de 4.0 a 4.4, una acidez que varió entre 0.35% y 0.42%, y un incremento moderado de °Brix de 4.0 a 4.4. En términos microbiológicos, el porcentaje de tomates afectados por hongos fue del 10% en los tratados, en contraste con el 35% del grupo control. Esto sugiere que la combinación de estos biopolímeros puede ralentizar tanto la maduración como el deterioro microbiano.

López et al. (2021) llevaron a cabo un análisis sensorial con 30 panelistas inexpertos para evaluar la aceptabilidad de tomates recubiertos con una mezcla de pectina de plátano (2%) y almidón de yuca (4%). Los atributos sensoriales evaluados

fueron apariencia, textura, olor y sabor, bajo una escala hedónica de 5 puntos. El tratamiento con recubrimiento alcanzo una puntuación promedio de 4.5 en apariencia, 4.6 en textura, 4.4 en olor y 4.3 en sabor, siendo estadísticamente superior al grupo control en todos los parámetros. Además, estos tomates mantuvieron un °Brix de 4.3 y pH de 4.2 al día 10 de almacenamiento, lo que indica que el recubrimiento ayudó tanto en la conservación como en la preferencia sensorial del consumidor.

En su estudio, Pérez y Cárdenas (2020) aplicaron tres tipos de recubrimientos comestibles a tomates frescos, entre ellos una combinación de almidón de yuca (5%) y pectina de banano (2%), con el objetivo de evaluar la aceptación sensorial mediante una prueba con consumidores. El tratamiento con pectina y yuca obtuvo el mayor puntaje global con 4.7/5, seguido por otros tratamientos que no superaron el 4.2/5. Se destacó que los tomates recubiertos con esta mezcla conservaron mejor la textura y el sabor natural del fruto, con un °Brix final de 4.2°Brix, mientras que el grupo control mostró un descenso en dulzor y aumento de acidez. Esta formulación fue considerada la más efectiva en la evaluación general.

Hernández et al. (2022) estudiaron el efecto sensorial de un recubrimiento mixto basado en almidón de yuca, pectina natural y aloe vera, aplicado a tomates durante 12 días. A través de una prueba sensorial con 25 panelistas, se obtuvo una calificación promedio de 4.6/5 en sabor, 4.8/5 en textura, 4.5/5 en olor, y 4.7/5 en apariencia, destacando su superioridad frente al tratamiento control, el cual no superó los 3.9 puntos en ninguna categoría. Los tomates tratados también mostraron valores estables de pH (4.3) y °Brix (4.4), lo que reforzó la relación entre parámetros físico-químicos y aceptación sensorial.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Recubrimientos comestible

Los recubrimientos comestibles consisten en capas finas y biodegradables que se colocan sobre la superficie del alimento aplicadas sobre frutas y hortalizas frescas para protegerlas durante el almacenamiento y distribución. Estos recubrimientos forman una barrera semipermeable que ayuda a controlar el intercambio gaseoso y disminuir la pérdida de humedad, retrasa la maduración y deterioro microbiológico del producto. Su aplicación mejora la conservación postcosecha, prolonga la vida útil, y puede incluir

ingredientes funcionales como agentes antimicrobianos o antioxidantes. Estos recubrimientos pueden estar compuestos de polisacáridos, proteínas o lípidos, dependiendo de la funcionalidad deseada.

2.2.1.1 Función.

Son películas delgadas aplicadas en la superficie de productos alimenticios con el propósito de extender su vida útil y mejorar la calidad. Su función es actuar como barrera física que limita la transferencia de gases (oxígeno y dióxido de carbono), reduce la pérdida de humedad y protege contra daños mecánicos y microbiológicos. Además, pueden incorporar compuestos bioactivos como antioxidantes, antimicrobianos o nutrientes, convirtiéndose no solo en una herramienta de conservación, sino también en un medio para enriquecer los alimentos (González, Ruiz, & Herrera, 2021).

2.2.1.2 Características.

Los recubrimientos comestibles deben poseer ciertas características para ser eficaces. Deben ser incoloros o ligeramente translúcidos, no alterar el sabor ni el aroma del alimento, ser biodegradables y seguros para el consumo humano. También se requiere que tengan buena adherencia a la superficie del producto, flexibilidad y resistencia mecánica. La permeabilidad al vapor de agua, así como al oxígeno y al dióxido de carbono es una propiedad crucial, ya que determina su capacidad para conservar el alimento sin afectar negativamente su respiración o textura (López, Díaz, & Quintero, 2021).

2.2.1.3 Tipos.

Cada tipo tiene características específicas que determinan su aplicación en distintos productos, se los clasifica como:

- Hidrocoloides
 - Polisacáridos: incluyendo pectina, almidón, quitosano, alginato, carragenina, gomas y derivadas de celulosa como la carboximetilcelulosa. Tienen buena barrera a gases como O₂ y CO₂, pero su barrera frente al vapor de agua es limitada debido a su carácter hidrofílico.

- Proteínas: como gelatina, zeína (maíz), proteínas de soya o de huevo. Ofrecen buena barrera a gases y propiedades mecánicas, aunque su resistencia al agua también es reducida.
- Lípidos: Incluyen ceras (abeja, carnauba, candelilla), aceites, monoglicéridos o ácidos grasos. Son muy eficaces como barrera frente a la humedad, aportan brillo superficial y reducen la respiración del producto.
- Recubrimientos Compuestos (mixtos): Integran hidrocoloides con lípidos (y a veces proteínas), mejorando tanto la barrera al vapor de agua como la flexibilidad y resistencia mecánica.
- Nanofilms comestibles: Recubrimientos avanzados con nano-componentes (como nanopartículas de quitosán o lípidos) que ofrecen propiedades antimicrobianas, antioxidantes y mejor barrera a la humedad (MDPI, 2021)

2.2.1.4 Uso.

Estos recubrimientos se utilizan ampliamente en frutas, verduras, carnes, pescados, productos de panadería y confitería. En el caso de frutas y hortalizas como el tomate, su aplicación permite retrasar el proceso de maduración y senescencia, reduciendo la pérdida de firmeza, la oxidación y el desarrollo de mohos. Además, su uso se alinea con las tendencias actuales de sostenibilidad y reducción del uso de envases plásticos, al tratarse de una alternativa natural, económica y ecológica (Martínez, Salazar, & Gómez, 2022).

2.2.1.5 Fuente.

Los recubrimientos comestibles pueden elaborarse utilizando diferentes biopolímeros naturales, principalmente polisacáridos (como almidón, celulosa, pectina, quitina), proteínas (gelatina, caseína, zeína) y lípidos (ceras, ácidos grasos). En particular, la pectina extraída de frutas y el almidón de tubérculos como la yuca han demostrado ser materias primas eficientes por su riqueza, costo reducido y propiedades beneficiosas de filmógenas. La combinación de estos materiales permite optimizar la textura y funcionalidad del recubrimiento, mejorando su desempeño en la conservación postcosecha (Ortega & Cedeño, 2021).

2.2.2 Pectina

La pectina es un polisacárido de origen natural considerado un polímero estructural presente en plantas terrestres. Desde el punto de vista químico, guarda similitud con otros carbohidratos complejos como la celulosa y el almidón. Una de sus principales características es su capacidad para formar geles cuando se encuentra en solución bajo condiciones adecuadas. En los tejidos vegetales, la pectina se localiza en los espacios intercelulares, especialmente en la lámina media de la pared celular, siendo abundante en frutas como los cítricos y la manzana.

Estructuralmente, este polímero está constituido por cadenas de ácido D-galacturónico unidas mediante enlaces glucosídicos, predominantemente de tipo β . En su estructura se encuentran grupos carboxilo, algunos de los cuales pueden estar esterificados, denominándose grupos metoxilo. Esta composición le confiere un elevado peso molecular y propiedades funcionales específicas (Ambrogio, Piovano, Guntero, Ferreti, & Mancini, 2019).

El contenido de pectina en los frutos varía en función del grado de madurez, ya que durante el proceso de maduración se producen transformaciones en la pared celular que afectan su concentración. Comercialmente, puede encontrarse tanto en presentación líquida como en polvo, y debido a su capacidad para formar redes tridimensionales en medios acuosos, se clasifica como un agente gelificante ampliamente utilizado en la industria alimentaria.

2.2.2.1 Tipos.

Según el grado de esterificación de los grupos carboxilo (metoxilo), las pectinas se clasifican en dos tipos. Esta clasificación depende del nivel de esterificación de las unidades de ácido poligalacturónico presentes en su estructura. Por un lado, se encuentran aquellas con menor grado de esterificación y, por otro, las que presentan mayor proporción de grupos esterificado (Moreno, Gutiérrez, & Gutiérrez, 2020).

Ambos tipos poseen comportamientos distintos debido a su estructura química, por lo que se diferencian de la siguiente manera:

- Pectinas de bajo metoxilo (PBM): Se caracterizan porque menos del 50 % de sus grupos carboxilo están esterificados con metanol. Este tipo de pectina tiene la

capacidad de formar geles en productos con bajo contenido de azúcares, generalmente en presencia de iones calcio.

- Pectinas de alto metoxilo (PAM): Se caracterizan porque más del 50 % de sus grupos carboxilo se encuentran esterificados con metanol. Este tipo de pectina se subdivide, a su vez, en pectinas de gelificación rápida y de gelificación lenta, de acuerdo con el tiempo que requieren para formar el gel. Las pectinas de gelificación rápida pueden formar geles en un tiempo menor a cinco minutos y presentan un grado de esterificación que oscila entre 68 % y 75 %. En cambio, las pectinas de gelificación lenta requieren más de cinco minutos para gelificar, ya que su grado de esterificación se sitúa aproximadamente entre 60 % y 68 %. Las pectinas de alto metoxilo desarrollan geles en productos con concentraciones de azúcar superiores al 55 %, utilizando generalmente niveles de pectina entre 0,3 % y 0,5 %. (Anaya-Esparza, Pérez-Larios, Ruvalcaba-Gómez, Sánchez-Burgos, & Romero-Toledo, 2020).

2.2.2.2. Fuente.

Las sustancias pécticas tienen gran relevancia debido a su amplia presencia en los tejidos vegetales. Su concentración suele ser mayor antes de que el fruto alcance la madurez fisiológica, ya que durante la maduración ocurren procesos que modifican su estructura. Las principales fuentes para la extracción de pectina son las cáscaras de frutos cítricos como naranja, limón, toronja y lima, así como frutas como la pera y la manzana. En términos de rendimiento, la cáscara de cítricos puede contener entre 20 % y 35 % de pectina, la pulpa de manzana entre 10 % y 15 %, y la remolacha aproximadamente entre 10 % y 20 %.

2.2.2.3 Función.

El contenido de metoxilos en la pectina le permite formar geles acuosos en soluciones y productos procesados, lo que la convierte en un ingrediente funcional y una fuente de fibra dietética. Debido a su capacidad gelificante, se utiliza ampliamente en la industria alimentaria para mejorar la textura de mermeladas y jaleas. También actúa como espesante, estabilizante y emulsificante en productos lácteos, salsas y mayonesas, aportando viscosidad.

En la actualidad, este polímero se emplea en la elaboración de recubrimientos comestibles, ya que sus propiedades gelificantes y elásticas contribuyen a mejorar las características mecánicas del material, además de ofrecer efectos antimicrobianos (Alarcón & Arroyo, 2016).

2.2.3 Pectina de plátano

2.2.3.1 Función.

Cumple una función esencial como agente gelificante, espesante y estabilizante natural. En el caso de recubrimientos comestibles, su principal función es actuar como barrera semipermeable que regula el intercambio gaseoso (O_2 y CO_2), limita la pérdida de humedad y la velocidad de la maduración en frutas como el tomate. Esta propiedad permite retardar el deterioro fisiológico, extender la vida útil del producto y conservar su calidad postcosecha (León & Muñoz, 2019).

2.2.3.2 Características.

Presenta una estructura compleja rica en ácido galacturónico, lo que le confiere una alta capacidad para formar redes gelificantes. Es biodegradable, incolora, no tóxica, y puede formar películas flexibles y transparentes. Estas características permiten su uso en sistemas combinados con almidones u otros biopolímeros, mejorando la resistencia mecánica y la integridad estructural del recubrimiento. Además, posee buena compatibilidad con plastificantes como el glicerol (González, Ávila, & Cabrera, 2021).

2.2.3.3 Uso.

Se utiliza ampliamente en la elaboración de recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas, ya sea sola o combinada con otros polímeros como el almidón de yuca. Estos recubrimientos tienen aplicaciones en la conservación postcosecha, pues disminuyen la deshidratación, el oscurecimiento enzimático y la actividad microbiana. También puede servir como portadora de compuestos activos como antioxidantes o antimicrobianos, lo que la hace útil en tecnologías de envasado activo (Villacrés & Páez, 2021).

2.2.3.4 Fuente.

Es la cáscara del plátano (*Musa paradisiaca*), la cual representa un subproducto agrícola de alta disponibilidad en países tropicales. Esta cáscara contiene una cantidad

significativa de pectina que puede extraerse mediante métodos como la hidrólisis ácida y la precipitación con alcohol. El aprovechamiento de esta biomasa contribuye a la sostenibilidad, reduciendo los residuos agroindustriales y fomentando la economía circular (Rivera, Mendoza, & Torres, 2020).

2.2.4 Almidón

Es un insumo ampliamente utilizado en distintos sectores de la agroindustria, debido a las propiedades funcionales que aporta, su aplicación influye directamente en la consistencia y la textura de los alimentos, mejorando sus características físicas. Por otro lado, los distintos tipos de almidón se emplean en la elaboración de productos como gomas, papel y materiales para cubiertas biodegradables, gracias a su capacidad de formar películas y a su origen natural (Villarroel, Gómez, Vera, & Torres, 2018).

2.2.4.1 Tipos.

Según De acuerdo con las características del proceso de preparación y su estructura, el almidón se clasifica en diferentes tipos:

- Almidón rápidamente digerible: Se descompone con facilidad durante la digestión y se encuentra principalmente en alimentos que contienen fécula cocida, como la papa y el pan.
- Almidón lentamente digerible: También conocido como almidón crudo, presenta una estructura más organizada o cristalina, por lo que su digestión es más lenta. Está presente en algunos cereales.
- Almidón resistente: Se considera parte de la fibra dietética, ya que no se digiere fácilmente y es resistente al hidrólisis en el tracto digestivo (Salazar-Acosta, 2018).

2.2.5 Almidón de yuca

Se caracteriza por su alto contenido de amilosa, lo que le da una composición distinta en comparación con los almidones obtenidos de cereales o de otros tubérculos como la papa, los cuales contienen mayor proporción de amilopectina. Son utilizados para mejorar la consistencia y la viscosidad de los alimentos, además de aportar estabilidad frente a cambios de pH y temperatura. También favorece procesos

como la dispersión y la formación de geles en distintos productos alimenticios (Alcocer, Ocaña, Balcazar, & González, 2018).

2.2.5.1 Fuente.

El almidón se encuentra presente en cereales, tubérculos, frutas, diversas raíces y en muchas leguminosas. En algunos de estos alimentos, el almidón puede representar entre el 60 % y el 70 % de su peso seco (Martínez, Peña, Gómez, Vargas, & Velezmoro, 2019).

2.2.5.2 Usos.

El almidón juega un rol clave en la textura de diversos productos procesados, ya que contribuye a mejorar su aceptación y palatabilidad. En el ámbito industrial se emplea en la elaboración de caramelos y chicles, y también cumple funciones como estabilizante, emulsificante, espesante, agente coloidal y aglutinante. Además, se utiliza en la producción de películas y recubrimientos comestibles.

2.2.5.3 Composición.

El almidón tiene una estructura de una mezcla de dos polisacáridos: amilosa y amilopectina, los cuales la amilosa posee una estructura lineal, mientras que la amilopectina se caracteriza por ser altamente ramificada.

La amilopectina es el componente de la mayoría de los almidones y está formada por unidades de α -D-glucosa. Sus cadenas ramificadas contienen entre 20 y 30 unidades glucosídicas. Por su parte, la amilosa puede presentar ligeras ramificaciones; sin embargo, estas no influyen en su comportamiento hidrodinámico (Arbizú Hernández, 2021).

El tamaño de los gránulos de almidón varía según la fuente de extracción. Los almidones provenientes de raíces y tubérculos suelen presentar gránulos más grandes y de forma esférica, mientras que los obtenidos de cereales generalmente son más pequeños.

2.2.6 Glicerina

La glicerina es una sustancia higroscópica, soluble en agua y en diversos alcoholes. Se caracteriza por su flexibilidad y por su capacidad para establecer enlaces

de hidrógeno tanto dentro de la misma molécula como entre moléculas diferentes (Betancourt, De Mello, & Castellanos, 2016).

Se distingue por ser una sustancia higroscópica, soluble en agua y en distintos alcoholes. Posee gran flexibilidad molecular y puede formar enlaces de hidrógeno dentro de la misma molécula como entre moléculas diferentes, lo que determina sus propiedades funcionales.

2.2.6.1 Tipos.

En el mercado se distinguen tres tipos de glicerina según su nivel de pureza:

- **Glicerina grado técnico:** se destina principalmente a aplicaciones industriales.
- **Glicerina cruda:** se obtiene como subproducto del proceso de transesterificación durante la producción de biodiésel.
- **Glicerina refinada:** posee mayor grado de pureza y se utiliza en la elaboración de productos cosméticos, farmacéuticos y alimentarios (Posada-Duque & Cardona-Alzate, 2019).

2.2.6.2 Fuente.

Actualmente el 70 % del glicerol se obtiene como subproducto del proceso de producción de biodiésel. Además, se encuentra de manera natural formando parte de aceites y grasas tanto de origen vegetal como animal (Lafuente, 2017).

2.2.6.3 Función.

Actúa como humectante, disolvente, emoliente y lubricante. Se emplea en la elaboración de productos de higiene personal, tales como pastas dentales, jabones y enjuagues bucales. Además, desde el año 1959 es considerada una sustancia segura para el consumo humano (Lafuente, 2017).

2.2.6.4 Composición.

El glicerol no posee carbonos asimétricos ni presenta estereoisomería en su forma libre. Sin embargo, el carbono 2 puede convertirse en un carbono asimétrico cuando los grupos hidroxilo ubicados en los carbonos 1 y 3 se esterifican con sustituyentes distintos. En este caso, la molécula adquiere carácter proquiral (Lafuente, 2017).

2.2.7 Ácido cítrico

2.2.7.1 Función.

Es un compuesto orgánico de bajo peso molecular que actúa principalmente como acidulante, conservante y antioxidante en sistemas alimentarios. En recubrimientos comestibles, su función más relevante es la de estabilizar el pH, inhibir el crecimiento microbiano y prevenir la oxidación enzimática, lo cual es esencial para mantener la frescura de frutas y hortalizas como el tomate. Además, favorece la acción de otros agentes antimicrobianos al crear un ambiente ácido que limita el desarrollo de microorganismos patógenos (González, Ávila, & Cabrera, 2021).

2.2.7.2 Fuente.

Se muestra naturalmente en frutas cítricas como el limón, la naranja y la toronja. No obstante, su producción industrial se lleva a cabo mediante la fermentación microbiana empleando cepas de *Aspergillus niger*, haciendo uso de fuentes de carbono como melaza de caña, glucosa o almidones hidrolizados. Este proceso es altamente eficiente, económico y sostenible, lo que permite su producción a gran escala para aplicaciones alimentarias e industriales.

2.2.7.3 Características.

Se presenta como un polvo blanco, cristalino, inodoro, altamente soluble en agua y con sabor marcadamente ácido. Es un ácido tricarboxílico, lo que le permite formar complejos con metales y actuar como quelante. Esta característica lo hace útil en la reducción del pardeamiento no enzimático y la inhibición de la actividad oxidativa. Es biodegradable, no tóxico y considerado seguro por organismos internacionales como la FAO/OMS, lo que permite su aplicación sin restricciones severas en alimentos (FAO/WHO, 2020).

2.2.8 Tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una hortaliza más susceptible al deterioro postcosecha debido a su alto contenido de agua, respiración acelerada, y cutícula delgada que lo hace vulnerable a la pérdida de firmeza, deshidratación, ataque microbiano y pardeamiento enzimático. Lo cual, lo convierten en un candidato ideal para la aplicación de recubrimientos comestibles, los cuales actúan como una barrera

semipermeable que regula la transferencia de gases (O_2 y CO_2), reduce la pérdida de humedad y limita el crecimiento microbiano.

2.2.8.1 Taxonomía.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum lycopersicum* L (González & Ramírez, 2020).

2.2.8.2 Composición nutricional

El tomate destaca por su alto contenido de agua (aproximadamente 93–95%), lo que lo hace un alimento bajo en calorías. Su composición nutricional incluye:

Carbohidratos: 3–4 g/100 g

Proteínas: 0.9–1.2 g/100 g

Grasas: <0.5 g/100 g

Fibra dietética: 1–1.5 g/100 g

Vitamina C: 14–20 mg/100 g

Vitamina A (como β -caroteno): 400–600 UI

Minerales: potasio, magnesio, fósforo y hierro (FAO, 2021).

2.2.8.3 Tipos.

Existen numerosos tipos y variedades de tomate, que se distingue por su tamaño, forma, color y uso. Los más comunes son:

- Tomate redondo o tipo saladette: De tamaño mediano, ideal para ensaladas.
- Tomate cherry: Pequeños, dulces, y utilizados en platos gourmet.
- Tomate pera o roma: Alargado, con menor contenido acuoso, ideal para salsas y conservas.

- Tomate beef o grande: De gran tamaño, carnoso, usado en hamburguesas y rellenos.
- Tomates de colgar: Pequeños, usados tradicionalmente para conservar colgados en racimos.

Cada tipo puede presentar diferencias significativas en su contenido de sólidos solubles (°Brix), acidez, firmeza y contenido de licopeno, lo que afecta su comportamiento durante el almacenamiento y su respuesta a recubrimientos comestibles (Martínez, Díaz, & Cevallos, 2020).

2.3 Marco legal

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1648 (INEN, 2014), sobre frutas y hortalizas frescas regula los parámetros de calidad, almacenamiento y transporte, asegurando la preservación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de estos productos. De acuerdo con esta norma, es importante implementar tecnologías que mantengan la calidad y seguridad del tomate durante su postcosecha, apoyando el desarrollo de recubrimientos comestibles que actúen como barreras físicas y químicas.

Art. 4.1.- Las frutas y hortalizas deben estar enteras, sanas, limpias, libres de plagas visibles, daños mecánicos o fisiológicos, y sin signos de descomposición.

Art. 5.- Establece parámetros para el calibre, firmeza y uniformidad de los frutos, fundamentales para evaluar la efectividad de un recubrimiento protector.

Art. 6.- Determina condiciones adecuadas de temperatura, ventilación y manipulación postcosecha, lo cual es clave para garantizar la durabilidad del tomate durante su comercialización. Estas condiciones se pueden mejorar mediante recubrimientos biodegradables que protejan las características fisicoquímicas del fruto.

Según la Norma NTE INEN 2832 (INEN, 2015), adapta los requisitos del Codex Alimentarius para tomates frescos, centrándose en parámetros de inocuidad, residuos permitidos y buenas prácticas agrícolas. Esto refuerza la importancia de garantizar que el producto recubierto no solo mantenga su calidad física, sino que sea seguro para el consumo humano

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO 1842 (INEN, 2013), esta norma establece el método de medición del pH mediante potenciómetro en frutas y productos vegetales, garantizando precisión y estandarización en los resultados para alimentos como el tomate.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO 750 (INEN, 2013), define el procedimiento de titulación para medir la acidez total (habitualmente expresada como ácido cítrico) usando NaOH, fenolftaleína como indicador y fórmula estándar.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 380 (INEN, 1986), establece el método refractométrico para la determinación de sólidos solubles totales (°Brix), a la temperatura de referencia (20 °C ±0,5 °C) utilizando refractómetro y tabulación correspondiente.

Según la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria (Gobierno del Ecuador, 2018), sienta las bases legales para la vigilancia sanitaria de los productos agrícolas. Esta normativa creó la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosario (AGROCALIDAD), responsable de supervisar que se cumplan los estándares sanitarios en la producción primaria y postcosecha, incluyendo el manejo de tomates frescos.

Según la Resolución ARCOSA-DE-2022-016 (ARCOSA, 2022) establece la Normativa Técnica Sanitaria para alimentos procesados de origen vegetal, regulando aspectos esenciales relacionados con la inocuidad alimentaria. Esta normativa, emitida por la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCOSA), exige la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la realización de controles microbiológicos y la obtención del registro sanitario correspondiente. Estas disposiciones son particularmente relevantes en el desarrollo y aplicación de recubrimientos naturales comestibles, ya que garantizan que los productos alimentarios, como el tomate tratado con estos recubrimientos, cumplan con los estándares de calidad e inocuidad exigidos por la autoridad sanitaria ecuatoriana.

El Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024–2025, emitido por la (Secretaría Nacional de Planificación, 2024) constituye el principal instrumento de planificación del país, con carácter vinculante para el sector público. Este plan establece lineamientos para garantizar un desarrollo agroalimentario sostenible, promoviendo la innovación, la eficiencia productiva y la reducción del desperdicio alimentario.

Objetivo 3.- Impulsa el uso de tecnologías que favorezcan la sostenibilidad ambiental y la resiliencia climática en la agricultura.

Política 3.2.- Promueve la innovación tecnológica en procesos agroindustriales.

Política 3.4.- Fomenta la soberanía alimentaria mediante productos con valor agregado e inocuidad.

Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI)

El COPCI (Asamblea Nacional del Ecuador, 2010) establece que la producción agroalimentaria debe cumplir principios de sostenibilidad, calidad e innovación. El desarrollo de tecnologías de conservación de frutas como el tomate con productos naturales respalda esta normativa.

Art.17.- Sobre el desarrollo productivo sustentable, promueve el uso de tecnologías limpias y sostenibles en las actividades agrícolas, incluyendo aquellas que mejoren la conservación y valor agregado de los productos nacionales.

Art. 52.- La promoción de la innovación y transferencia tecnológica, incentiva la investigación científica y la aplicación de innovaciones en la producción primaria para mejorar la eficiencia, calidad e inocuidad alimentaria.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

La presente investigación fue de tipo experimental, lo cual se buscó medir el efecto de recubrimientos biodegradables a base de pectina de plátano verde y almidón de yuca en la conservación de tomates mediante parámetros físico-químicos, microbiológicos y sensoriales. Por lo tanto, obtuvo un enfoque cuantitativo y cualitativo, dado que se recolectó y analizó datos numéricos para evaluar cambios en la calidad del producto.

3.1.2 Diseño de investigación

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental, aplicando diferentes tratamientos de recubrimiento en los tomates para evaluar su vida útil en condiciones controladas. Se empleó un diseño completamente al azar DCA con réplicas para garantizar validez estadística de los análisis físicoquímicos. Asimismo, se realizó un diseño de bloques completo al azar DBCA para el análisis sensorial de los tomates recubiertos.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

3.2.1.1 Variable independiente

La variable independiente o factor de estudio de este ensayo estuvo representada por la formulación del recubrimiento.

3.2.1.2 Variable dependiente

Características físicoquímicas (pH y ° Brix)

Características organolépticas (Color, olor, sabor y textura del tomate recubierto)

Tiempo de vida útil (microbiológico: hongos y levaduras)

3.2.2 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1.

Matriz operacionalización de variables independientes

Variable	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Formulación del recubrimiento	Cualitativo	Nominal	Porcentajes de pectina de plátano verde y almidón de yuca para la elaboración del recubrimiento

Elaborado por: La Autora, 2026

Tabla 2.

Matriz operacionalización de variables dependientes

Variable	Tipo	Nivel de medida	Descripción
pH	Cuantitativa	Intervalo	Grado de acidez/alcalinidad del tomate recubierto (lectura con pH-metro).
° Brix	Cuantitativa	Razón	Contenido de sólidos solubles totales, asociado a azúcares (lectura con refractómetro).
Color	Cualitativa	Ordinal	Aceptabilidad/percepción de color evaluada en escala hedónica.
Olor	Cualitativa	Ordinal	Aceptabilidad de aroma y presencia de olores atípicos evaluada en escala hedónica.
Sabor	Cualitativa	Ordinal	Aceptabilidad del sabor (dulzor/acidez/equilibrio) evaluada en escala hedónica.
Textura	Cualitativa	Ordinal	Percepción de firmeza evaluada en escala hedónica.
Hongos y levaduras	Cuantitativa	Razón	Recuento de mohos y levaduras (UFC/g) asociados a deterioro durante almacenamiento.
Tiempo de vida útil (días)	Cuantitativa	Razón	Días de almacenamiento hasta que la muestra supera límites microbiológicos.

Elaborado por: La Autora, 2026

3.2.3 Tratamientos

Se consideraron cuatro tratamientos experimentales y cinco repeticiones, aplicados sobre tomates en estado de madurez fisiológica:

Tabla 3.

Formulación de los diferentes recubrimientos

Formulación	Niveles			Testigo
	T 1	T 2	T 3	
% Pectina de plátano	50,00	75,00	25,00	0 %
% Almidón de yuca	50,00	25,00	75,00	0 %

(Bucaram Lara, 2022)

Este diseño permitió comparar el efecto protector de cada componente individual y la combinación de ambos sobre la conservación del tomate.

Tabla 4.

Formulación para 1 litro de recubrimiento final

Formulación	Pectina de plátano (g)	Almidón de yuca (g)	Glicerina (mL)	Ácido cítrico (g)	Agua (mL)
T1 (50 / 50)	20 g	20 g	10 mL	2.5 g	960 mL
T2 (75 / 25)	30 g	10 g	10 mL	2.5 g	960 mL
T3 (25 / 75)	10 g	30 g	10 mL	2.5 g	960 mL
Testigo (0%)	0 g	0 g	0mL	0g	0mL

Elaborado por: La Autora, 2026

3.2.4 Diseño experimental

El experimento se ejecutó, considerando el tipo de variables de respuesta, empleando un diseño completamente al azar DCA y un DBCA ambos conformados por cuatro tratamientos. Para el DCA se establecieron cinco repeticiones, donde la unidad experimental estuvo representada por un tomate, de aproximadamente 170 g, los cuales recibieron el recubrimiento biodegradable. En cuanto al DBCA, destinado a la evaluación sensorial, se tuvieron 30 repeticiones (panel evaluador), quienes recibieron una muestra

de aproximadamente, 20 g. La fase experimental se extendió durante 15 días, periodo en el cual los tomates fueron almacenados a temperatura ambiente, fluctuando entre 24 y 30 °C.

3.2.5 Recolección de datos

Este estudio experimental se enfocó en la recopilación de información a partir de páginas web, bases de datos científicas, artículos de revistas especializadas, textos académicos y la biblioteca virtual de la Universidad Agraria del Ecuador.

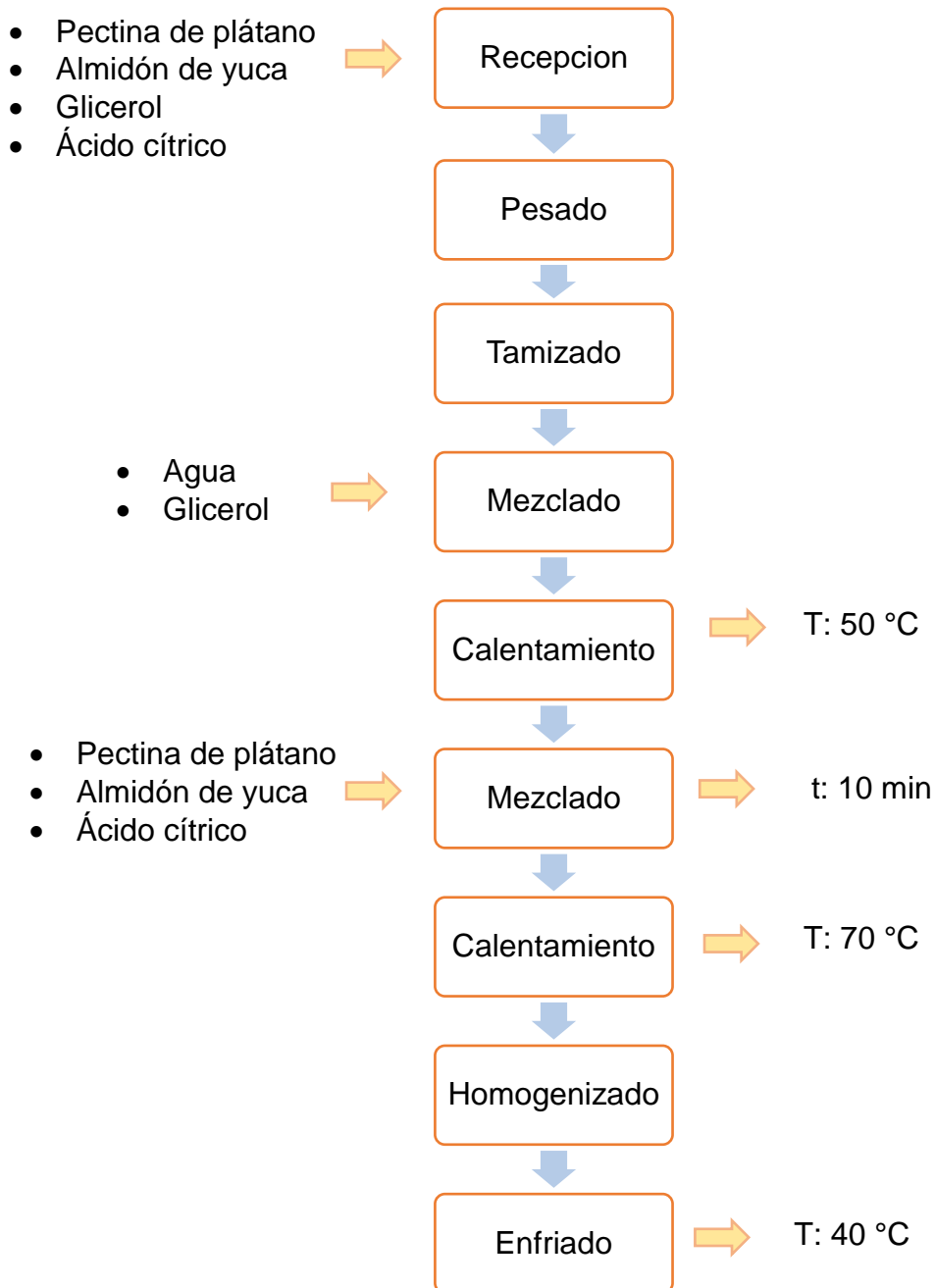
3.2.5.1 Recursos

- Tomates (variedad comercial en estado de madurez fisiológica).
- Pectina extraída de plátano verde
- Almidón de yuca
- Glicerina
- Ácido cítrico
- pH-metro digital.
- Refractómetro digital para ° Brix.
- Balanza analítica (0.001 g de precisión).
- Reactivos químicos (NaOH, fenolftaleína, medios de cultivo microbiológico, agua destilada).
- Vidriería de laboratorio (matraces, vasos, pipetas, probetas).
- Autoclave para esterilización de medios.
- Estufa de incubación para microbiología.
- Cámara fotográfica para registro visual.
- Guantes.
- Mascarillas.
- Bandejas de almacenamiento.

3.2.5.2 Métodos y técnicas

Figura 1

Diagrama de flujo del recubrimiento



Elaborado por: La Autora, 2026

3.2.3.1 Descripción del diagrama de flujo

○ Recepción

Se recibieron las materias primas (pectina, almidón de yuca y glicerol), verificando que cumplieran con las características necesarias para su elaboración.

○ Pesado

Las materias primas fueron pesadas de acuerdo con los porcentajes establecidos de la formulación.

○ Tamizado

Con el apoyo de un cedazo se procedió a tamizar los ingredientes, a fin de evitar la formación de grumos durante la preparación del recubrimiento.

○ Mezclado

Se agregó agua y glicerol para obtener una mezcla inicial que posteriormente fue sometida a un calentamiento.

○ Calentamiento

La mezcla de agua con glicerol se calentó en una plancha hasta obtener una temperatura de 80 °C.

○ Mezclado

Al llegar a 80 °C, se adiciono la pectina de plátano, el almidón de yuca y el 25 % de agua restante. Para evitar la formación de grumos, la mezcla se agito con un agitador de vidrio, manteniéndose la temperatura estable.

○ Calentamiento

Tras la incorporación de los componentes, la solución fue llevada a 95 °C y con una duración de 10 minutos.

- **Homogeneizado**

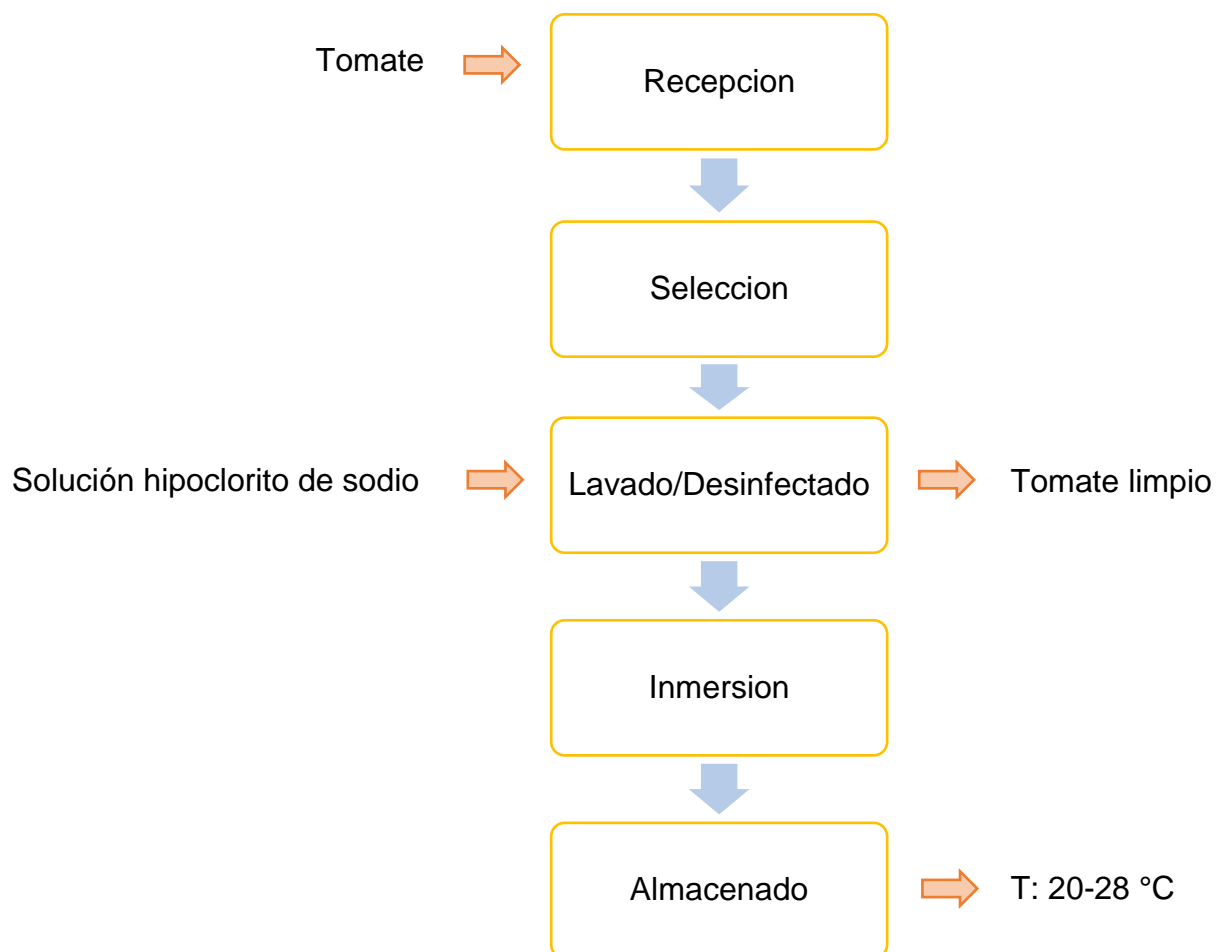
La solución se homogenizo empleando un agitador de vidrio, para luego proceder con el enfriamiento.

- **Enfriado**

Finalmente, la mezcla se enfrió hasta alcanzar los 40 °C, conservando así la característica de gel necesaria para el recubrimiento del tomate.

Figura 2

Diagrama de flujo del recubrimiento del tomate



Elaborado por: La Autora, 2026

3.2.3.2 Descripción del diagrama de flujo

- **Recepción**

Los tomates fueron recibidos y verificados en cuanto a frescura, integridad y ausencia de daños mecánicos o alteraciones fisiológicas.

- **Selección**

Se separan los frutos en buen estado de aquellos que presentan defectos, eliminando los dañados, sobre maduros o con manchas.

- **Pesado de ingredientes**

Se pesaron los componentes del recubrimiento, incluyendo pectina de plátano, almidón de yuca y plastificante, según la formulación establecida.

- **Lavado/Desinfectado**

Las materias primas fueron sometidas a un proceso de lavado y desinfección a partir de la solución hipoclorito de sodio con el fin de garantizar la inocuidad y prevenir la presencia de impurezas o contaminantes.

- **Inmersión**

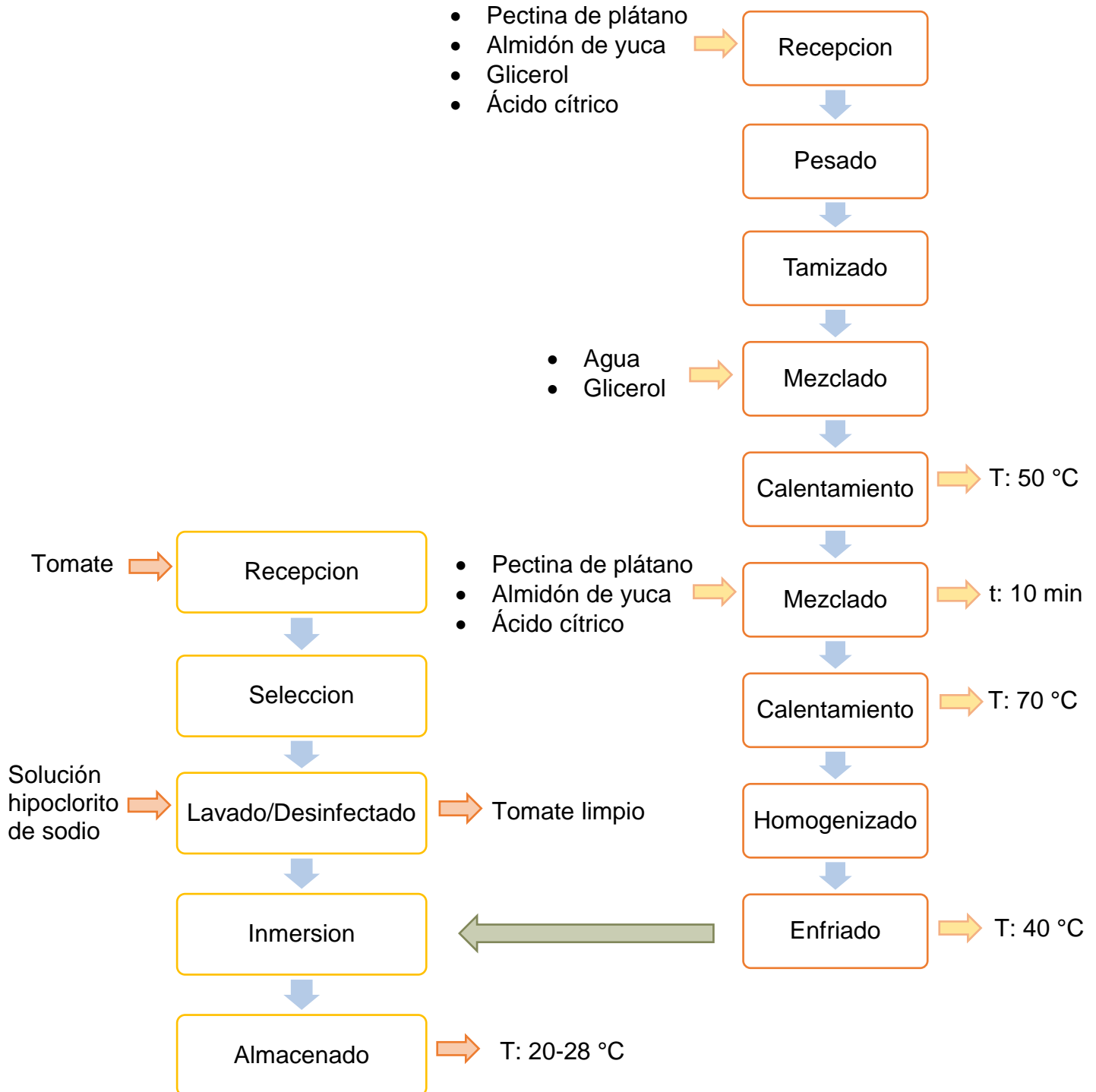
Los tomates seleccionados se sumergieron en una solución de biopolímero elaborada a base de pectina de plátano, almidón de yuca y plastificante, caracterizada por ser una mezcla homogénea, de consistencia ligeramente viscosa y con propiedades filmógenas, lo que permitió una adecuada adherencia y formación de una capa uniforme sobre la superficie del fruto. La inmersión se realizó durante el tiempo establecido.

- **Almacenado**

Los tomates recubiertos fueron colocados en condiciones controladas de temperatura (20–28 °C) y humedad relativa para mantener su calidad y prolongar su vida útil.

Figura 3

Diagrama de Flujo de elaboración del recubrimiento comestible a partir de la pectina de plátano y almidón de yuca



Elaborado por: La Autora, 2026

3.2.3.3 Descripción del diagrama de flujo

- **Elaboración del recubrimiento comestible**

El proceso inicia con la recepción y pesado de las materias primas (pectina de plátano, almidón de yuca, glicerina y ácido cítrico). Posteriormente, se realiza el tamizado de los componentes sólidos y su mezcla con agua y glicerina. La solución se somete a calentamiento a 50 °C para facilitar la disolución. Luego, se incorporan la pectina, el almidón de yuca y el ácido cítrico, seguido de un calentamiento a 70 °C durante 10 minutos. Por último, la mezcla es homogenizada y enfriada a unos 40 °C.

- **Aplicación del recubrimiento en los tomates**

El proceso inicia con la recepción de los tomates, seguido de la selección de frutos en buen estado. Luego se realiza el lavado y desinfección con solución de hipoclorito de sodio. Los tomates son pesados y sometidos a un proceso de inmersión en el recubrimiento previamente elaborado. Finalmente, los frutos son almacenados a una temperatura entre 20 y 28 °C.

3.2.5.2.1 Métodos

3.2.5.2.1.1 Método experimental

Permiso aplicar el recubrimiento con diferente formulación a los tomates utilizando concentraciones específicas de pectina de plátano y almidón de yuca. Se observó el comportamiento del tomate frente a cada tratamiento hasta que el mismo inicie el proceso de senescencia.

3.2.5.2.1.2 Método analítico

Se utilizó para evaluar cada una de las variables físico-químicas del tomate (Ph y ° Brix). Permiso descomponer el objeto de estudio en partes para examinar el efecto específico de cada componente del recubrimiento.

3.2.5.2.2 Técnicas

3.2.5.2.2.1 Técnicas fisicoquímicas

El pH se determinó utilizando un pH-metro digital previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4.0 y 7.0. Para la medición, se tomó una porción del tomate, la cual fue triturada hasta obtener una muestra homogénea. Posteriormente, se introdujo el

electrodo del equipo en la muestra y se registró el valor una vez que la lectura se estabilizó. El procedimiento se realizó conforme a la NTE INEN-ISO 1842:2013.

Los sólidos solubles totales (°Brix) se determinaron con un refractómetro digital calibrado con agua destilada. Se extrajo jugo del tomate triturado, se colocaron unas gotas en el prisma del equipo y se registró el valor obtenido.

3.2.5.2.2 Técnicas microbiológicas

El análisis microbiológico en el caso de mohos y levaduras, se aplicó el método de recuento en placa por siembra en profundidad, según lo establecido en la NTE INEN 1529-10:2013, utilizando medios adecuados para favorecer el crecimiento de estos hongos y con incubación en condiciones controladas (22 °C – 25 °C).

3.2.5.2.3 Técnicas sensoriales

La evaluación sensorial del tomate recubierto se llevó a cabo mediante un análisis organoléptico, considerando los atributos de color, olor, sabor y textura, de acuerdo con la NTE INEN-ISO 13299:2016. La evaluación se realizó en muestras correspondientes al día 1 de almacenamiento, utilizando un panel semientrenado y una escala hedónica de 1 a 5; en donde el 1 representa “Me disgusta mucho” y el 5 “Me gusta mucho”. El modelo de escala se observa en el anexo 1.

3.2.6 Población y muestra

3.2.6.1 Población

La población objeto de estudio estuvo constituida por tomates comerciales adquiridos en mercados locales de la zona de estudio. La selección se realizó de forma manual, considerando frutos con características homogéneas, tales como color rojo uniforme (indicativo de madurez comercial), tamaño similar y ausencia de daños físicos, pudriciones o signos visibles de enfermedad.

3.2.6.2 Muestra

La muestra fue de tipo intencional y homogénea. Los tomates fueron seleccionados bajo criterios específicos como: color rojo uniforme, firmeza al tacto, tamaño homogéneo (peso aproximado entre 120 y 150 g), y buen estado sanitario (sin presencia de golpes, cortes o infecciones).

Posteriormente, se aplicaron cuatro tratamientos (T0, T1, T2 y T3), con cinco repeticiones cada uno, con el fin de garantizar la confiabilidad de los resultados. Cada unidad experimental estuvo conformada por un tomate.

3.2.7 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos experimentales se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) como método estadístico principal. Los resultados fueron tratados mediante el software InfoStat en su versión estudiantil, estableciendo un nivel de significancia del 5 % ($p < 0,05$). La comparación de medias correspondiente a las evaluaciones fisicoquímicas se efectuó utilizando la prueba de Duncan, manteniendo el mismo nivel de significancia. Para el análisis sensorial, las diferencias entre medias se determinaron mediante la prueba de Tukey, considerando una probabilidad del 5 % ($p < 0,05$) de error Tipo I. El modelo estadístico se implementó según el diseño experimental, con cinco repeticiones para variables cuantitativas y 30 evaluadores para las cualitativas del panel sensorial.

Tabla 5.

Esquema de análisis de varianza DCA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamiento (t-1)	3
Repeticiones (r-1)	4
Error experimental (t-1)(r-1)	12
Total (tr-1)	19

Elaborado por: La Autora, 2026

Tabla 6.

Esquema de análisis de varianza DBCA

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total (tr-1)	119
Tratamientos (t-1)	3
Repeticiones (panel sensorial) (r-1)	29
Error experimental (t-1)(r-1)	87

Elaborado por: La Autora, 2026

4. RESULTADOS

4.1 Desarrollo de un recubrimiento biodegradable a partir de pectina de plátano verde y almidón de yuca.

➤ Características físicas del recubrimiento obtenido

Se logró elaborar exitosamente un recubrimiento biodegradable a partir de pectina extraída de plátano verde y almidón de yuca. El recubrimiento obtenido presentó una apariencia homogénea, color ligeramente amarillento claro y consistencia viscosa, adecuada para su aplicación sobre la superficie de los tomates mediante inmersión.

La solución filmógena mostró buena capacidad de dispersión, sin presencia de grumos ni fases separadas, lo que evidenció una correcta gelatinización del almidón y una adecuada solubilización de la pectina.

➤ Evaluación de la estabilidad del recubrimiento

Durante la etapa de observación, el recubrimiento elaborado se mantuvo estable a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) durante varias horas sin presentar sedimentación ni separación de fases. Esto indicó una adecuada interacción entre la pectina de plátano y el almidón de yuca, confirmando la formación de una matriz homogénea.

Asimismo, se observó una buena capacidad de adhesión del recubrimiento sobre la superficie del tomate, formando una capa delgada, continua y sin agrietamientos visibles tras el secado.

➤ Formación de película biodegradable

Tras la aplicación del recubrimiento y el secado natural, se evidenció la formación de una película delgada y transparente sobre la epidermis del tomate. Esta película actuó como una barrera física, lo cual es esencial para la protección del fruto frente a la pérdida de humedad y la acción de factores ambientales.

La película formada demostró ser flexible, sin desprendimiento durante el manipuleo del fruto, lo que confirmó la viabilidad del recubrimiento como material biodegradable y funcional.

Tabla 7.

Evaluación del recubrimiento biodegradable

Parámetro evaluado	Resultado
Características físicas	Apariencia homogénea, color amarillento claro y consistencia viscosa adecuada para inmersión.
Estabilidad	Estable a 25 ± 2 °C, sin sedimentación ni separación de fases.
Adhesión	Buena adherencia al tomate, formando capa continua sin grietas.
Película formada	Delgada, transparente, flexible y funcional como barrera contra pérdida de humedad.

Elaborador por: La Autora, 2026

4.2 Determinación del tiempo de vida útil del tomate cubierto con el biopolímero mediante análisis físico-químicos y microbiológicos.

4.2.1 pH

Tabla 8.

Resultados del tiempo de vida útil del recubrimiento mediante pH

TRATAMIENTOS	DIA 1	DIA 3	DIA 7	DIA 10	DIA 15
T1 (50 % pectina, 50 % almidón)	4,04ab	4,27a	4,73a	5,07a	5,69a
T2 (75 % pectina, 25 % almidón)	4,07a	4,27a	4,64a	5,25a	5,45b
T3 (25 % pectina, 75 % almidón)	4,02b	4,18a	4,22b	4,19c	4,34c
T4 (Testigo)	4,04ab	4,17a	4,54a	4,61b	5,28b

Elaborado por: La Autora, 2026

El análisis de los datos se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), aplicando un análisis de varianza (ANOVA) para determinar el efecto de los tratamientos del pH durante 15 días de almacenamiento. Los resultados del ANOVA evidenciaron que el factor tratamiento influyó significativamente ($p < 0,05$) en los valores de pH a partir del

día 7, indicando que las diferentes concentraciones de pectina y almidón generaron respuestas distintas en el comportamiento químico del fruto.

En el día 1, los valores fueron muy cercanos, el análisis estadístico mostró una ligera diferenciación entre T2 y T3, mientras que T1 y T4 presentaron comportamiento intermedio, compartiendo grupos estadísticos según la prueba de Duncan. En el día 3, el ANOVA indicó que no existieron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$), evidenciando homogeneidad en el comportamiento inicial del pH.

A partir del día 7, el análisis del diseño detectó diferencias significativas entre tratamientos, confirmadas mediante la prueba de comparación múltiple de Duncan. El tratamiento T3 (25 % pectina – 75 % almidón) se ubicó en un grupo estadísticamente inferior, presentando el menor valor de pH y diferenciándose de los demás tratamientos. Esta tendencia se acentuó en los días 10 y 15, donde el DCA mostró diferencias entre los grupos estadísticos, siendo T3 el tratamiento que mantuvo valores significativamente más bajos de pH, mientras que T1 presentó los valores más altos.

Estos resultados muestran que el T3 influyó significativamente en la conservación de la acidez del tomate, siendo el tratamiento con 75 % de almidón estadísticamente superior para mantener la estabilidad química del fruto durante el almacenamiento.

4.2.2 °Brix

Tabla 9.

Determinación del tiempo de vida útil del recubrimiento mediante ° Brix

TRATAMIENTOS	DIA 1	DIA 3	DIA 7	DIA 10	DIA 15
T1 (50 % pectina, 50 % almidón)	4,38ab	5,42a	6,18b	6,84a	7,44a
T2 (75 % pectina, 25 % almidón)	4,60a	5,50a	6,52a	6,64b	7,32ab
T3 (25 % pectina, 75 % almidón)	4,22b	4,48c	4,86d	4,98c	5,14c
T4 (Testigo)	4,42ab	4,74b	5,58c	6,50b	7,18b

Elaborado por: La Autora, 2026

Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), aplicando un ANOVA para evaluar los °Brix durante 15 días de almacenamiento. Los resultados indicaron que el factor tratamiento influyó significativamente ($p < 0,05$) en la acumulación de sólidos solubles a partir del día 7, evidenciando que las distintas proporciones de pectina y almidón generaron comportamientos diferentes en la maduración del tomate.

En los primeros días, el incremento de °Brix fue similar entre los tratamientos, y el ANOVA no mostró diferencias significativas, lo que indica homogeneidad inicial en la concentración de azúcares. En el día 7, las diferencias entre tratamientos se hicieron evidentes según la prueba de Duncan: T3 (25 % pectina-75 % almidón) se ubicó en un grupo estadísticamente inferior, mostrando el menor aumento de sólidos solubles, mientras que T1 y T2 alcanzaron incrementos más altos, similares o superiores al testigo, diferenciándose significativamente de T3.

Estos resultados reflejan que T3, retardó la acumulación de azúcares y la velocidad de maduración, demostrando un efecto protector sobre la estabilidad química del fruto. Por el contrario, los tratamientos con mayor proporción de pectina no lograron ralentizar significativamente este proceso.

4.2.3 Análisis microbiológico

Tabla 10.

Recuento microbiológico (hongos y levaduras) en tomates recubiertos con biopolímero.

Tratamiento	Mohos (UFC/g)	Levaduras (UFC/g)
T1	20×10^4	20×10^5
T2	40×10^2	64×10^5
T3	11×10^2	22×10^3
Testigo	60×10^2	51×10^4

Elaborado por: La Autora, 2026

El análisis microbiológico realizado para evaluar la vida útil del tomate recubierto con el biopolímero evidenció diferencias en el recuento de mohos y levaduras entre los

tratamientos evaluados. En la Tabla 10 se presentan los valores expresados en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g), obtenidos a partir de las muestras.

Los resultados microbiológicos evidenciaron diferencias importantes en la proliferación de mohos y levaduras entre los tratamientos evaluados. En el caso de mohos, el tratamiento T3 presentó la menor carga microbiana, mostrando una reducción considerable en comparación con T1 y el testigo, lo que indica una mayor eficacia del recubrimiento en la inhibición del crecimiento fúngico.

En el recuento de levaduras, el tratamiento T3 registró la menor concentración microbiana, mientras que T2 presentó la mayor proliferación. Este comportamiento sugiere que la formulación con mayor proporción de almidón generó una barrera más efectiva frente al desarrollo de microorganismos asociados al deterioro postcosecha.

En términos de vida útil, la menor carga microbiana observada en T3 constituye un indicador relevante de conservación, ya que el crecimiento de mohos y levaduras está directamente relacionado con el deterioro visible, pérdida de calidad y reducción de la vida comercial del fruto.

4.3 Decretar el tratamiento mejor evaluado mediante un análisis sensorial al tomate recubierto

Los valores promedio correspondientes al análisis sensorial se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 11.

Medias del análisis sensorial de los tratamientos evaluados

TRATAMIENTOS	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
T1 (50 % pectina, 50 % almidón)	3,57ab	3,37ab	3,37a	3,57b
T2 (25 % pectina, 75 % almidón)	3,33b	3,20b	3,63a	3,00c
T3 (75 % pectina, 25 % almidón)	4,03a	3,93a	3,73a	4,23a
T4 (Testigo)	3,43b	3,33b	3,50a	3,23bc

Elaborado por: La Autora, 2026

En la tabla 11 se presentan las medias obtenidas en la evaluación sensorial de los diferentes tratamientos de recubrimiento elaborados a base de pectina de plátano y almidón de yuca. Se analizaron los atributos de color, olor, sabor y textura mediante una escala hedónica de cinco puntos. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza

(ANOVA) y a la prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia de 0,05.

En el atributo color, el tratamiento T3 (75 % pectina y 25 % almidón) presentó la mayor aceptación por parte de los evaluadores, destacándose sobre los demás tratamientos. En contraste, T2 mostró la menor valoración en este parámetro. Los tratamientos T1 y el testigo se ubicaron en un rango intermedio. Estos resultados indican que una mayor proporción de pectina en el recubrimiento favorece la conservación del color natural del tomate, manteniendo una apariencia más atractiva durante el almacenamiento.

Respecto al olor, el tratamiento T3 obtuvo la mejor calificación sensorial, evidenciando mayor aceptación en comparación con los demás tratamientos. Por otro lado, T2 presentó la valoración más baja. Los tratamientos T1 y el testigo mostraron puntuaciones similares entre sí. Esto sugiere que el recubrimiento con mayor contenido de pectina podría contribuir a preservar mejor las características aromáticas propias del tomate.

En el atributo sabor, todos los tratamientos presentaron una aceptación similar por parte de los panelistas, sin variaciones marcadas entre ellos. El tratamiento T3 obtuvo ligeramente la mayor puntuación, mientras que T1 presentó el valor más bajo, aunque las diferencias no fueron amplias. Esto indica que la aplicación del recubrimiento no alteró negativamente el sabor natural del tomate, manteniéndose dentro de un rango de aceptación adecuado.

En cuanto a la textura, el tratamiento T3 destacó nuevamente con la mayor aceptación sensorial, mostrando una mejor percepción de firmeza en comparación con los demás tratamientos. El tratamiento T2 presentó la menor valoración en este atributo. Los tratamientos T1 y el testigo se situaron en valores intermedios. Estos resultados

sugieren que una mayor proporción de pectina en la formulación favorece la conservación de la firmeza del fruto, mejorando su aceptabilidad general.

Los resultados evidencian que el tratamiento T3 (25 % pectina – 75 % almidón) presentó las medias más altas en los atributos de color (4,03), olor (3,93) y textura (4,23), mostrando diferencias estadísticas significativas en comparación con algunos de los demás tratamientos. Estos resultados sugieren que la formulación con mayor proporción de almidón favoreció la aceptación sensorial del tomate recubierto, especialmente en los atributos visuales y de textura.

5. DISCUSION

Los resultados obtenidos evidencian que los tomates recubiertos con distintas proporciones de pectina de plátano y almidón de yuca presentaron una mejor conservación durante el almacenamiento en comparación con el testigo, en términos de pH, sólidos solubles y control microbiológico.

En cuanto al pH, todos los tratamientos iniciaron con un valor promedio de 4,0, correspondiente a la acidez natural del fruto. Para el día 3, T1 y T2 mantuvieron un pH de 4,27, mientras que T3 y el testigo mostraron valores ligeramente menores. Sin embargo, a lo largo del almacenamiento, el tratamiento T3 evidenció mayor estabilidad, manteniéndose en valores cercanos a 4,34 hasta el día 15, mientras que T1, T2 y el testigo presentaron incrementos más pronunciados. Este comportamiento indica que la composición del recubrimiento influye en el control de la maduración, actuando como una barrera semipermeable que regula la respiración y retrasa los cambios fisiológicos del fruto, coincidiendo con lo reportado por González et al. (2021) y Rivera et al. (2020).

Respecto a los sólidos solubles (°Brix), los tratamientos recubiertos mostraron un aumento gradual durante los 15 días, asociado a la conversión de polisacáridos en azúcares simples y a la pérdida de agua. T1 y T2 alcanzaron valores más altos, lo que indica una mayor acumulación de azúcares; sin embargo, el tratamiento T3 presentó un comportamiento más estable, evitando incrementos bruscos en comparación con el testigo. Esto sugiere un mejor control del proceso de maduración, respaldando la importancia de la composición del recubrimiento, tal como señalan Martínez et al. (2022) y Ortega et al. (2021).

En cuanto al control microbiológico, los resultados revelan que los recubrimientos reducen la proliferación de mohos y levaduras de manera significativa. Los tratamientos T1 y T3 presentaron los menores recuentos microbiológicos, mientras que el testigo alcanzó los valores más altos. Estos hallazgos indican que los recubrimientos actúan como barrera física que limita la exposición a microorganismos, retardando su proliferación y contribuyendo a la prolongación de la vida útil del tomate, en concordancia con lo reportado por Torres y Rivas (2020), Martínez et al. (2022) y Ortega et al. (2021).

En conjunto, los resultados de pH, °Brix y análisis microbiológico evidencian que los recubrimientos aplicados cumplen un papel protector integral sobre los tomates. Aunque los tratamientos presentaron comportamientos diferenciados según el parámetro evaluado, el tratamiento T3 destacó por su mayor estabilidad fisicoquímica y adecuado control microbiológico durante el almacenamiento.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACION

6.1 Conclusiones

La combinación de pectina de plátano y almidón de yuca permitió elaborar un recubrimiento comestible capaz de actuar como barrera física sobre los tomates, ya que se observó que los frutos tratados mostraron un menor incremento de pH y °Brix durante el periodo de almacenamiento en comparación con los controles. Esto indica que el recubrimiento contribuye a retardar la maduración y a preservar las propiedades fisicoquímicas del fruto.

De acuerdo con lo observado, los resultados sugieren que la concentración del recubrimiento influye significativamente en la conservación del tomate, dado que los tratamientos con mayor proporción de pectina y almidón presentaron valores más estables de acidez y °Brix a lo largo de los días de almacenamiento. Además, la adición de glicerina favoreció la adhesión y flexibilidad del recubrimiento, optimizando su desempeño como barrera física y prolongando la vida útil de los frutos.

De igual manera, los análisis sensoriales evidenciaron que los tomates recubiertos mantuvieron características de color, textura y sabor aceptables durante más tiempo en comparación con los tomates sin tratamiento. Esto demuestra que el recubrimiento no solo es eficaz desde el punto de vista físico y químico, sino que también es aceptable para el consumidor, constituyendo una alternativa viable y sostenible para reducir pérdidas postcosecha y conservar la calidad de los tomates frescos.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda profundizar en la optimización de la formulación del recubrimiento de pectina de plátano y almidón de yuca, evaluando diferentes proporciones de estos componentes para mejorar la eficacia como barrera física y prolongar aún más la conservación de los tomates. Además, sería pertinente analizar su comportamiento bajo distintas condiciones de almacenamiento, con el fin de establecer protocolos que garanticen la estabilidad de las propiedades fisicoquímicas en escenarios comerciales.

De igual manera, se sugiere explorar la incorporación de aditivos naturales, como aceites esenciales o compuestos antioxidantes, que podrían incrementar la actividad antimicrobiana y retardar la degradación del fruto, lo cual abriría nuevas líneas de

investigación sobre la interacción entre biopolímeros y compuestos bioactivos en recubrimientos comestibles. Paralelamente, se recomienda estudiar la relación entre la concentración de plastificante y la flexibilidad del recubrimiento para encontrar un equilibrio óptimo que mantenga la calidad del tomate sin afectar sus características organolépticas.

Para finalizar, considerando los resultados sensoriales, es recomendable realizar estudios de aceptación más amplios en distintos segmentos de consumidores para determinar la percepción del color, textura y sabor del tomate recubierto. Esto permitiría evaluar la viabilidad comercial del recubrimiento y plantear nuevas investigaciones sobre la adaptabilidad del recubrimiento a diferentes variedades de tomate y otros frutos, así como su impacto en la experiencia del consumidor y en la reducción de pérdidas postcosecha

BIBLIOGRAFÍA

- Adjouman, D. (Marzo de 2018). Postharvest technology of horticultural crops (3rd ed.). *University of California Agriculture and Natural Resources*. Obtido de <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/3311.pdf>
- Alarcón, H., & Arroyo, E. (2016). Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa. *Revista Sociedad química Perú*.
- Alcocer, V. O., Ocaña, G. L., Balcazar, C. A., & González, L. P. (2018). Almidon de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como coadyuvante en la coagulación floculación de aguas residuales domésticas/Cassava Starch (*Manihot esculenta* Crantz) As a coadjuvant in the coagulation flocculation of domestic wastewater. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 7(13), 18-46.
- Ambrogio, V., Piovano, F., Guntero, V., Ferreti, C., & Mancini, P. Y. (2019). Obtención de pectinas a partir de un subproducto del procesamiento de cítricos de naranja. *XXIV Congreso Nacional de de estudiantes de Ingeniería Química*.
- Anaya-Esparza, L. M., Pérez-Larios, A., Ruvalcaba-Gómez, J. M., Sánchez-Burgos, J. A., & Romero-Toledo, R. y.-G. (2020). Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23.
- Arbizú Hernández, D. G. (2021). Obtención y caracterización física, química y microbiológica del almidón procedente del cotiledón de la semilla del mango (*Mangifera indica* L.) variedad Tommy Atkins a nivel laboratorio y la evaluación de su uso en diferentes aplicaciones industriales. *Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- ARCSA, A. N. (2022). Resolución ARCSA-DE-2022-016: Normativa técnica sanitaria para alimentos procesados de origen vegetal. Obtido de <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/ARCSA-DE->

2022-016-Normativa-Tecnica-Sanitaria-Alimentos-Procesados-de-Origen-Vegetal.pdf

- Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones – COPCI. *Registro Oficial Suplemento No. 351*. Obtido de <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec061es.pdf>
- Betancourt, C., De Mello, R., & Castellanos, L. y. (2016). Características de la glicerina generada en la producción de biodiesel, aplicaciones generales y su uso en el suelo. Obtido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v37n3/ctr01316.pdf>
- Bruni, A. R. (2024). Recubrimiento comestible potencial de pectina obtenida de cáscara de plátano para la conservación de la fruta. *Pectina obtenida de cáscara de plátano*. Obtido de <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsfoodscitech.3c00456?goto=supporting-info>
- Bucaram Lara, G. d. (2022). *Efecto protector de la pectina cítrica y almidón de yuca como biopolímero aplicado en banano (Musa acuminata) para prevención de enfermedades postcosecha*. Universidad Agraria del Ecuador . Obtido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BUCARAM%20LARA%20GENESIS%20DEL%20ROCIO.pdf>
- Duguma, H. T. (2021). Posibles aplicaciones y limitaciones de los recubrimientos comestibles para mantener la calidad y la vida útil del tomate. *Aplicaciones en recubrimientos comestibles* . Obtido de <https://doi.org/10.1111/ijfs.15407>
- FAO. (2021). Tomato: nutritive values and health benefits. *Food and Agriculture Organization*. Obtido de <https://www.fao.org/3/i5555e/i5555e.pdf>
- FAO/WHO. (2020). General specifications and considerations for the use of food additives. *Codex Alimentarius*. Obtido de <https://www.fao.org/gsfaonline/additives/details.html?id=296>
- Gobierno del Ecuador. (2018). Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria. Registro Oficial Suplemento No. 162. Obtido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2018/09/Ley-Organica-de-Sanidad-Agropecuaria.pdf>

- González, A., & Ramírez, J. (2020). Origen, domesticación y evolución del tomate: una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 14(1), 121-132. Obtido de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/10872
- González, L. R. (2021). Evaluación de un recubrimiento biodegradable a base de pectina de banano y almidón de yuca aplicado en tomates frescos. *Revista de Tecnología Agroalimentaria*, 15(2), 45–54.
- González, M., Ávila, P., & Cabrera, L. (2021). Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de pectina de banano y almidón de yuca aplicado en tomates frescos. *Revista de Tecnología y Ciencia Agroindustria*, 15(2), 45-56. Obtido de <https://revtecgro.org/index.php/revista/article/view/521>
- González, M., Ávila, P., & Cabrera, L. (2021). Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de pectina de banano y almidón de yuca aplicado en tomates frescos. *Revista de Tecnología y Ciencia Agroindustrial*, 15(2), 45-56. Obtido de <https://revtecgro.org/index.php/revista/article/view/521>
- González, M., Ruiz, P., & Herrera, J. (2021). Aplicación de recubrimientos comestibles a base de pectina y almidón en la conservación de tomates. *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Obtido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10120128.pdf>
- Guevara, F. (2022). Recubrimiento comestible a partir de cáscaras de plátano para prolongar la vida útil del tomate. *Recubrimiento en el tomate* . Obtido de <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/agritekno/article/view/4481>
- Hernández, M. V. (2022). Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos. *Evaluación sensorial y fisicoquímica de tomates tratados con un recubrimiento comestible de almidón de yuca, pectina y aloe vera*.
- INEN. (2015). NTE INEN 2832: Tomates frescos – Requisitos Codex. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*.

- INEN, I. E. (1986). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 380: Determinación de sólidos solubles totales (°Brix) por método refractométrico. Obtido de <https://www.normalizacion.gob.ec/>
- INEN, I. E. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 1842: Jugos de frutas y productos similares – Determinación del pH. Obtido de <https://www.normalizacion.gob.ec/>
- INEN, I. E. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 750: Jugos de frutas y productos similares – Determinación de la acidez titulable. Obtido de <https://www.normalizacion.gob.ec/>
- INEN, I. E. (2014). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1648: Frutas y hortalizas frescas– Criterios de calidad. Obtido de https://www.normalizacion.gob.ec/biblioteca-nte/nte_inen_1648-2014/
- Lafuente, G. (2017). Glicerol: Síntesis y Aplicaciones (Tesis de maestría). Obtido de https://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf
- León, F., & Muñoz, R. (2019). Uso de recubrimientos comestibles para la conservación de frutas tropicales. *Revista Colombiana de Agroindustria*, 10(1), 12-21. Obtido de <https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/agroindustria/article/view/1103>
- León, S. &. (2019). Uso de mezclas de almidón y pectina tropical como recubrimiento comestible en tomates tipo saladette. *Investigación Agroindustrial*.
- López, P. H. (2021). Aceptabilidad sensorial de tomates recubiertos con pectina de plátano y almidón de yuca. . *Revista de Evaluación Sensorial de Alimentos*.
- López, R., Díaz, M., & Quintero, L. (2021). Recubrimientos biodegradables para frutas y hortalizas: Una alternativa sostenible. *Agroindustrial Journal*. Obtido de <https://www.researchgate.net/publication/377625828>
- Martínez, A. S. (2022). Análisis físico-químico y microbiológico de tomates recubiertos con pectina de maracuyá y almidón de yuca. *Revista Latinoamericana de Ciencia y Tecnología*. Obtido de

https://www.researchgate.net/publication/337775135_Efecto_de_la_aplicacion_de_un_recubrimiento_de_almidon_de_yuca_modificado_por_via_acida_sobre_el_tomate_larga_vida

- Martínez, A., Salazar, D., & Gómez, E. (2022). Películas comestibles con propiedades funcionales para el control de patógenos en frutas frescas. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Obtido de <https://www.researchgate.net/publication/317517584>
- Martínez, P., Díaz, L., & Cevallos, K. (2020). Evaluación de parámetros físico-químicos en distintas variedades de tomate. *Revista Agroalimentaria*, 28(1), 45-53. Obtido de <https://revistaagroalimentaria.org/index.php/agroalimentaria/article/view/403>
- Martínez, P., Peña, F., Gómez, Y., Vargas, G., & Velezmoro, C. (2019). Propiedades fisicoquímicas, funcionales y estructurales de almidones nativos y acetilados obtenidos a partir de la papa (*Solanum tuberosum*) var. 'única'. . *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 338-351.
- MDPI. (2021). Polisacáridos como películas y recubrimientos comestibles: características e influencia en la calidad de frutas y hortalizas: una revisión. *Polysaccharide-based edible films for fruit preservation*. Obtido de <https://www.mdpi.com/2079-6412/13/7/1177>
- Mengistu, D. (2024). Comprensión de sus impactos y factores del tomate. *Análisis exhaustivo de las pérdidas poscosecha del tomate*. Obtido de <https://asb.scione.com/cms/abstract.php?id=292>
- Ministerio del Ambiente, A. y. (2021). Acuerdo Ministerial N° 019: Políticas generales para la gestión integral de plásticos en Ecuador. Registro Oficial No. XXX. Obtido de <https://www.ambiente.gob.ec>
- Moreno, M., Gutiérrez, J., & Gutiérrez, B. y. (2020). Dextrina y pectina extraídas de desechos de origen vegetal y su uso como aditivo parapegamentos. *Revista Boliviana de Química*.
- Mosquera, S. (2019). Efecto de la aplicación de un recubrimiento de almidón de yuca modificado por vía ácida sobre el tomate larga vida. *Revista U.D.C.A Actualidad*


- & *Divulgación Científica*. Obtido de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1388>
- Ortega, F., & Cedeño, V. (2021). Propiedades físicas y barrera de recubrimientos comestibles aplicados en hortalizas. *Innovación Agropecuaria*. Obtido de <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/2857/1068>
- Ortega, V. R. (2021). Recubrimientos comestibles con extractos antimicrobianos aplicados en tomates. *Ciencia y Conservación de Alimentos*.
- Pérez, J. &. (2020). Comparación de recubrimientos comestibles en tomates: Efecto en la aceptación del consumidor. . *Avances en Tecnología Alimentaria*.
- Posada-Duque, J., & Cardona-Alzate, C. (2019). Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiesel. *Ingeniería*. Obtido de <https://www.javeriana.edu.co/Facultades/ingenieria/revista/IyUVol14N1/Biodiesel.pdf>
- Rivera, C. G. (2020). Efecto de un recubrimiento natural sobre la calidad postcosecha de tomates cherry. *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- Rivera, J., Mendoza, P., & Torres, L. (2020). Obtención de pectina a partir de cáscara de plátano: potencial industrial y beneficios ambientales. *Revista Agroindustrial Latinoamericana*, 8(2), 23-30. Obtido de <https://revistaagro.org/index.php/agro/article/view/149>
- Rodriguez, M. C. (15 de Mayo de 2020). Efecto del recubrimiento comestible a base de almidón de yuca mejorado sobre la calidad poscosecha de tomates frescos (*solanum lycopersicum* L.). *Recubrimiento comestible*. Obtido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32514481/>
- Salazar-Acosta, E. (2018). Almidón resistente en la nutrición de animales monogástricos I: concepto, clasificación y fuentes. . *Nutrición Animal Tropical*, 12(2), 55-69.
- Secretaría Nacional de Planificación. (2024). Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025. Obtido de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/PND2024-2025.pdf>

- Torres, R. &. (2020). Evaluación de recubrimientos a base de pectina de plátano y almidón en tomates maduros. *Revista de Innovación Agroindustrial. Revista de Innovación Agroindustrial,*
- Villacrés, M., & Páez, D. (2021). Aplicación de recubrimientos biodegradables en productos hortofrutícolas. *Ciencia y Desarrollo*,19(3), 55-65. Obtido de <https://revistacyd.org/index.php/cyd/article/view/198>
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente:Características tecnológicas e intereses fisiológicos. . *Revista chilena de nutrición*, 45(3), 271-278.

ANEXOS

Figura 4

Ficha de evaluación sensorial

 UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL																	
TEMA: Efecto protector de un recubrimiento a base de la pectina de plátano y el almidón de yuca aplicado en tomate.																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Valoración Numérica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Me gusta mucho</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Me gusta</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Ni me gusta, ni me disgusta</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Me disgusta</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Me disgusta mucho</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		Categoría	Valoración Numérica	Me gusta mucho	5	Me gusta	4	Ni me gusta, ni me disgusta	3	Me disgusta	2	Me disgusta mucho	1		
Categoría	Valoración Numérica																
Me gusta mucho	5																
Me gusta	4																
Ni me gusta, ni me disgusta	3																
Me disgusta	2																
Me disgusta mucho	1																
Indique con una (X) según su criterio en los espacios indicados																	
ATRIBUTOS	V.N.	T1	T2	T3	T4												
COLOR	5																
	4																
	3																
	2																
	1																
OLOR	5																
	4																
	3																
	2																
	1																
SABOR	5																
	4																
	3																
	2																
	1																
TEXTURA	5																
	4																
	3																
	2																
	1																

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 5

Recepción de las materias primas



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 6

Pesado de las materias primas



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 7

Tamizado de los insumos



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 8

Mezclado de agua y glicerol



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 9

Calentamiento de la mezcla hasta 80 °C



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 10

Se incorporaron los ingredientes tamizados a la mezcla de agua y glicerol



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 11

Calentamiento de la solución a 70 °C por 10 minutos



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 12

Lavado de los tomates en la solución de hipoclorito



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 13

Inmersión de los tomates en la solución de biopolímero



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 14

Tomate recubierto



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 15

Verificación del proceso del recubrimiento del tomate



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 16

Análisis sensorial del tomate recubierto



Elaborado por: La Autora, 2026

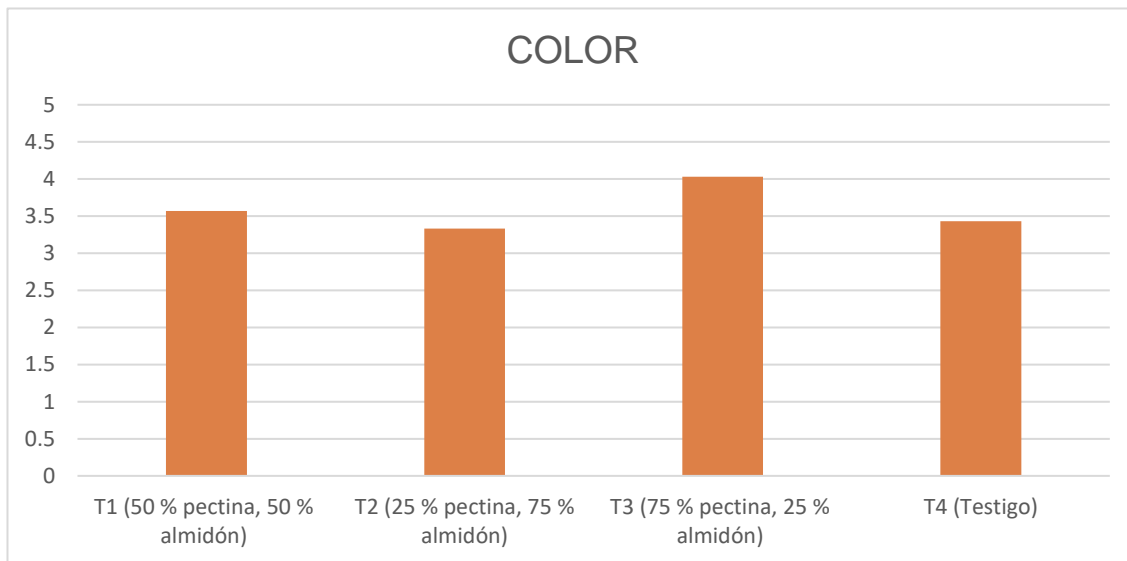
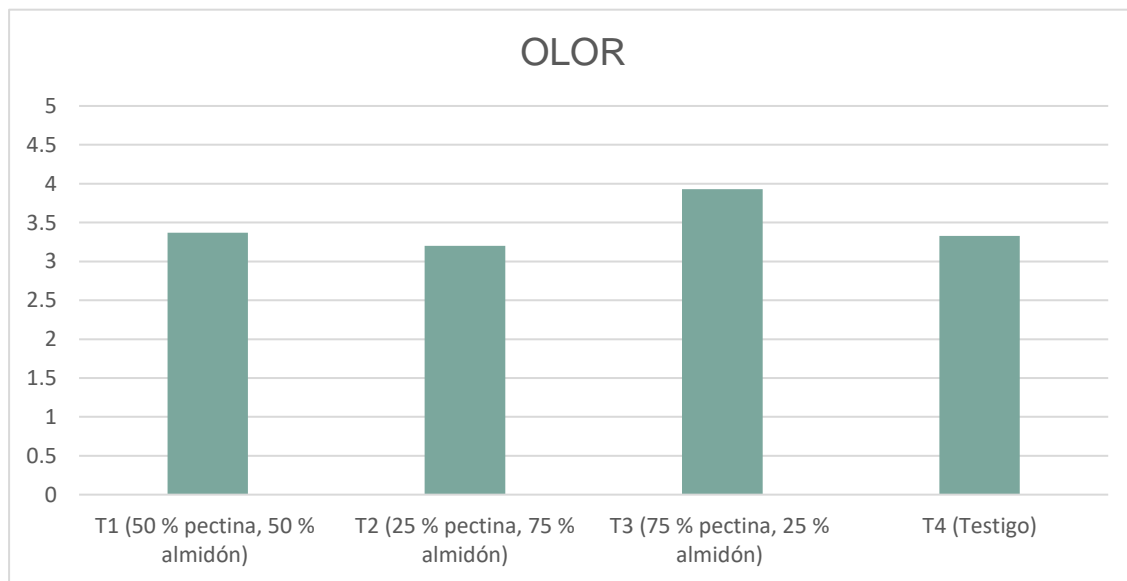
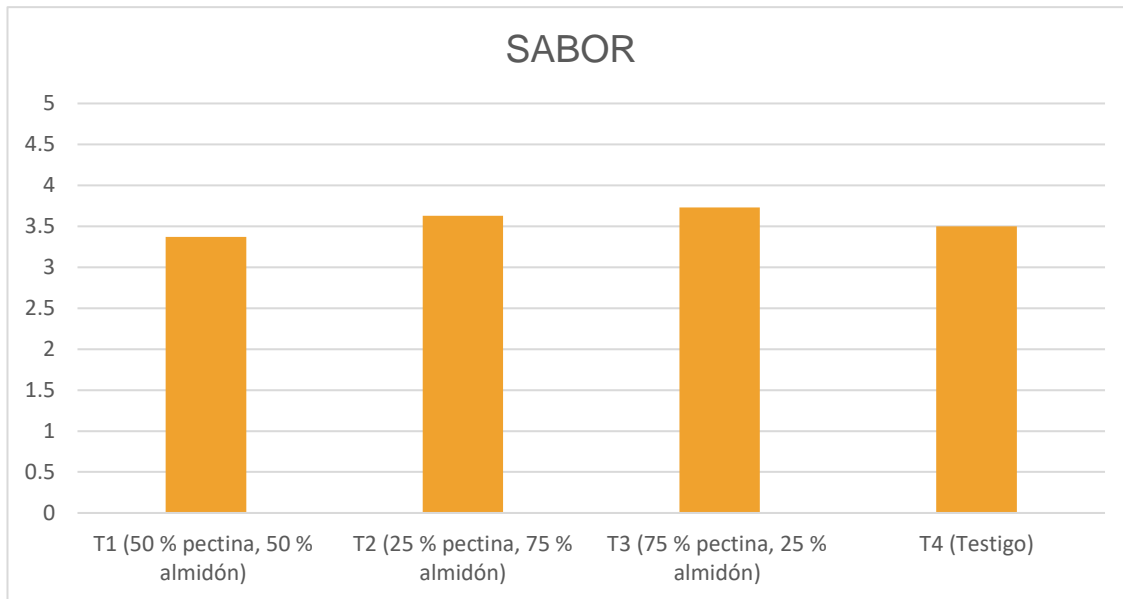
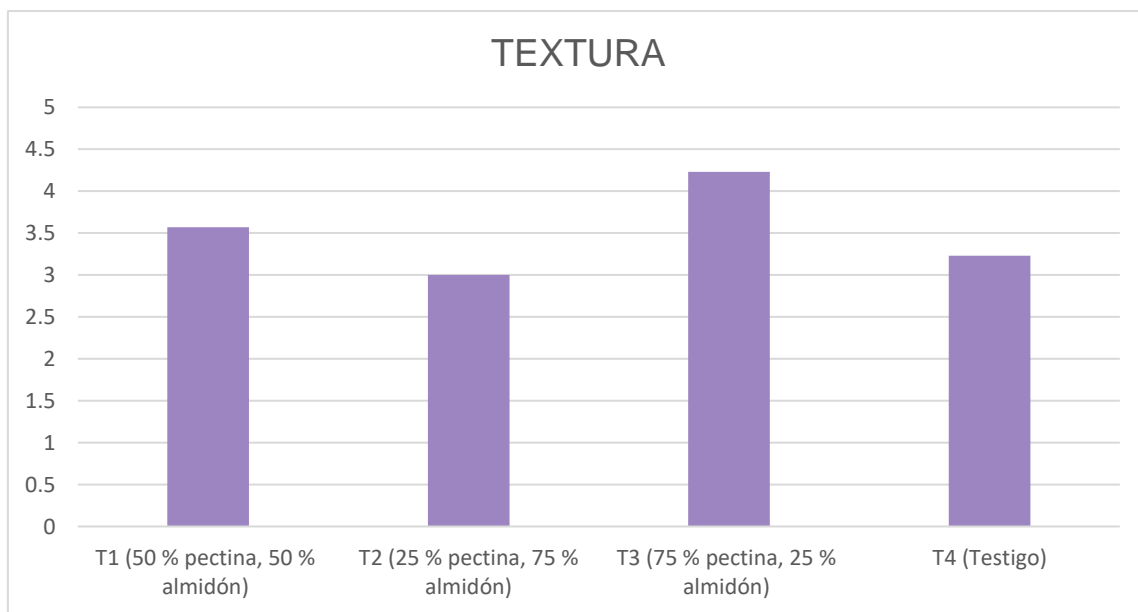
Figura 17***Aceptación sensorial del atributo color en los tratamientos evaluados*****Elaborado por: La Autora,2026****Figura 18*****Aceptación sensorial del atributo olor en los tratamientos evaluados*****Elaborado por: La Autora,2026**

Figura 19***Aceptación sensorial del atributo sabor en los tratamientos evaluados*****Elaborado por: La Autora,2026****Figura 20*****Aceptación sensorial del atributo textura en los tratamientos evaluados*****Elaborado por: La Autora,2026**

APÉNDICES

Apéndice N° 1: Valores individuales de pH del tomate recubierto durante el almacenamiento

Tratamientos	Repeticiones	Día 1	Día 3	Día 7	Día 10	Día 15
T1 50%/50%	1	4.02	4.90	5.00	5.00	6.00
	2	4.02	4.10	5.00	5.25	5.50
	3	4.03	4.11	4.38	5.11	5.68
	4	4.06	4.12	4.58	4.80	5.53
	5	4.07	4.12	4.70	5.18	5.73
T2 75%/25%	1	4.03	4.23	5.00	5.14	5.40
	2	4.03	4.24	4.50	5.40	5.43
	3	4.05	4.25	4.35	5.12	5.47
	4	4.11	4.29	4.55	5.41	5.33
	5	4.12	4.33	4.80	5.20	5.60
T3 25%/75%	1	4.01	4.11	4.10	4.12	4.30
	2	4.02	4.12	4.21	4.11	4.30
	3	4.02	4.12	4.30	4.36	4.40
	4	4.03	4.28	4.35	4.23	4.35
	5	4.04	4.29	4.15	4.14	4.33
T4 0%/0%	1	4.02	4.07	4.50	5.20	5.43
	2	4.03	4.09	4.45	4.40	5.32
	3	4.04	4.10	4.32	4.47	5.10
	4	4.04	4.29	4.45	4.40	5.30
	5	4.04	4.31	5.00	4.60	5.23

Elaborada por: La Autora, 2026

Apéndice N° 2: Análisis de varianza y prueba de Duncan del pH

Análisis de la varianza de la variable pH

Día 1 (pH)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 1	20	0,32	0,20	0,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	3	1,7E-03	2,54	0,0931
tratamiento	0,01	3	1,7E-03	2,54	0,0931
Error	0,01	16	6,8E-04		
Total	0,02	19			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0007 gl: 16

tratamiento	Medias	n	E.E.
t2	4,07	5	0,01 A
t1	4,04	5	0,01 A B
t4	4,04	5	0,01 A B
t3	4,02	5	0,01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Día 3 (pH)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 3	20	0,07	0,00	4,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	3	0,01	0,38	0,7716
tratamiento	0,04	3	0,01	0,38	0,7716
Error	0,59	16	0,04		
Total	0,63	19			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0370 gl: 16

tratamiento	Medias	n	E.E.
t1	4,27	5	0,09 A
t2	4,27	5	0,09 A
t3	4,18	5	0,09 A
t4	4,17	5	0,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Día 7 (pH)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 7	20	0,46	0,36	5,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,74	3	0,25	4,49	0,0182
tratamiento	0,74	3	0,25	4,49	0,0182
Error	0,88	16	0,05		

Total 1,62 19

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0549 gl: 16

tratamiento	Medias	n	E.E.	
t1	4,73	5	0,10	A
t2	4,64	5	0,10	A
t4	4,54	5	0,10	A
t3	4,22	5	0,10	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Día 10 (pH)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 10	20	0,83	0,80	4,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,40	3	1,13	25,81	<0,0001
tratamiento	3,40	3	1,13	25,81	<0,0001
Error	0,70	16	0,04		
Total	4,11	19			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0440 gl: 16

tratamiento	Medias	n	E.E.	
t2	5,25	5	0,09	A
t1	5,07	5	0,09	A
t4	4,61	5	0,09	B
t3	4,19	5	0,09	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Día 15 (pH)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día 15	20	0,95	0,94	2,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,25	3	1,75	105,35	<0,0001
tratamiento	5,25	3	1,75	105,35	<0,0001
Error	0,27	16	0,02		
Total	5,52	19			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0166 gl: 16

tratamiento	Medias	n	E.E.	
t1	5,69	5	0,06	A
t2	5,45	5	0,06	B
t4	5,28	5	0,06	B
t3	4,34	5	0,06	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2026

Apéndice N° 3: Valores individuales de sólidos solubles (°Brix) del tomate durante el almacenamiento

Tratamientos	Repeticiones	Día 1	Día 3	Día 7	Día 10	Día 15
T1 50%/50%	1	4.1	5.3	6.0	6.8	7.3
	2	4.2	5.3	6.1	6.8	7.4
	3	4.3	5.4	6.2	6.8	7.5
	4	4.5	5.6	6.3	6.9	7.5
	5	4.8	5.5	6.3	6.9	7.5
T2 75%/25%	1	4.2	5.4	6.3	6.5	7.2
	2	4.4	5.3	6.3	6.5	7.2
	3	4.7	5.5	6.4	6.5	7.3
	4	4.8	5.6	6.8	6.8	7.4
	5	4.9	5.7	6.8	6.9	7.5
T3 25%/75%	1	4.1	4.4	4.8	4.9	5.1
	2	4.2	4.4	4.8	4.9	5.0
	3	4.2	4.5	4.9	5.0	5.2
	4	4.3	4.5	4.9	5.0	5.2
	5	4.3	4.6	4.9	5.1	5.2
T4 0%/0%	1	4.2	4.7	5.4	6.4	7.0
	2	4.3	4.7	5.4	6.4	7.1
	3	4.5	4.7	5.5	6.5	7.2
	4	4.5	4.8	5.8	6.6	7.3
	5	4.6	4.8	5.8	6.6	7.3

Elaborado por: La Autora, 2026

Apéndice N° 4: Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Duncan de los sólidos solubles (°Brix)

Análisis de la varianza de la variable °Brix

día 1 (°Brix)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
día 1	20	0,32	0,19	5,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,37	3	0,12	2,49	0,0978
tratamiento	0,37	3	0,12	2,49	0,0978
Error	0,78	16	0,05		
Total	1,15	19			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0490 gl: 16

tratamiento	Medias	n	E.E.
t2	4,60	5	0,10 A
t4	4,42	5	0,10 A B
t1	4,38	5	0,10 A B
t3	4,22	5	0,10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

día 3 (°Brix)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
día 3	20	0,95	0,94	2,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,80	3	1,27	97,37	<0,0001
tratamiento	3,80	3	1,27	97,37	<0,0001
Error	0,21	16	0,01		
Total	4,01	19			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0130 gl: 16

tratamiento	Medias	n	E.E.
t2	5,50	5	0,05 A
t1	5,42	5	0,05 A
t4	4,74	5	0,05 B
t3	4,48	5	0,05 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

día 7 (°Brix)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
día 7	20	0,94	0,93	3,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,97	3	2,66	82,37	<0,0001
tratamiento	7,97	3	2,66	82,37	<0,0001

Error	0,52	16	0,03
Total	8,49	19	

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0323 gl: 16

tratamiento	Medias	n	E.E.	
t2	6,52	5	0,08	A
t1	6,18	5	0,08	B
t4	5,58	5	0,08	C
t3	4,86	5	0,08	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**día 10 (°Brix)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
día 10	20	0,98	0,98	1,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,88	3	3,63	250,02	<0,0001
tratamiento	10,88	3	3,63	250,02	<0,0001
Error	0,23	16	0,01		
Total	11,11	19			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0145 gl: 16

tratamiento	Medias	n	E.E.	
t1	6,84	5	0,05	A
t2	6,64	5	0,05	B
t4	6,50	5	0,05	B
t3	4,98	5	0,05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**día 15 (°Brix)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
día 15	20	0,99	0,99	1,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,88	3	5,96	476,85	<0,0001
tratamiento	17,88	3	5,96	476,85	<0,0001
Error	0,20	16	0,01		
Total	18,08	19			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0125 gl: 16

tratamiento	Medias	n	E.E.	
t1	7,44	5	0,05	A
t2	7,32	5	0,05	A B
t4	7,18	5	0,05	B
t3	5,14	5	0,05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Elaborado por: La Autora, 2026**

Apéndice N° 5: Resultados individuales del análisis sensorial aplicado a los tratamientos de recubrimiento

TRATAMIENTOS	PANELISTAS	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
PECTINA Y ALMIDON					
T1: 50%:50%	1	3	4	2	2
T1: 50%:50%	2	2	2	3	4
T1: 50%:50%	3	4	3	3	3
T1: 50%:50%	4	4	3	3	3
T1: 50%:50%	5	3	3	4	3
T1: 50%:50%	6	4	3	2	3
T1: 50%:50%	7	3	3	3	3
T1: 50%:50%	8	4	4	2	3
T1: 50%:50%	9	3	3	3	2
T1: 50%:50%	10	4	4	2	5
T1: 50%:50%	11	3	2	3	3
T1: 50%:50%	12	4	3	4	4
T1: 50%:50%	13	3	2	2	3
T1: 50%:50%	14	3	4	3	3
T1: 50%:50%	15	3	4	3	3
T1: 50%:50%	16	4	2	4	3
T1: 50%:50%	17	3	4	4	4
T1: 50%:50%	18	4	3	4	5
T1: 50%:50%	19	3	4	5	4
T1: 50%:50%	20	4	5	4	4
T1: 50%:50%	21	5	3	5	4
T1: 50%:50%	22	4	3	3	3
T1: 50%:50%	23	2	4	4	3
T1: 50%:50%	24	4	4	5	4
T1: 50%:50%	25	4	4	4	4

T1: 50%:50%	26	4	5	2	4
T1: 50%:50%	27	4	3	5	4
T1: 50%:50%	28	4	4	2	5
T1: 50%:50%	29	5	2	5	5
T1: 50%:50%	30	3	4	3	4
T2: 75%:25%	1	4	4	5	4
T2: 75%:25%	2	3	4	4	4
T2: 75%:25%	3	3	3	3	3
T2: 75%:25%	4	4	4	5	4
T2: 75%:25%	5	3	4	4	3
T2: 75%:25%	6	4	4	4	3
T2: 75%:25%	7	3	3	3	3
T2: 75%:25%	8	4	5	4	5
T2: 75%:25%	9	4	4	5	3
T2: 75%:25%	10	5	5	5	5
T2: 75%:25%	11	4	4	5	4
T2: 75%:25%	12	4	4	5	4
T2: 75%:25%	13	3	3	4	2
T2: 75%:25%	14	3	4	4	1
T2: 75%:25%	15	4	5	3	2
T2: 75%:25%	16	4	3	4	3
T2: 75%:25%	17	5	5	5	4
T2: 75%:25%	18	2	2	3	3
T2: 75%:25%	19	4	2	4	2
T2: 75%:25%	20	3	2	3	2
T2: 75%:25%	21	3	2	2	4
T2: 75%:25%	22	2	1	3	3
T2: 75%:25%	23	3	2	1	2
T2: 75%:25%	24	3	2	2	1

T2: 75%:25%	25	3	3	3	3
T2: 75%:25%	26	3	2	4	2
T2: 75%:25%	27	3	3	2	2
T2: 75%:25%	28	3	2	3	2
T2: 75%:25%	29	2	3	3	3
T2: 75%:25%	30	2	2	4	4
T3: 25%:75%	1	4	4	4	4
T3: 25%:75%	2	4	4	5	5
T3: 25%:75%	3	5	5	5	5
T3: 25%:75%	4	5	5	4	5
T3: 25%:75%	5	4	4	3	4
T3: 25%:75%	6	4	5	4	5
T3: 25%:75%	7	3	5	5	4
T3: 25%:75%	8	4	4	3	5
T3: 25%:75%	9	3	3	3	3
T3: 25%:75%	10	5	4	5	5
T3: 25%:75%	11	4	4	5	5
T3: 25%:75%	12	4	3	5	5
T3: 25%:75%	13	5	4	3	4
T3: 25%:75%	14	4	5	3	5
T3: 25%:75%	15	4	4	3	4
T3: 25%:75%	16	3	3	4	3
T3: 25%:75%	17	4	4	4	5
T3: 25%:75%	18	3	5	4	5
T3: 25%:75%	19	3	3	2	4
T3: 25%:75%	20	3	4	1	4
T3: 25%:75%	21	4	3	5	4
T3: 25%:75%	22	5	3	4	4
T3: 25%:75%	23	5	4	3	3

T3: 25%:75%	24	5	3	4	4
T3: 25%:75%	25	4	5	3	3
T3: 25%:75%	26	4	4	4	5
T3: 25%:75%	27	5	3	4	4
T3: 25%:75%	28	4	4	5	4
T3: 25%:75%	29	4	3	3	3
T3: 25%:75%	30	3	4	2	4
T4: 0%:0%	1	2	3	5	5
T4: 0%:0%	2	2	4	3	4
T4: 0%:0%	3	3	3	4	3
T4: 0%:0%	4	5	4	3	5
T4: 0%:0%	5	3	3	4	3
T4: 0%:0%	6	2	4	4	3
T4: 0%:0%	7	4	4	3	3
T4: 0%:0%	8	4	4	2	4
T4: 0%:0%	9	3	3	4	3
T4: 0%:0%	10	4	3	4	4
T4: 0%:0%	11	5	3	2	3
T4: 0%:0%	12	5	4	3	4
T4: 0%:0%	13	3	4	4	3
T4: 0%:0%	14	4	3	5	2
T4: 0%:0%	15	3	5	2	3
T4: 0%:0%	16	3	4	3	4
T4: 0%:0%	17	3	3	4	2
T4: 0%:0%	18	3	3	3	4
T4: 0%:0%	19	2	4	3	4
T4: 0%:0%	20	4	3	4	4
T4: 0%:0%	21	4	3	4	2
T4: 0%:0%	22	4	2	4	3

T4: 0%:0%	23	4	2	3	2
T4: 0%:0%	24	4	3	4	4
T4: 0%:0%	25	4	2	3	3
T4: 0%:0%	26	4	2	4	2
T4: 0%:0%	27	2	4	3	2
T4: 0%:0%	28	3	4	4	4
T4: 0%:0%	29	4	3	3	3
T4: 0%:0%	30	3	4	4	2

Elaborado por: La Autora, 2026

Apéndice N° 6: Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey del análisis sensorial

Análisis de la varianza del análisis sensorial en el día 1

COLOR (Día 1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
COLOR	120	0,38	0,15	21,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30,87	32	0,96	1,67	0,0312
TRATAMIENTOS PECTINA Y ALM..	8,63	3	2,88	4,99	0,0031
PANELISTAS	22,24	29	0,77	1,33	0,1560
Error	50,12	87	0,58		
Total	80,99	119			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,51336

Error: 0,5761 gl: 87

TRATAMIENTOS PECTINA Y ALM.. Medias n E.E.

T3: 25%:75%	4,03	30	0,14	A
T1: 50%:50%	3,57	30	0,14	A B
T4: 0%:0%	3,43	30	0,14	B
T2: 75%:25%	3,33	30	0,14	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

OLOR (Día 1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
OLOR	120	0,37	0,13	24,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36,53	32	1,14	1,57	0,0515
TRATAMIENTOS PECTINA Y ALM..	9,49	3	3,16	4,35	0,0066
PANELISTAS	27,04	29	0,93	1,28	0,1885
Error	63,26	87	0,73		
Total	99,79	119			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,57670

Error: 0,7271 gl: 87

TRATAMIENTOS PECTINA Y ALM.. Medias n E.E.

T3: 25%:75%	3,93	30	0,16	A
T1: 50%:50%	3,37	30	0,16	A B
T4: 0%:0%	3,33	30	0,16	B
T2: 75%:25%	3,20	30	0,16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

SABOR (Día 1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SABOR	120	0,17	0,00	29,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20,13	32	0,63	0,57	0,9610
TRATAMIENTOS PECTINA Y ALM..	2,29	3	0,76	0,70	0,5568
PANELISTAS	17,84	29	0,62	0,56	0,9602
Error	95,46	87	1,10		
Total	115,59	119			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,70844

Error: 1,0972 gl: 87

TRATAMIENTOS PECTINA Y ALM..	Medias	n	E.E.
T3: 25%:75%	3,73	30	0,19 A
T2: 75%:25%	3,63	30	0,19 A
T4: 0%:0%	3,50	30	0,19 A
T1: 50%:50%	3,37	30	0,19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

TEXTURA (Día 1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TEXTURA	120	0,50	0,31	23,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	57,63	32	1,80	2,68	0,0002
TRATAMIENTOS PECTINA Y ALM..	25,89	3	8,63	12,87	<0,0001
PANELISTAS	31,74	29	1,09	1,63	0,0428
Error	58,36	87	0,67		
Total	115,99	119			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,55392

Error: 0,6708 gl: 87

TRATAMIENTOS PECTINA Y ALM..	Medias	n	E.E.
T3: 25%:75%	4,23	30	0,15 A
T1: 50%:50%	3,57	30	0,15 B
T4: 0%:0%	3,23	30	0,15 B C
T2: 75%:25%	3,00	30	0,15 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2026