



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Incremento del tiempo de conservación del *Solanum betaceum* (tomate de árbol), mediante el uso de tres recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina (*Citrus unshulu*)

ROSA AURORA MOYANO SÁNCHEZ

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado

**MAGÍSTER EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN DE LA CALIDAD Y
SEGURIDAD ALIMENTARIA**

Riobamba - Ecuador

mayo, 2022

©2021, Rosa Aurora Moyano Sánchez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación**, titulado Incremento del tiempo de conservación del *Solanum betaceum* (tomate de árbol), mediante el uso de tres recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina (*Citrus unshulu*) de responsabilidad de la Ing.: **ROSA AURORA MOYANO SÁNCHEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida; Ph. D.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Sandra Gabriela Barraqueta Rojas M. Sc.

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Víctor Javier Rodríguez Cruz. Mag.

MIEMBRO

Ing. Fredy Patricio Erazo Rodríguez. Mag.

MIEMBRO

Riobamba, mayo 2022

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Rosa Aurora Moyano Sánchez, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Rosa Aurora Moyano Sánchez
N° de cédula 0603261504

Yo, **Rosa Aurora Moyano Sánchez**, declaro que el presente Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación y Desarrollo, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que proviene de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Rosa Aurora Moyano Sánchez
C.I. 060326150-4

DEDICATORIA

Mi trabajo de investigación se lo dedico a mis padres Alfredo y Rosita por ser el pilar fundamental en mi vida, por inculcarme valores principalmente el de la perseverancia, por guiarme, apoyarme y nunca soltarme la mano.

A mis hijos Marcelo y Nicolás por ser el motor fundamental de mi vida, que con su amor y paciencia siempre me han apoyado a cumplir la meta que me proponga. Para ustedes este trabajo.

Rosa Moyano S.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primero a Dios por todas sus bendiciones, a mis padres por el ejemplo de trabajo, y honradez que me han inculcado, a mis hermanos que siempre me han apoyado y a mis hijos que con su amor infinito han sido mi fortaleza para la culminación de este proyecto.

Además, quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y a sus docentes por el apoyo brindado durante toda la maestría

Rosa Moyano S.

ÍNDICE

RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Situación problemática.....	5
1.3. Formulación del problema.....	6
1.4. Preguntas directrices o específicas de la investigación	7
<i>1.4.1. Pregunta general.....</i>	<i>7</i>
<i>1.4.2. Preguntas específicas</i>	<i>8</i>
1.5. Justificación de la Investigación	8
<i>1.5.1. Justificación teórica</i>	<i>8</i>
<i>1.5.2. Justificación metodológica.....</i>	<i>9</i>
<i>1.5.3. Justificación Práctica</i>	<i>10</i>
1.6. Objetivos	11
<i>1.6.1. Objetivo General.....</i>	<i>11</i>
<i>1.6.2. Objetivos Específicos</i>	<i>11</i>
1.7. Hipótesis.....	11
CAPÍTULO II	12
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	12
2.1. Antecedentes del problema.....	12
2.2. Bases teóricas	14
<i>2.2.1. Aceites esenciales.....</i>	<i>14</i>
2.2.1.1. Características de los aceites esenciales.....	15
2.2.1.2. Propiedades físicas de los aceites esenciales	15
2.2.1.3. Química y principales componentes de los aceites esenciales	16
2.2.1.4. Métodos de extracción de los aceites esenciales	17
2.2.1.5. Principales usos de los aceites esenciales	18
<i>2.2.2. Mandarina (Citrus reticulata).....</i>	<i>19</i>
2.2.2.1. Composición química.....	20
<i>2.2.3. Recubrimientos Comestibles.....</i>	<i>22</i>
2.2.3.1. Composición de películas y recubrimientos comestibles.....	23
2.2.3.2. Conservación de frutas y hortalizas mediante recubrimientos comestibles.....	24
2.2.3.3. Tomate de árbol (Solanum betaceum)	25
2.2.3.4. Aspectos reproductivos del tomate de árbol	27

2.2.3.5. Características químicas y nutricionales del tomate de árbol.....	27
2.2.4. Marco conceptual.....	29
2.2.4.1. Alginato.....	29
2.2.4.2. Almidón de papa.....	29
2.2.4.3. Colágeno Liofilizado.....	30
2.2.2.4. Conservante.....	31
2.2.4.4. Vida de Anaquel.....	31
CAPÍTULO III.....	33
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	33
3.2. Método de la investigación.....	33
3.3. Enfoque de la investigación.....	33
3.4. Alcance de la investigación.....	34
3.5. Población de estudio.....	34
3.6. Tratamiento y Diseño experimental.....	34
3.7. Mediciones experimentales.....	36
3.7.1. Valoración físico – química.....	36
3.7.2. Valoraciones microbiológicas.....	36
3.7.3. Análisis económico.....	36
3.7.4. Vida de anaquel.....	36
3.8. Procedimiento experimental.....	37
3.9. Metodología de la evaluación.....	38
3.9.1. pH.....	38
3.9.2. Acidez titulable.....	38
3.9.3. Contenido de sólidos solubles.....	38
3.9.4. Textura – firmeza.....	39
3.9.5. Análisis microbiológico.....	39
3.9.6. Cálculo de vida de anaquel.....	39
CAPÍTULO IV.....	40
4. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.2. Evaluación de las características físico-químicas del <i>Solanum betaceum</i> (tomate de árbol por efecto del uso de tres tipos de recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina (<i>Citrus unshulu</i>).....	40
4.2.1. Rendimiento negro o blanco.....	40
4.2.2. Valor positivo (rojo) y negativo (verde).....	43
4.2.3. Valor positivo (amarillo) y negativo (azul).....	44
4.2.4. Análisis de la colorimetría en función del espacio de color L^*a^*b.....	45

4.2.5. <i>pH</i>	46
4.2.6. <i>Acidez</i>	47
4.2.7. <i>Sólidos Solubles</i>	49
4.3. Evaluación de las características físico-químicas del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con aceite esencial de mandarina por efecto del tiempo de almacenamiento	52
4.4. Características físico químicas de los tomates de árbol por efecto de la interacción entre tipo de recubrimiento y días de almacenamiento	54
4.4.1. <i>Sin recubrimiento comestible</i>	54
4.4.2. <i>Recubrimiento comestible almidón de papa</i>	55
4.4.3. <i>Recubrimiento comestible Alginato</i>	57
4.4.4. <i>Recubrimiento colágeno liofilizado</i>	58
4.5. Discusión	60
4.6. Análisis microbiológico	61
4.7. Evaluación Económica	61
CAPITULO V	64
5. PROPUESTA	64
5.1. Antecedentes Investigativos	64
5.2. Justificación	65
5.3. Objetivos	65
5.3.1. <i>Objetivo general</i>	65
5.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	65
5.4. Descripción del proceso de la aplicación del recubrimiento comestible en el tomate de árbol	67
5.4.1. <i>Recepción</i>	67
5.4.2. <i>Selección</i>	67
5.4.5. <i>Secado</i>	67
5.4.7. <i>Almacenamiento</i>	68
5.5. Buenas Prácticas de manufactura para el proceso de recubrimiento del tomate de árbol	68
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Componente Nutricional de la Mandarina. 100 gr	20
Tabla 2-2: Análisis proximal de los cultivos de mandarina (Citrus reticulata) cultivados en el Ecuador	21
Tabla 3-2: Análisis proximal de diferentes especies de tomate de árbol (Solanum betaceum) cultivados en el Ecuador.....	28
Tabla 4-3 Esquema del experimento.....	35
Tabla 5-3 Esquema de experimento.....	36
Tabla 6-3 Preparación de los recubrimientos comestibles	37
Tabla 7-4 Evaluación de las características físico-químicas del Solanum betaceum (tomate de árbol), por efecto del uso de tres tipos de recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina (Citrus unshulu)	41
Tabla 8-4 Evaluación de la colorimetría en función del espacio de color L*a*b.....	45
Tabla 9-4 Características físico químicas del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con aceite esencial de mandarina, por efecto del tiempo de almacenamiento	52
Tabla 10-4 Evaluación de las características físico químicas de los tomates de árbol por efecto de la interacción entre sin recubrimiento y días de almacenamiento.....	55
Tabla 11-4 Efecto de la interacción entre tipo de recubrimiento (almidón de papa) y días de almacenamiento.....	56
Tabla 12-4 Efecto de la interacción entre tipo de recubrimiento (alginato) y días de almacenamiento.....	57
Tabla 13-4 Efecto de la interacción entre tipo de recubrimiento (colágeno liofilizad) y días de almacenamiento.....	59
Tabla 14-4 Evaluación Económica de la producción de tomate de árbol utilizando diferentes recubrimientos comestibles.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Diferentes variedades de tomate de árbol (Solanum Betaceum) cultivadas en el Ecuador	25
Figura 2-5 Diagrama de Flujo del procedimiento para la obtención del tomate de árbol (Solanum betaceum), utilizando un recubrimiento comestible (colágeno liofilizado) enriquecido con aceite esencial de mandarina (Citrus reticulata)”	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Valores del análisis colorimétrico CIELAB, del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible.....	42
Gráfico 2-4: pH del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con 1 % de extracto de mandarina	46
Gráfico 3-4: pH del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con 1 % de extracto de mandarina	48
Gráfico 4-4: Grados Brix del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con 1 % de extracto de mandarina.....	49
Gráfico 5-4: Firmeza del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con 1 % de extracto de mandarina.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Análisis de Colorimetría L

Anexo B. Análisis de Colorimetría a

Anexo C. Análisis de Colorimetría b

Anexo D. Análisis de laboratorio pH del tomate de árbol

Anexo E. Análisis de laboratorio acidez del tomate de árbol

Anexo F. Análisis de laboratorio Sólidos Solubles del tomate de árbol

Anexo G. Análisis de laboratorio Firmeza del tomate de árbol

Anexo H. Análisis Microbiológico del tomate de árbol

Anexo I. Análisis de Mohos y Levaduras del tomate de árbol

Anexo J. Evidencia fotográfica del trabajo experimental

Anexo K. Módulo de aplicación del producto especial.

Anexo L. Evidencia Traducción Inglés

RESUMEN

El objetivo fue incrementar el tiempo de conservación del tomate de árbol mediante el uso de tres recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina, para lo cual se utilizó un diseño completamente al azar bifactorial, donde los factores fueron el tipo de recubrimiento comestible y los días de almacenamiento, utilizando como herramientas estadísticas ADEVA, separación de medias por Tukey, cálculo de regresión y correlación múltiple. Los resultados indican las más altas respuestas al recubrir el tomate con colágeno liofilizado con valores de 35,10 coordenada L* ; 23,31 (coordenada a*); 27,90 coordenada b* y 3,50 firmeza ; al igual que el pH (5,97) , la acidez (1,68%) y los grados brix (11,04°), alcanzaron su menor valor; Se logró comprobar la efectividad del alginato y el almidón de papa como agentes antimicrobianos para evitar crecimiento de aerobios mesófilos, de mohos y levaduras en el tomate de árbol almacenado en comparación a la muestra control la cual presentó el mayor recuento de $3,75 \times 10^{+0}$ (UFC)/g a los 28 días de almacenamiento. El mayor beneficio costo se consiguió al utilizar como recubrimiento comestible en el tomate de árbol el colágeno liofilizado puesto que los valores de relación beneficio costo fueron de 1.20 es decir que por cada dólar invertido se obtiene una utilidad de 20 centavos de dólar o lo mismo que decir el 20 % de utilidad Se recomienda la aplicación de películas comestibles ya que su efecto conserva las características físico-químicas y sensoriales de los alimentos durante periodos más largos, además de poseer propiedades antimicrobianas protegiéndolos del deterioro

Palabras Claves: <RECUBRIMIENTO COMESTIBLE>, <TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*)>, <ALMIDÓN DE PAPA>, <COLÁGENO LIOFILIZADO>, <ALGINATO>, <ACIDEZ>, <MOHOS>, <LEVADURAS>, <BENEFICIO COSTO>

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente
por LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Nombre de
reconocimiento (DN):
c=EC, i=BOGOTÁ,
serialNumber=0602766
974, cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Fecha: 2022.05.10
11:05:08 -05'00'



10-05-2022

0040-DBRA-UPT-IPEC-2022

ABSTRACT

The objective was to increase the shelf life of tree tomatoes by using three edible coatings enriched with tangerine essence oil, for which a bifactorial completely randomized design was used, where the factors were the type of edible coating and the days of storage, using ADEVA as statistical tools, separation of means by Tukey, regression calculation and multiple correlation. The results indicate the highest responses when tomatoes were coated with freeze-dried collagen with values of 35.10 L* coordinate; 23.31 (a* coordinate); 27.90 b* coordinate and 3.50 firmness; as well as pH (5.97), acidity (1.68%) and brix degrees (11.04°); where the lowest values were reached. The effectiveness of alginate and potato starch as antimicrobial agents to prevent the growth of mesophilic aerobes, molds and yeasts in stored tree tomatoes was proven in comparison to the control sample, which presented the highest count of 3.75×10^0 (CFU)/g at 28 days of storage. The highest cost benefit was obtained when using freeze-dried collagen as edible coating on the tree tomato, since the benefit-cost ratio values were 1.20, that is, for each dollar invested, a profit of 20 cents is obtained, or the same as 20% profit. The application of edible coatings is recommended since their effect preserves the physicochemical and sensory characteristics of foods for longer periods, in addition to possessing antimicrobial properties, protecting them from decay.

Keywords: <EDIBLE COATING>, <TREE TOMATO (Solanum betaceum)>, <POTATO STARCH>, <LYOPHILIZED COLLAGEN>, <ALGINATE>, <ACIDITY>. <MOLDS>, <YEAST>, <COST BENEFIT>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación representa un proyecto sustentable para los agricultores del Ecuador, por lo que, permitirá incrementar el tiempo de conservación del tomate de árbol, debido al desconocimiento del agricultor no se ha dado un manejo adecuado del producto lo que conlleva a pérdidas económicas. De la misma manera, durante la postcosecha se han identificado una serie de problemas propios de las características organolépticas de las frutas en general que hacen que en esta etapa exista un gran desperdicio, es decir, que se pierda gran parte de la cosecha, (Agboola, 2017, p. 19).

Afortunadamente, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, (MAGAP), a través de sus programas técnicos de control ha efectuado varias investigaciones de mejoramiento de productividad del tomate del árbol y frutas en general, por lo que, dentro de su plataforma detalla al agricultor los parámetros adecuados para la obtención de una siembra de calidad del producto. Adicionalmente, varias investigaciones que sirvieron como fuente de información, demostraron que los usos de recubrimientos comestibles ayuden en la conservación del fruto postcosecha, (Agusti F. , 2018, p. 25).

Por esta razón, la investigación se centró en el uso de tres de estos recubrimientos que son una capa delgada que se forma directamente sobre la superficie del alimento como una película protectora. Entre los cuales se consideraron, Estos se elaboran a partir de una gran variedad de proteínas, polisacáridos y lípidos, ya sea como componentes únicos o combinados : colágeno liofilizado, almidón de papa y alginato, enriquecidos con aceite esencial de mandarina al 1% que tienen sus características especiales que ayudan a prolongar la vida útil del fruto, a través de los diferentes análisis de pH, acidez, firmeza, colorimetría y microbiológicos, se podrá concluir que recubrimiento presenta mejores resultados en referencia a alargar la vida útil del producto como en el costo beneficio, (Wiley, 2016, p. 26).

Los tipos de análisis que servirán como base para tomar la decisión de que recubrimiento es el mejor fueron el diagnóstico físico, químico y organolépticas de los tratamientos; el diagnóstico microbiológico de los tratamientos y; cálculo de la vida de anaquel de los tratamientos propuestos. Adicionalmente, se realizaron pruebas estadísticas que permiten contrastar la hipótesis, que hace referencia a la existencia de diferencia estadística al aplicar tres recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina si se incrementa el tiempo de conservación del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), (Agboola, 2017, p. 21).

Las pruebas estadísticas que se realizaron consistieron en el análisis de la varianza, separación de medias según Tukey, regresión y correlación múltiple. Los resultados obtenidos de las pruebas estadísticas permitieron concluir que el uso de recubrimientos comestibles permite el incremento de conservación del tomate de árbol. Por lo expuesto, el investigador observó el tiempo de vida útil o vida de anaquel del tomate de árbol a través de la aplicación de recubrimientos comestibles enriquecidos con aceite de mandarina, con el fin de implementar un sistema operativo para el proceso de empaquetado del producto, logrando eficiencia, así, obtener beneficios y rentabilidad económica para los clientes y lograr la exportación del producto a mercados internacionales de Colombia y Perú, (Wang, 2018, p. 51).

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, las necesidades de alimentos frescos, saludables y nutritivos a nivel mundial, generan que el control en la maduración de las frutas, para el alargamiento de la vida útil se convierta en un factor fundamental para satisfacer las necesidades del consumidor, debido principalmente a que la perecibilidad de las frutas frescas cosechadas constituye un factor determinante en la comercialización de las mismas, por lo que, se han realizados las siguientes investigaciones viables como: el uso de procesos de refrigeración; utilización de recubrimiento comestible y mezcla de gases, (Agusti F. , 2018, p. 25)

Las frutas frescas constituyen fuentes importantes de carbohidratos, minerales, proteínas, vitaminas y fibra; son tejidos vivos que están sujetos a continuos cambios después de la cosecha, se estiman considerables pérdidas en cantidad y calidad de la producción anual de frutas debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos. Si se toma en cuenta las preferencias del consumidor a la hora de elegir un producto en los diferentes centros de abastos, se puede evidenciar claramente la tendencia por aquellos alimentos con mejor punto de maduración o que están cercanas a esta condición, especialmente porque sus características organolépticas son superiores a sus pares no maduros. Sin embargo, no siempre se considera todo el proceso y tecnología que implica poder obtener productos que se encuentren en este punto, (Badui, Química de los alimentos, 2018, p. 26).

La maduración y conservación de frutas está ligado a procesos complejos de transformación de sus componentes, al momento de ser recolectados, estos quedan separados de su fuente natural de nutrientes, pero sus tejidos continúan respirando y siguen activos. En este punto, se indica que en la postcosecha a nivel mundial se pierden entre el 10 y el 80% de las frutas, especialmente por una mala manipulación de estas, es por ello que, ya son varios años en los que se han implementado tratamientos tales como: atmosferas modificadas o controladas, agua caliente, embalaje e irradiación gamma, con el fin de superar la problemática de la postcosecha, asimismo,

mencionan que, los recubrimientos comestibles han sido la alternativa más rentable en esta situación, ya que actúan como barreras contra la contaminación microbiana y son inhibidores de otros efectos desfavorables, (Barrazueta S, 2018).

Asimismo, la maduración durante la postcosecha, como se hizo mención puede representar un serio problema, debido a que las frutas son susceptibles a deteriorarse por los procesos propios de su sistema biológico y que pueden ser factores internos o biológicos y por otros relacionados con el ambiente. Entre los internos se pueden mencionar la respiración, transpiración, producción de etileno y cambios en la composición química. Entre los factores biológicos se puede mencionar al cambio de la composición bioquímica, por ejemplo, producción de pigmentos, con los que las coloraciones de la epidermis y pulpa pueden cambiar, se puede producir hidrólisis del almidón y solubilización de pectinas. Todo esto requiere que se apliquen tratamientos que prolonguen la vida del fruto (Castro, 2013, p. 41)

Los fenómenos especialmente destacados durante la maduración son la respiración, el endulzamiento, ablandamiento, cambios en aroma, coloración y valor nutricional, que influyen directamente sobre la vida de la fruta (Sarmiento, Spoto, y Fontes, 2008, p. 69). Estos aspectos han hecho que las personas que se dedican a cosecharlos busquen alternativas que les permitan reducir el riesgo de perderlos en la postcosecha, pues debido a factores naturales la vida útil de estos es limitada. Es ahí que en China empezaron el uso de recubrimientos comestibles que están constituidos por polímeros naturales muy finos y biodegradables, que permiten prolongar la vida de fruto e inclusive mejorar su calidad (Tello, 2020, p. 51).

Al comenzar la maduración de la fruta aumenta el contenido de hidratos de carbono y el dulzor típico de las frutas maduras. Los ácidos disminuyen y desaparece el sabor agrio, para dar lugar a uno suave y muy agradable. La protopectina (una forma insoluble de la pectina que es el principal componente de la lámina medía de la pared celular) atrapa agua formando una especie de malla, que proporciona a la fruta no madura su particular textura. Con la maduración, ésta sustancia disminuye transformándose en pectina soluble, que queda disuelta en el agua que contiene, degradando las paredes celulares y produciéndose ablandamiento y susceptibilidad a ser dañadas durante el manejo postcosecha, (Agusti F. , 2018, p. 42)

Con la finalidad de controlar o aminorar las causas de estas alteraciones, alargando la vida comercial de los frutos se utiliza recubrimientos comestibles como polisacáridos y proteínas los cuales son buenos materiales para la formación de recubrimientos, por lo que, muestran excelentes propiedades mecánicas y estructurales. El recubrimiento comestible (RC) se puede definir como una matriz transparente continua, comestible y delgada, que se estructura alrededor de un alimento

generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento con el fin de preservar su calidad y servir de empaque elevando la vida útil del producto o también llamada vida de anaquel, (Cando, 2013, p. 23).

Según (Barrazaeta S., 2018, p. 23) los parámetros fisicoquímicos como la pérdida de peso, textura, sólidos solubles, pH y acidez, demuestran que el uso del recubrimiento comestible (RC), para el manejo de la postcosecha son un complemento excelente para alargar las características fisicoquímicas y sanitarias de las frutas, por ende, alarga el tiempo de vida de los frutos. Las ceras naturales que sirven como recubrimientos para los alimentos, además de no cambiar las características de los frutos, ayuda a que contenga una mínima carga microbiana que mantiene a las frutas frescas.

El tomate de árbol es una fruta ovoide que tiene la parte exterior de la pulpa del fruto firme y carnosa, mientras que en el centro posee una textura suave y gelatinosa con pequeñas semillas comestibles. Es un fruto muy rico en vitaminas y minerales esenciales, especialmente la provitamina A, vitamina B6, C y E. Entre los minerales predominan el calcio, hierro, fósforo y magnesio, (Sarmiento, 2018, p. 23)

Su elevada acción antioxidante sirve para fortalecer el sistema inmunológico y es especialmente bueno para mejorar la visión. También se suele recomendar el consumo de tomate de árbol para controlar la presión alta y el colesterol, y se incluye frecuentemente en dietas para perder peso por ser un alimento bajo en calorías, (Newman, 2014, p. 29)

El tomate de árbol debe ser cosechado preferentemente, una vez que haya madurado en la planta, sin dejarlo sobre madurar porque se reblandece y se daña en el transporte; sin embargo, una vez que ha alcanzado su madurez comercial se torna delicado, en la presente investigación se pretende alargar la vida útil a este fruto tradicional usando como técnica de conservación tres tipos de recubrimientos comestibles enriquecidos con aceite de mandarina al 1%. Los recubrimientos comestibles son una gran alternativa, pues no alteran las propiedades organolépticas de los tomates, e inclusive mejoran algunos aspectos como brillo, color, olor, textura y apariencia con respecto a los que no tienen el recubrimiento, (Andrade J. &., 2013, p. 23).

El tomate de árbol al igual que las demás frutas, en la postcosecha están expuestos a factores micro bacterianos que reducen su vida útil, por ello, se hace necesaria que se apliquen tratamientos que lo protejan y alarguen el periodo de consumo. Los autores mencionan que una de las alternativas más eficientes son los tratamientos con ácido cítrico, pues en una inmersión del fruto en una solución al 2% de ácido cítrico permite obtener la mayor estabilidad y menor oxidación

de los pigmentos (antocianinas y carotenoides), además, proporciona acciones antioxidantes óptimas que inhiben los procesos respiratorios y por ello se aumenta la vida útil, (Agusti F. , 2018, p. 21).

1.2. Situación problemática

Ecuador es un país con una gran biodiversidad, entre sus principales actividades económicas primarias esta la agricultura, debido a que no se cuenta con procesos innovadores para la producción agroindustrial, lo que limita su desarrollo y condiciona las exportaciones a productos del sector primario como: plátanos, crustáceos, flores, pescado y granos de cacao. Son exportaciones con poco valor agregado las que representan los rubros económicos más importantes en la exportación, por lo tanto, este problema limita el cultivo de productos alternativos, (Cando, 2013, p. 36)

Por otro lado, gran parte del uso del suelo agrícola está destinado al cultivo de pastos para la producción ganadera, condicionando la explotación agrícola nacional de productos de primera necesidad para su exportación y limita el cultivo de otras alternativas de alimentos, destinados para el consumo local o únicamente para el autoconsumo por su restricción de suelo perdiendo totalmente la capacidad de competitividad frente a mercados más amplios, (Agusti F. , 2018, p. 41)

Estos problemas se han ido solucionando con la iniciativa de inclusión de la siembra de productos no tradicionales, que presentan rendimientos muy satisfactorios, por ejemplo, se ha fomentado la producción de coliflor y uvilla, que son productos endémicos de la región interandina, que han tenido aceptación en mercados internacionales iniciando, así, exportaciones a Estados Unidos, por consiguiente, los productores locales están preocupados en generar inversión para infraestructura, semillas de mejor calidad y en mejorar los procesos de producción para incrementar la vida útil del producto basado al recubrimiento de los comestibles que impidan la putrefacción de su producto, (Cando, 2013, p. 21)

El cultivo del tomate de árbol en el Ecuador es una actividad antigua, razón por la cual este tipo de cultivo se desarrollan en toda la región sierra, lo que se debe al incremento de su demanda desde hace 15 años atrás debido al conocimiento de sus múltiples beneficios nutricionales que aportan a la salud de las personas. Actualmente el tomate de árbol se lo está exportando a países como Colombia y Perú que no producen este tipo de cítrico, no obstante, el poco apoyo gubernamental a los productores no se ha podido generar proyectos de inversión sustentables para mejorar la calidad de vida de las personas que se dedican a esta actividad económica, (Dupas, 2017, p. 41)

La ausencia de infraestructura y tecnología para la industrialización del tomate de árbol para la generación de productos en diferentes presentaciones como: enlatados, conservas o pulpa, se convierte en la única alternativa de exportación del fruto, no obstante, los agricultores carecen de esta tecnología que conlleva a reducir su inversión y el área destinada para la siembra de este producto, (Guilbert, 2018, p. 15)

En el país se observa una producción agrícola intensiva que se convierte en poco amigable con el ambiente, por consiguiente nace, la búsqueda de procesos industriales que ayuden a mejorar la producción y reducir el impacto ambiental mediante el uso de plantas de tratamiento para residuos industriales, así, generar productos ecológicos de calidad con sello de responsabilidad ambiental, (Dupas, 2017, p. 65)

Por último, el problema que aqueja a las principales industrias de conserva de alimentos, es la selección de los compuestos y la cantidad de químicos que se debe adicionar para su preservación, por consiguiente, los productos alimenticios industrializados deben estar aprobados por la *Food and Agriculture Organization*, (FAO), que es la entidad que garantiza el acceso a alimentos suficientes y de buena calidad, (Guilbert, 2018, p. 16)

1.3. Formulación del problema

Se estiman que las pérdidas postcosecha de los productos hortofrutícolas que se producen en el mundo sobrepasan el 20%, debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos, como consecuencia de los siguientes factores, (Crick, 2016, p. 16):

- Orden tecnológico.
- Inadecuado proceso de recolección.
- Empaques no apropiados.
- Insuficientes vías para la transportación.
- Desconocimiento de técnicas para preservar la vida útil del producto (recubrimientos).

El corto período de almacenamiento y deterioro de la fruta o verdura se atribuye al mal manejo de la postcosecha, esto es por la mala manipulación de los productos y la incorrecta selección de frutos que presenten alguna alteración física, que conlleva a la presencia de patógenos que pueden desarrollarse y establecer una relación infectiva, causando con ello el desarrollo de la enfermedad presentando síntomas como una podredumbre claramente visible, que se convierte en una amenaza para la salud del consumidor y pérdidas económicas para el productor por lo que se busca alternativas para solucionar estos problemas, (Almeida, 2014, p. 26)

El deterioro ambiental provocado por el uso masivo de materiales plásticos que son utilizados para el empaque y embalaje de las frutas, verduras y otros alimentos, actualmente, ha generado la búsqueda de nuevas alternativas de sistema de empaque con materiales renovables, biodegradables y de origen natural, para recubrir los alimentos comestibles, (Guilbert, 2018, p. 26)

Un problema que se presenta al utilizar ciertos recubrimientos comestibles es la falta de cohesividad e integridad estructural lo que ocasiona malas propiedades mecánicas formando recubrimientos quebradizos, que conllevan a la utilización de aditivos, como plastificantes, que tienen como objetivo mejorar la flexibilidad de los recubrimientos, haciéndolos menos frágiles y emulsificantes, que favorecen la dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide y forman una capa continua en la superficie del mismo, (Almeida, 2014, p. 23)

Los tratamientos postcosecha tienen como objetivo prolongar la vida útil de la fruta y mejorar su calidad, incluyen la aplicación de revestimientos de compuestos comestibles, En los últimos años el uso de diferentes recubrimientos comestibles para el envasado natural, se ha convertido una técnica innovadora para la conservación de la calidad de los alimentos de tipo hortofrutícolas altamente perecederos en vías de exportación, para el caso del tomate de árbol presenta un deterioro progresivo tras la cosecha inadecuada generando fenómenos fisiológicos de transpiración y respiración que conlleva al daño del producto, (Agusti F. , 2018, p. 16)

La creciente degradación ambiental asociada al uso masivo de plásticos derivados del petróleo en los envases y embalajes de alimentos ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas para reemplazarlos, cuya fuente son materiales renovables, biodegradables y naturales. El mecanismo por el cual conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa su deterioro El desarrollo y la aplicación de recubrimientos comestibles con aceite de mandarina es interesante, y conlleva a la búsqueda de tecnologías factibles y rentables que eviten la pérdida de alimentos con la prolongación de vida útil del producto, por lo tanto, es factible la exportación del tomate del árbol por su reconocimiento y valoración internacional por sus innumerables beneficios, (Bigi, 2016, p. 26)

1.4. Preguntas directrices o específicas de la investigación

1.4.1. Pregunta general

¿Es posible el aumento de tiempo de conservación del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), por medio de los diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con aceite esencial de mandarina?

1.4.2. Preguntas específicas

- ¿Cuál será la relación existente entre los distintos tipos de recubrimiento de comestible (almidón de papa, colágeno liofilizado y alginato), y las características organolépticas del tomate de árbol (*Solanum betaceum*)?
- ¿Permitirá el uso de recubrimiento comestible en el tomate de árbol (*Solanum betaceum*), mantener las características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas con el fin de alargar su vida de anaquel?
- ¿En qué grado, la inclusión de recubrimientos comestibles afectará los costos de producción y la rentabilidad de beneficio costo en el tomate de árbol (*Solanum betaceum*)?

1.5. Justificación de la Investigación

1.5.1. Justificación teórica

El Ecuador posee una gran variedad de frutas no tradicionales que son ofertadas a nivel internacional por ser consideradas exóticas y con un valor nutricional muy alto, esto es gracias a la posición geográfica en la que se encuentra y debido a los microclimas que posee. Desde los inicios de la actividad económica, la agricultura ha predominado como una de las principales fuentes de ingresos de muchas familias, y se ha venido realizando generación tras generación, como una fuente sustentable. El interés por el uso de recubrimientos comestibles también se refiere a compuestos que interactúan de manera efectiva con el producto, permitiendo una completa regulación de los gases internos y, sobre todo, sin alterar las propiedades organolépticas del producto, (Andrade J. &., 2013, p. 21)

El precio de un producto en nuestro país no está regulado y varía de acuerdo a su oferta y demanda, en el caso del tomate de árbol, dependiendo la época, la oferta muchas veces supera la demanda ocasionando reducción significativa de precios, por lo que los productores se ven obligados a retrasar la cosecha en la espera de obtener mejor rentabilidad, aunque si superan el tiempo de maduración comercial, lo único que logran es obtener un producto de menor calidad a precios incluso más bajos, (Almeida, 2014, p. 51).

La presente investigación pretende analizar diversas alternativas que beneficien la preservación de la calidad global del producto (organoléptica, comercial, microbiológica y nutritiva), con el fin de reducir las pérdidas y satisfacer las crecientes exigencias del mercado, En este sentido, el uso

de recubrimientos comestibles ha surgido como alternativa para mantener la calidad de las frutas y hortalizas, ya que mejora su apariencia, prolonga su vida comercial y regula sus procesos fisiológicos. (Cardenas, La Mandarina y su valor nutricional, 2017, p. 10).

La tecnología de los recubrimientos comestibles consiste en la aplicación de una película comestible delgada que recubre o separa los componentes del alimento, creando una barrera entre el alimento y la atmósfera que lo rodea. Dicha barrera protege, inhibiendo o retrasando la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono u otros compuestos, pudiendo además servir como vehículo para la incorporación de aditivos como los compuestos antioxidantes o agentes antimicrobianos o incluso cualquier ingrediente que se quiera incorporar en la superficie de un producto, (Badui, Química de los alimentos, 2018, p. 23)

Las aplicaciones de recubrimientos comestibles en sus inicios se consideraban como una tecnología de conservación, pero actualmente puede ser considerada también como una estrategia comercial con gran potencial de aplicación en el sector agroalimentario, ya que retrasa la transferencia de agua, gases, grasas y solutos, disminuye la pérdida de sustancias volátiles (aroma), facilita la manipulación y sirve de protección frente a contaminantes microbianos (Cruz I. &., 2015, p. 26)

1.5.2. Justificación metodológica

Con la finalidad de prolongar la vida de anaquel de frutos perocederos se proponen alternativas amigables con el ambiente que favorezcan a mantener y mejorar las propiedades del producto. La tecnología de conservación mediante recubrimientos comestibles es una buena alternativa para evitar el deterioro de los mismos, además de ser formulados con materiales económicos y de fácil disponibilidad (Moreno, 2017, p. 25).

Muchas investigaciones han dedicado su estudio sobre el uso de estas tecnologías aplicadas a una amplia gama de productos hortofrutícolas ya que los recubrimientos reducen la pérdida de agua, permiten el control respiratorio, retrasan el envejecimiento y mejoran la calidad y valor comercial de los mismos, manteniendo sus atributos de calidad y valor nutritivo, (Gujarati, 2019, p. 21).

Existe una gran diversidad de elementos que pueden ser utilizados para la elaboración de recubrimientos como polisacáridos, proteínas y lípidos, ya sea solos o en combinaciones. Los polisacáridos como las pectinas, son los hidrocoloides más utilizados en la industria alimenticia para formar recubrimientos con excelentes resultados en sus propiedades mecánicas y son una buena barrera para los gases como el oxígeno y dióxido de carbono, pero no impiden

suficientemente la transmisión de vapor de agua, creando un ambiente propicio para la infección de agentes patógenos. Por su parte los aceites esenciales son mezclas de varias sustancias químicas sintetizadas por las plantas que dan el aroma característico a algunas flores, árboles, semillas y a ciertos extractos de origen animal, son intensamente aromáticos, no grasos y volátiles; estudios demuestran que presentan una gran capacidad antifúngica, (Carreres, 2020, p. 14).

Los recubrimientos formados por varios compuestos se han diseñado para aprovechar las propiedades funcionales complementarias de los distintos tipos de materiales filmógenos comestibles y para limitar los inconvenientes propios de cada uno de ellos; a este tipo de asociación se le denomina recubrimientos de materiales compuestos, que puede ser aplicado en cualquier tipo de frutas o verduras para preservar su vida post cosecha. La combinación de compuestos hidrocoloides con aceites esenciales, por tanto, podría mejorar ampliamente las propiedades de conservación de los recubrimientos, (Dupas, 2017, p. 25).

En el desarrollo de recubrimientos comestibles, hay que tener en cuenta tres aspectos básicos: la formulación, el tipo o características del producto y el sistema de aplicación. Así, por ejemplo, para la formulación de recubrimientos en productos hortofrutícolas es recomendable utilizar como ingrediente principal proteínas vegetales, derivados de celulosa o pectinas ya que están dentro de la misma categoría de producto y al mismo tiempo evitan las alteraciones como el pardeamiento y alargan la vida útil (Carreres, 2020, p. 14).

1.5.3. Justificación Práctica

La producción agroindustrial en el Ecuador ha ido desarrollándose de manera sostenible. Sin embargo, es necesario buscar alternativas que mejoren la productividad, minimicen los costos e incrementen el rendimiento de productos a los que se les podrá dar valor agregado para obtener mayor rentabilidad, así como el incremento significativo en la pérdida de productos vegetales debido a prácticas inadecuadas en el momento de la cosecha y los productos derivados del acondicionamiento y posterior procesamiento afectan significativamente las propiedades del producto. La calidad, también afecta la rentabilidad de la industria requiere una mayor nutrición para la humanidad., (Agboola, 2017, p. 16).

La presente investigación representa un gran avance en el desarrollo de la agroindustria con el cual se pretende mejorar el manejo postcosecha de productos hortofrutícolas a través de los recubrimientos comestibles. El fruto del tomate de árbol, como sistema biológico respira, transpira y libera etileno, y una vez cosechado manifiesta una serie de cambios fisicoquímicos, sensoriales y bioquímicos que generan el deterioro del fruto. Los recubrimientos comestibles

actúan formando una capa delgada directamente sobre la superficie del fruto como una envoltura protectora y no afectan el sabor natural del alimento incluso pueden mejorar la consistencia y otras propiedades organolépticas del mismo. Estudios demuestran que la inclusión de aceites esenciales de mandarina en la conservación de alimentos permite que el conservante sea digerible y degradable, lo que favorecería a la digestibilidad de una conserva de fruta en caso de querer darle un valor agregado al fruto.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Incrementar el tiempo de conservación del *Solanum betaceum* (tomate de árbol), mediante el uso de tres recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina (*Citrus unshulu*).

1.6.2. Objetivos Específicos

- Elaborar y aplicar tres recubrimientos comestibles (almidón de papa, alginato y colágeno liofilizado), enriquecido con aceite esencial de mandarina al 1% en comparación de un tratamiento testigo para incrementar el tiempo de conservación del *Solanum betaceum* (tomate de árbol).
- Calcular la vida de anaquel de cada tratamiento en base a los resultados microbiológicos (mohos y levaduras; recuento total), análisis físico químico (grados brix y acidez) y pruebas organolépticas (colorimetría y textura).
- Determinar los costos de producción y la rentabilidad calculando la relación de beneficio costo en cada uno de los tratamientos.

1.7. Hipótesis

- Ho: La aplicación de diferentes recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina en el tomate de árbol (*Solanum betaceum*), no modifican el tiempo de conservación.
-
- H1: La aplicación de diferentes recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina en el tomate de árbol (*Solanum betaceum*), si modifican el tiempo de conservación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes del problema

De acuerdo con (Rojas, 2006, p. 23), las coberturas comestibles están siendo consideradas como una estrategia para reducir los efectos perjudiciales que inflige el procesado mínimo en los tejidos vegetales de frutas frescas cortadas. Así, la barrera artificial semipermeable que constituye una cobertura polimérica contribuye a la extensión de la vida útil del producto al reducir la migración de humedad y de solutos, el intercambio de gases, la respiración, y otras reacciones oxidativas, disminuyendo así los desórdenes fisiológicos, (Badui, Química de los alimentos, 2018, p. 63).

El uso de recubrimientos comestibles (RC) y películas comestibles (PC) sobre el tejido cortado de la fruta constituye una interesante alternativa, ya que su aplicación favorece el control de los procesos respiratorios típicos de los tejidos vivos, controla los procesos de deshidratación, permite el transporte de agentes antioxidantes, la incorporación de compuestos antimicrobianos y más recientemente, la incorporación de otras sustancias que podrían mejorar las características del producto final, tales como nutrientes y hasta microorganismos benéficos (Badui, Química de los alimentos, 2018, p. 63).

Dentro de las principales ventajas del uso de RC en frutas frescas cortadas se encuentran una mejor retención del color, ácidos, azúcares y componentes del sabor, una reducción de la pérdida de agua, una disminución de los desórdenes metabólicos durante el período de conservación, una forma de soporte de otros compuestos, una indiscutible reducción en el uso de envases sintéticos y un mantenimiento de la calidad durante el almacenamiento, (Cando, 2013, p. 26).

El uso de RC constituye un nuevo enfoque de conservación para frutas frescas cortadas ya que pueden modificar el intercambio gaseoso del fruto, controlar la pérdida de agua y por ende la deshidratación superficial de los tejidos vivos, ser buenos portadores de agentes conservantes, además de ser una alternativa de envasado natural y biodegradable, lo que lo convierte en una técnica innovadora para la conservación de la calidad y extensión de la vida útil de este tipo de alimento (Badui, Química de los alimentos, 2018, p. 63).

(Andrade J. &, 2013, p. 14), señaló que en el departamento de Nariño se estiman considerables pérdidas en cantidad y calidad de la producción hortofrutícola, debido al corto periodo de vida útil generado en gran medida por la ausencia de sistemas de protección, lo que ha conducido a la

baja competitividad de esta cadena de valor, limitando seriamente su desarrollo y afectando directamente la economía de los productores. Por lo tanto, se evaluó la viabilidad de utilizar cera de Laurel Morella pubescens, como materia prima para la elaboración de un recubrimiento comestible con el fin de prolongar la vida útil de los frutos.

A fin de determinar el mejor recubrimiento se estudiaron nueve formulaciones, en las que se mantuvo constante la cantidad de cera y de los aditivos utilizados, evaluando la proporción de almidón y agua, mediante un diseño de superficie de respuesta factorial 32, cuyo análisis llevó a la optimización de la formulación. El recubrimiento obtenido se probó sobre la calidad del tomate de árbol, mediante pruebas fisicoquímicas, cuyos resultados se analizaron con un diseño experimental de un factor categórico por comparación de muestras, a través de la diferencia de medias de Fisher, (Andrade J. &, 2013, p. 14).

El análisis estadístico mostró un mejor comportamiento en pérdida de peso, transpiración, firmeza, índice de madurez y de respiración en las muestras recubiertas con respecto a los testigos, reflejados en un incremento del 25% en el tiempo de vida útil del tomate de árbol, demostrando así la viabilidad de la cera de laurel como componente de recubrimientos comestibles. Por lo tanto se concluye que el recubrimiento óptimo para frutos de tomate de árbol, se compone de una mezcla base integrada por: 3 g de cera de laurel, 0,5 g de aceite de oliva, 0,2 g de tween 80, 0,7 g de propilenglicol, 1 g de glicerol y 0,2 g de glucosa, que forman una emulsión con la matriz hidrocoloide, constituida por la dilución de 4,5 g de almidón en 32,8 g de agua, esta composición mantiene la estabilidad estructural brindando al revestimiento buenas características funcionales y mecánicas, (Dupas, 2017, p. 25).

El recubrimiento es una buena alternativa de conservación postcosecha del fruto de tomate de árbol *cypHomandra betacea cav. sendt.* debido a sus propiedades de barrera frente a la transferencia de agua, las cuales se ven reflejadas en la reducción de la pérdida de peso, una mayor firmeza y una buena apariencia del fruto incrementando su vida de anaquel en un 25% más con respecto a las muestras testigo expuestas a condiciones ambientales similares. El recubrimiento redujo los porcentajes de pérdida de peso en tres condiciones ambientales diferentes, lo que indica que puede ser utilizado en un rango de temperatura amplio, sin sufrir alteraciones que afecten su funcionalidad.

(Cruz I. &, 2017, p. 63), con la finalidad de prolongar el tiempo de vida útil del mango Kent (*Mangifera indica L.*) proveniente de Lambayeque se aplicó un recubrimiento comestible en base a mucilago de linaza y propóleo. Para tal fin se extrajo el mucílago de linaza utilizando agua en la proporción de 10:1, la cual se almacenó en forma de polvo, y luego para los ensayos fue

reconstituido con agua en la misma proporción. Se utilizó un extracto etanólico comercial. En la investigación se utilizó mangos en dos estadios de maduración: verde (tierno) y semi - verde (minino aceptable). Como testigo se empleó mangos sin ningún recubrimiento y mangos recubiertos con solo mucilago de linaza, (Newman, 2014, p. 42).

Los otros grupos fueron recubiertos con mucilago y con 3%, 5% y 7% de Propóleo. Todos los grupos formados se almacenaron durante 16 días a temperatura ambiental, que tuvo un valor promedio de 22°C. Para el estudio de la prolongación del tiempo de vida de los mangos se utilizó la variación de las propiedades físico - químicas más importantes: pH, acidez titulable, porcentaje de pérdida de peso y porcentaje de sólidos solubles totales (° Brix). La variación de las propiedades físico - químicas fue monitoreada cada dos días, hasta cumplir 16 días de almacenamiento (Badui, Química de los alimentos, 2018, p. 63).

La evaluación del recubrimiento de mucilago de linaza con propóleo demostró su eficacia en la conservación de los mangos en los dos estados de maduración (EM) en comparación con los mangos sin recubrimiento que fue usado como un primer testigo. Además, se determinó que la formulación de mucilago de linaza al 5% de propóleo dio los mejores resultados en la prolongación de la vida útil de los mangos Kent, (Newman, 2014, p. 42).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (saborizantes). En su gran mayoría son de olor agradable, aunque existen algunos de olor relativamente desagradable como por ejemplo los del ajo y la cebolla, los cuales contienen compuestos azufrados. Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes Compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanos (Cedeño, 2017, p. 39).

En su gran mayoría los aceites esenciales son de olor agradable, aunque existen algunos de olor relativamente desagradable como por ejemplo los del ajo y la cebolla, los cuales contienen compuestos azufrados Los aceites esenciales son muy inestables: volátiles, frágiles, y alterables

con la luz. Para obtenerlos de la fuente natural, se utilizan principalmente dos métodos como son destilación en corriente de vapor (o por arrastre de vapor) y por extracción, (Ruiz, 2020, p. 25).

2.2.1.1. Características de los aceites esenciales

Los aceites esenciales, en general, constituyen del 0,1 al 1% del peso seco de la planta. Son líquidos con escasa solubilidad en agua, solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos. Cuando están frescos, a temperatura ambiente, son incoloros, ya que al oxidarse se resinifican y toman un color amarillento oscuro (lo que se previene depositándolos en recipientes de vidrio de color topacio, totalmente llenos y cerrados perfectamente). La mayoría de los aceites son menos densos que el agua (salvo excepciones como los aceites esenciales de canela, sazafrán y clavo) y con un alto índice de refracción, (Ruiz, 2020, p. 25)

En cuanto a su composición química, a excepción de las esencias derivadas de heterósidos (como la de las almendras amargas y mostaza), son generalmente mezclas complejas de constituyentes muy variables que pertenecen, de forma casi exclusiva, al grupo de los terpenos y, en menor medida, al grupo de los compuestos aromáticos derivados del fenilpropano (aldehído cinámico, eugenol, anetol, aldehído anísico y safrol, entre otros), (ONU, 2020, p. 26)

Los compuestos terpénicos están formados por unidades de isopreno (5 carbonos), que pueden ser monoterpenos (10 carbonos) y sesquiterpenos (15 carbonos). Estos monoterpenos y sesquiterpenos pueden ser, a su vez, acíclicos, monocíclicos y bicíclicos, y también oxigenados y no oxigenados. Algunos aceites son casi monomoleculares, ya que poseen casi en exclusiva un solo componente, otros son ricos en 2-3 moléculas. Pero la mayoría son polimoleculares, puesto que contienen 3-4 moléculas mayoritarias, un cierto número de moléculas minoritarias y, en ocasiones, centenares de moléculas diferentes que sólo están presentes en trazas (Newman, 2014, p. 42).

2.2.1.2. Propiedades físicas de los aceites esenciales

Los aceites esenciales cumplen un rol ecológico en el planeta como atractivos de polinizadores y dispersores de frutos y semillas, las principales propiedades físicas de los aceites esenciales son su olor pronunciado y penetrante; el sabor cáustico, irritante y concentrado, a veces dulce o amargo, o el sabor aromático y sensación de fármaco; su densidad suele ser inferior a la del agua, salvo los de canela, clavo de olor y sazafrán, con una densidad superior a la unidad, (Amaya P. &, 2010, p. 26).

Los aceites esenciales son ópticamente activos; de peso específico de 0,8 a 2,0 g/cm³ a temperatura de 15 °C; con punto de ebullición de 150 a 300 °C; índice de refracción de 1,45 a 1,5 son volátiles, lo que significa que pasan fácilmente del estado líquido al estado gaseoso a temperatura ambiente o algo mayor. Además, se alteran fácilmente bajo la acción de la luz, tornándose oscuros y modificando su perfume, son solubles en los aceites, alcohol, éter de petróleo, tetracloruro de carbono y demás solventes orgánicos; e insolubles en agua, aunque le transmiten su perfume, una característica importante es que son inflamables, (Dupas, 2017, p. 16).

Son generalmente destilables por arrastre con vapor de agua y contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas. Algunos tienen colores y sabor agradable. Son de aspecto oleoso, pero no son del todo aceitosos, sino que son un fluido como agua. La ruptura de las glándulas del aceite esencial, o simplemente la exposición al calor, ayudará a emitir estos olores de esencias volátiles, (Badui, Química de los alimentos, 2018, p. 35)

2.2.1.3. *Química y principales componentes de los aceites esenciales*

Los aceites esenciales están constituidos por los siguientes componentes que se describen a continuación, propuestos por los autores, (Wang, 2018, p. 29)

- Terpenos o terpenoides: son las sustancias más abundantes en el mundo de los productos naturales. Éstos ofrecen diversidad sensorial que pueden variar desde un suave herbal hasta floral o frutal muy intenso. Pueden reestructurarse e isomerizarse por incidencia de la luz, causando oxidaciones y polimerizaciones. Los terpenos oxigenados se identifican también en frutas; de ellos los más frecuentes son el linalool, nerol, geraniol y citronelol e igualmente pueden presentar isomería enantiomérica.
- Ácidos libres: son compuestos químicos que presentan aroma diferente, éste puede variar desde ligeramente picante a rancio, dependiendo de lo largo que sea la cadena carbonada. Ácidos de cadena muy corta, como el ácido acético, son ejemplo de sabor y aroma picante, mientras que el butírico y el hexanoico en la mantequilla presentan aroma a rancio. Además, los ácidos insaturados o de cadena ramificada con 8 a 10 átomos de carbono, producen olores desagradables, como ocurre en la carne de cordero. Sin embargo, ácidos con menos carbonos tipo C₆, como el ácido 2-hexenoico y el ácido 3-hexenoico, son muy aromáticos, aun en bajas concentraciones, y se asocian al olor de la frambuesa.
- El ácido cinámico y sus derivados son constituyentes aromáticos que se han identificado en frutas y en especias, algunas veces en cantidades apreciables, como en la canela, que también

es rica en cinamaldehído. La composición de los ácidos en frutas, hortalizas y especias se asocia al grado de madurez.

- Alcoholes: en Aceites Esenciales se tiene grupos alcohólicos unidos a los siguientes compuestos o familias de compuestos; alifáticos, monoterpenoles, sesquiterpenoles y aromáticos (fenoles). Los alcoholes terpénicos monoinsaturados se forman por medio de los procesos de hidratación de los p-mentadienos; se pueden distinguir varios grupos isoméricos: pulegoles, isopulegoles, terpineoles, etc.
- Los alcoholes son compuestos que presentan aroma más fuerte que los aldehídos y se producen en alta concentración en procesos de fermentación benéficos para la producción de vinos, pero indeseables en alimentos que tienen actividad acuosa muy alta, como en fruta fresca que se requiere almacenar. Sin embargo, también pueden estar presentes como una característica de la composición del aroma de una flor o fruto.
- Fenoles y sus derivados: en los aceites esenciales, los compuestos responsables del aroma se encuentran haciendo parte compuestos fenólicos simples y fenoles enlazados glicosídicamente. En los compuestos fenólicos simples, se tienen el ácido vainílico, ácido gálico, ácido cumárico, ácido cafeico y el hidroxitirosol. Se les considera como constituyentes provenientes del aroma secundario, debido principalmente a transformaciones fisicoquímicas de diversos compuestos, que, por la acción de levaduras y bacterias, o por extracción de sustancias presentes en la madera, comunican un aroma específico, como en el vino. Algunos de ellos son, por ejemplo, el vinil guayacol, eugenol, siringol y guayacol. El contenido en compuestos fenólicos depende de la variedad de la uva o del fruto, así cultivado y como del grado de madurez del momento de la recolección de la cosecha. También se les considera como provenientes de procesos como el ahumado. En carnes y quesos se ha comprobado que se forman por degradación de la lignina. Igualmente, en frutas empacadas, que se han abierto o se han refrigerado por mucho tiempo, y que por oxidación pueden llegar a formar ácido ferúlico, generando aroma y sabor a viejo. También se han identificado en frutas, hojas y vinos como constituyentes enlazados glicosídicamente.

2.2.1.4. *Métodos de extracción de los aceites esenciales*

Los aceites esenciales sufren degradación química del aire, en presencia de la luz solar, del calor, de los ácidos, y álcalis fuertes, son solubles en disolventes orgánicos, casi inmiscibles en disolventes polares asociados como son el agua y el amonio, se extraen de los tejidos vegetales mediante diversos procedimientos físicos y químicos según la variedad de la planta, condiciones

de cultivo, época de recolección, partes de la planta, manejo del material vegetal, métodos de obtención y almacenamiento, actividad biológica, propiedades organolépticas, aplicación, cantidad, pureza y estabilidad del aceite esencial que se pretenda obtener. Siendo precisamente la correcta aplicación del método de extracción lo que determinará en mayor medida la calidad del producto, (Araújo, 2020, p. 36).

- **Procesos de extracción para cítricos:** Los métodos directos se aplican principalmente a los cítricos, porque sus aceites están presentes en la corteza de la fruta, y el calor de los métodos de destilación pueden alterar su composición. El aceite de los cítricos está contenido en numerosas celdillas distribuidas regularmente en el epicarpio. Al exprimir la corteza se rompen las celdillas y emerge el aceite que se recolecta en forma inmediata como un líquido turbio con el agua de las células, para evitar que sea absorbido por la corteza esponjosa que resulta después de este tipo de procesos. Por esta razón todas las máquinas que procesan cítricos cuentan con un sistema de aspersión de agua que moja constantemente la superficie del fruto. Finalmente, el aceite se separa y clarifica por decantación, centrifugación, filtración u otros métodos
- **Destilación por vapor de agua:** La destilación por vapor de agua, o arrastre por vapor de agua, es la técnica más habitual para obtener aceites esenciales. Es la única técnica autorizada por la Farmacopea Europea, junto con el prensado en frío para extraer aceites esenciales de las cáscaras de los cítricos. El alambique fue inventado por los Faraones y perfeccionado por la civilización árabe. Consiste en general en una cuba de metal inerte como el cobre o el acero inoxidable, con un tamiz en el fondo para que las plantas no entren en contacto directo con el agua, El vapor generado atraviesa la planta y extrae las microgotas del aceite esencial. Este vapor de agua aromático se enfría en un serpentín mediante un circuito de agua fría. A la salida del serpentín, se obtiene una mezcla de agua aromática y aceite esencial. El aceite esencial, de menor densidad que el agua, flota, lo que permite recuperarlo por la diferencia de densidad mediante un vaso florentino o esenciero. El aceite esencial se separa del agua de destilación, el hidrolato (también llamado agua floral para las flores)

2.2.1.5. *Principales usos de los aceites esenciales*

El consumo de aceites esenciales en la industria es muy variado y se emplean como aromatizantes, ambientadores y artículos de limpieza. Además, se emplean en la elaboración de jabones, champús, licores, cremas, desodorantes y hasta alimentos. La gama de las industrias que utilizan los aceites esenciales o sus subproductos es amplia y variada, (Ciro, 2016, p. 26)

La industria alimentaria es una de las que más aceites esenciales requiere, este tipo de elementos se encuentran en productos como aceites, vinagres, encurtidos y embutidos. En la confitería se utilizan para saborizar y aromatizar productos como son los caramelos y chocolates. También se utilizan en la preparación de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, en refrescos y helados. Otro de sus usos es como aditivos naturales entre los cuales se consideran los saborizantes, colorantes, antioxidantes o conservantes. (Azar, 2017, p. 28).

Esto se da debido a que el crecimiento de microorganismos de deterioro reduce la vida útil del alimento, mientras que el crecimiento de microorganismos patógenos pone en peligro la salud. Muchos compuestos naturales que se encuentran en diferentes plantas comestibles y medicinales han demostrado tener actividad antimicrobiana y, por tanto, potencial como fuente de agentes antimicrobianos frente a patógenos y bacterias de deterioro, tanto en alimentos procesados como sin procesar, reduciendo así la velocidad del crecimiento microbiano o su viabilidad, (Lee, 2004, p. 32).

Los aceites esenciales se han utilizado extensamente desde la edad media en aplicaciones como bactericidas, fungicidas, antiparasitarios, insecticidas, medicinales y en cosmética. En general los aceites esenciales son más efectivos frente a bacteria Gram Positivas que Gram-negativas. Una característica importante de los aceites esenciales es su hidrofobicidad, lo que les permite que se repartan en los lípidos de la membrana celular y mitocondrias, perturbando las estructuras y haciéndolas más permeables, así puede ocurrir la fuga de iones y otros contenidos celulares, (Vagui, 2015, p. 25)

2.2.2. *Mandarina (Citrus reticulata)*

Los cítricos son uno de los frutos más expandidos alrededor del mundo entero. Dentro de ellos se encuentra la mandarina así como sus diversas variedades. Su cómoda forma de consumo al natural sumado a un gusto exquisito, con un aporte de dulzor sutil y una baja incidencia de acidez hacen que esta se encuentre entre los cítricos con mayor aceptación. La clasificación taxonómica de la mandarina se describe a continuación en los siguientes apartados por (Badui, Química de los alimentos, 2018, p. 34)

- Reino: *Plantae*
- División: *Angiospermae*
- Clase: *Magnoliopsida*
- Orden: *Sapindales*
- Familia: *Rutaceae*

- Género: *Citrus*
- Especie: existen numerosas especies: *Citrus reticulata*, *C. unshiu*, *C. reshni* (clementinas, satsumas y comunes).

En cuanto a su morfología es un árbol con un tamaño menor que el naranjo y algo más redondeado. Su raíz es sólida, blanca y, bajo condiciones de cultivo, posee gran cantidad de pelos radiculares. Se caracteriza por poseer hojas unifoliadas y de nerviación reticulada, con alas rudimentarias pequeñas, sus flores solitarias o en grupos de 3 o 4 y con un fruto tipo hesperidio. Existen variedades muy semilladas y otras partenocárpicas, en la tabla 1-2 se indica la composición nutricional de la mandarina (Alapont, 2020, p. 23).

Tabla 1-2: Componente Nutricional de la Mandarina.

Energía	Potasio	Vitam. A
44,70 Kcal	150,00 mg	64,99 µg
Proteínas	Fósforo	Vitam. B1
0,63 g	20,00 mg	0,06 mg
Hidratos	Fibra	Vitam. B2
9,20 g	1,80 g	0,03 mg
Agua	Grasa	Vitam. B3
88,20 g	0,20 g	0,41 mg
Calcio	Colesterol	Vitam. B6
34,53 mg	0,00 mg	0,08 mg
Hierro	AGS	Vitam. B9
0,30 mg	0,02 g	21,83 µg
Yodo	AGM	Vitam. B12
0,00 µg	0,03 g	0,00 µg
Magnesio	AGP	Vitam. C
10,91 mg	0,04 g	32,02 mg
Cinc	Carotenos	Vitam. D
0,09 mg	54,61 µg	0,00 µg
Selenio	Retinol	Vitam. E
2,40 µg	0,00 µg	0,29 µg
Sodio		
1,10 mg		

Fuente: (Alapont, 2020, p. 23).

2.2.2.1. Composición química

La mandarina aporta cantidades importantes de vitamina C. Aunque contiene menos de esta vitamina que la naranja, supera a todos los cítricos en ácido fólico que favorece la producción de glóbulos rojos y blancos. El aporte de provitamina A es considerable y superior al de las naranjas.

Es destacable su composición en criptoxantina como es el caroteno, un compuesto que además de transformarse en vitamina A, en nuestro organismo, tiene propiedad antioxidante, por lo que se le atribuye una acción preventiva frente al cáncer y enfermedades cardiovasculares (Cardenas, 2020, p. 25).

El contenido del resto de vitaminas, minerales y fibra es apreciable. También posee ácido cítrico y ácido málico, responsables del sabor ácido, pero en menor cantidad que la naranja. Además, la mandarina contiene flavonoides (hesperidina, neohesperidina, nobiletina, tangeritina). Concretamente, respecto a la hesperidina (flavanona), algunos estudios indican que posee efectos antiinflamatorios, analgésicos, hipolipidémicos, antihipertensivos y diuréticos en animales de experimentación, (Agusti F. , 2018, p. 42).

Tabla 2-2: Análisis proximal de los cultivos de mandarina (*Citrus reticulata*) cultivados en el Ecuador

Análisis	Por 100 gramos de porción comestible	Por unidad (85 g)
Contenido de humedad, %	88,3	54
Contenido de fibra, %	1,9	1,2
Contenido de proteína, %	0,8	0,5
Contenido de lípidos totales, %	-	-
Hidratos de carbono, %	9	5,5
Calcio, mg	36	22
Hierro, mg	0,3	0,2
Yodo, mg	-	-
Magnesio, mg	11	6,7
Zinc, mg	0,4	0,2
Sodio, mg	2	1,2
Potasio, mg	160	97,9
Fósforo, mg	17,2	10,5
Selenio, mg	-	-
Tiamina, mg	0,07	0,04
Riboflavina, mg	0,02	0,01
Vitamina B ₁₂ , mg	0,3	0,2
Vitamina C, mg	35	21,4
Vitamina A, mg	56	34,3
Vitamina D, mg	-	-

Fuente: (Nuñez, 2016, p. 26)

Al igual que otras frutas cítricas, la mandarina también posee sustancias volátiles responsables de su aroma (limonoides) localizadas en la corteza, un tipo de terpenos entre los que cabe destacar el d-limoneno, un importante agente anticancerígeno, cuya efectividad terapéutica está siendo probada en pacientes de cáncer a los que se les administra oralmente, (Nuñez, 2016, p. 26)

2.2.3. *Recubrimientos Comestibles*

Un recubrimiento comestible (RC), se puede definir como una matriz transparente continua, comestible y delgada, que se estructura alrededor de un alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento con el fin de preservar su calidad y servir de empaque (Alapont, 2020, p. 46)

Por otra parte, una película comestible (PC) es una matriz preformada, obtenida por moldeo, cuyo espesor es siempre es mayor al de los RC. Dichas soluciones formadoras de la película o recubrimiento pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de éstos. A pesar de sus diferencias, ambas proceden de igual manera frente a diversas sustancias que actúan sobre el alimento como barrera frente al transporte de gases y vapor de agua durante su conservación, (Carreres, 2020, p. 19)

Un Recubrimiento comestible (RC) o película comestible (PC), es un material de envoltura llamado también empaque, es de consistencia delgado empleado en la industria de alimentos y que puede ser consumido como parte del mismo, sin riesgo a una enfermedad o intoxicación al ser un material tóxico, debido a que proviene de polímeros biodegradables, no tóxicos y que ayudan a incrementar la calidad de los alimentos durante su conservación, las películas y recubrimientos deben presentar ciertas exigencias funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir, algunas de estas ventajas y propiedades son, (Cruz I. &, 2017, p. 25):

- Ser libres de tóxicos y seguros para la salud.
- Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.
- Ser protectores de la acción física, química y mecánica.
- Presentan propiedades sensoriales: deben ser transparentes y no ser detectados durante su consumo.
- Mejoran las propiedades mecánicas y preservan la textura.
- Prolongan la vida útil de alimentos a través del control sobre el desarrollo de microorganismos.

- Pueden regular distintas condiciones de interfase o superficiales del alimento, a través del agregado de aditivos como antioxidantes, agentes antimicrobianos y nutrientes.
- Presentan propiedades de barrera como transferencia de distintas sustancias, adecuada permeabilidad al vapor de agua, solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles, desde el alimento hacia el exterior y viceversa, (Villarroel, 2019, p. 36).

Dichos recubrimientos al controlar transferencia de humedad, gases, y compuestos volátiles, han demostrado la capacidad de mejorar la integridad y la calidad de los alimentos, además de prolongar su vida de almacenamiento. Sin embargo; al recubrir un fruto u hortaliza para retardar la pérdida de humedad, es necesario que exista una cierta permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono para evitar una respiración anaeróbica que podría inducir desórdenes fisiológicos y una pérdida rápida de la calidad y vida de anaquel en los mismos. También, las PC y RC pueden admitir y transportar ingredientes funcionales tales como antioxidantes, antimicrobianos, nutrimentos, sabores y colorantes para destacar la calidad, funcionalidad y seguridad de los alimentos, siendo esta actualmente una de las características más importantes en el uso de cubiertas, (Carreres, 2020, p. 19).

2.2.3.1. Composición de películas y recubrimientos comestibles

Las películas comestibles (PC) y los recubrimientos comestibles (RC), pueden ser elaborados a partir de una gran variedad de polisacáridos, proteínas y lípidos, solos o en combinaciones que logren aprovechar las ventajas de cada grupo, dichas formulaciones pueden incluir, conjuntamente plastificantes y emulsificantes que se utilizan de diversa naturaleza química con la finalidad de ayudar a mejorar las propiedades finales de la película o recubrimiento. Las mismas presentan bondades como comestibilidad, dureza, transparencia, buenas propiedades de barreras contra el oxígeno y vapor de agua (Villarroel, 2019, p. 36).

Los polisacáridos y las proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas, esta les confiere buenas propiedades mecánicas y de barrera a gases (O_2 y CO_2), por lo cual retardan respiración y envejecimiento de muchas frutas y hortalizas. Los polisacáridos son los hidrocoloides más utilizados en la industria alimenticia, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Sin embargo; una desventaja que presentan es que son hidrónicos y, por lo tanto, constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad. Los utilizados en la formación de recubrimientos comestibles son: las pectinas de alto y bajo metoxilo, la celulosa y sus derivados, el alginato, el quitosano, la dextrina, el carragenato, y la goma arábiga, entre otros (Crick, 2016, p. 26).

Los lípidos se caracterizan por ser hidrofóbicos y no poliméricos, presentando excelentes propiedades de barrera frente a la humedad, sin embargo, su falta de cohesividad e integridad estructural hace que presenten malas propiedades mecánicas formando recubrimientos quebradizos; sin embargo, reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior y pueden mejorar el brillo y la apariencia de muchos de los alimentos. Dentro del grupo de lípidos aplicados a recubrimientos y películas comestibles se pueden mencionar las ceras como es el caso de la que proviene de las abejas, candelilla y carnauba, resinas, monoglicéridos, diglicéridos y los ácidos grasos tales como el ácido esteárico, palmítico, láurico y oleico, entre otros, (Rico, 2016, p. 26).

Otros componentes de gran importancia en la elaboración de recubrimientos comestibles son los plastificantes y emulsificantes. En el caso particular de los plastificantes (moléculas pequeñas de bajo peso molecular), se adicionan con el objetivo de mejorar la flexibilidad y funcionalidad de los recubrimientos, haciéndolos menos frágiles. Dentro de los agentes plastificantes más utilizados se encuentran: el glicerol, ácidos grasos, sorbitol, aceites, ceras y otros, mientras que, los emulsificantes favorecen la dispersión del lípido en la matriz hidrocóide y reducen la actividad de agua superficial, además también se emplea la adición de antioxidantes a fin de mejorar las propiedades y la capacidad de las cubiertas, (Ortuño, 2016, p. 21).

2.2.3.2. *Conservación de frutas y hortalizas mediante recubrimientos comestibles*

El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que crean una barrera física a los gases, permitiendo modificar la atmósfera interna de la fruta y de esta manera retardar la maduración y senescencia. El desarrollo de recubrimientos a base de polisacáridos ha conllevado un incremento significativo en la industria alimenticia por las variedades de aplicaciones que estos confieren y en la magnitud de productos que pueden ser tratados, entre los polisacáridos más utilizados en la elaboración de PC y RC se encuentran los derivados de la celulosa, el almidón, quitosano, alginato, carragenina, pectina, entre otros. Ellos presentan una interesante alternativa debido a su fácil procesamiento, bajo costo, abundancia, no tóxico, y fácil manipulación, lo que ayudaría a las necesidades de alcanzar una agricultura sostenible, (Andrade J. &, 2013, p. 23)

Sin duda uno de los avances de mayor interés actual y perspectivas de futuro es la utilización de polímeros comestibles y biodegradables obtenidos a partir de macromoléculas de origen natural. Aunque el uso de biopolímeros parece algo novedoso, la realidad es que ya se empleaban en la antigüedad, aunque quizás con otra perspectiva. Durante los siglos trece y catorce, ya se practicaba en China el recubrimiento de naranjas y limones por inmersión en ceras para retardar

la pérdida de agua y con igual fin se recubría la carne con manteca en Inglaterra en el siglo dieciséis y desde 1930 en Estados Unidos se empezó a utilizar comercialmente la cera en naranjas y manzanas para mejorar su presentación y calidad, reducir la pérdida de agua o aplicar fungicidas superficiales para retardar sus modificaciones, (Pedrero, 2017, p. 52)

La utilización de recubrimientos comestibles favorece la formación de una membrana semipermeable, la cual ayuda a mejorar las características físicas como el brillo y la textura de la corteza tanto en frutas como hortalizas. La elaboración de los recubrimientos es muy diversa, los materiales fundamentalmente utilizados en su elaboración son proteínas, polisacáridos y lípidos que presentan características propias que favorecen en distintos aspectos a determinados alimentos, del mismo modo los recubrimientos pueden incluir ingredientes como agentes antioxidantes, nutrientes adicionales, compuestos antimicrobianos y otros componentes que aumentan la inocuidad, funcionalidad y aceptabilidad del producto, (Bigi, 2016, p. 41)

2.2.3.3. Tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

El tomate árbol *Solanum betaceum* (Cav) es una especie nativa de los Andes cuya domesticación y cultivo son anteriores al descubrimiento de América. Fue una especie cultivada por los antiguos habitantes del Perú y forma parte de los alimentos que fueron desplazados, luego de la llegada de los españoles, es un arbusto de unos tres metros de altura, que precisa de suelos fértiles, húmedos, resguardados del viento y el frío, en la figura 1-2, se ilustra las diferentes variedades de tomate de árbol cultivadas en el Ecuador (Fernández, 2015, p. 29)



Figura 1-2: Diferentes variedades de tomate de árbol (*Solanum Betaceum*) cultivadas en el Ecuador

Fuente: (Lee, 2004, p. 51)

El tomate de árbol *Solanum betaceum*, tiene centro de origen en Sudamérica, extendiéndose por Venezuela, Colombia, Perú, Ecuador, Chile, Bolivia y el noroeste de Argentina. En el siglo XIX se difundió por todos los continentes a través de la franja subtropical del mundo. La producción comercial se está desarrollando hace apenas unos años, por países como Colombia, Ecuador, Perú, Sudáfrica, India y Nueva Zelandia, existen diversos tipos de frutos que se caracterizan por una diferente coloración. Los de piel más rojiza son más dulces que los de piel amarilla, en los que el sabor agrídulce está más marcado, (Lee, 2004, p. 51)

En Ecuador, el tomate de árbol, ocupa una superficie de cerca de 5000 ha, localizadas en los valles interandinos de Carchi, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja, registrando rendimientos de 60 a 80 t/ha*año de fruta. Se cultiva en altitudes de 2000 a 2800 m, con temperaturas medias entre 13 y 24 °C; la mayor superficie cultivada se ubica en áreas comprendidas entre 2000 y 2500 m en las provincias serranas y, entre 100 a 1500 m en provincias orientales donde la planta es más susceptible a plagas. La clasificación taxonómica del tomate de árbol se describe a continuación en los siguientes apartados, (Parzanese, 2020, p. 15).

- Reino: *Plantae*
- División: *Angiospermae*
- Clase: *Magnoliopsida*
- Orden: *Solanales*
- Familia: *Solanaceae*
- Género: *Solanum*
- Especie: *Solanum betaceum*
- Nombre común: tomate árbol

El tomate de árbol es una planta arbustiva de tallos semi - leñosos. Presenta una forma erecta y se ramifica naturalmente a una altura que varía entre 1,5 m y 2 m -con la copa alcanza 3 m de altura. De hojas persistentes y follaje siempre verde; tiene hojas alternas, enteras, en los extremos de las ramas, con pecíolo robusto de 4 a 8 cm de longitud. Limbo de 15 a 30 cm de longitud, con forma ovalada, acuminado, de color verde oscuro, un poco áspero al tacto. Las hojas jóvenes, con fina pubescencia en ambas caras. La nerviación es marcada y sobresaliente, (Cando, 2013, p. 52)

Esta planta presenta inflorescencias en las bifurcaciones de las ramas, en cimas corimbiformes o umbeliformes compuestas de cimas de 3 a 5 inclusive a veces más. Tiene pedúnculos de 2 a 8 cm, de longitud con ejes secundarios de 3-6 cm, llevando de 10 a 14 flores. Las flores son de tamaño pequeño, de 1,3 a 1,5 cm de diámetro, hermafroditas actinomorfas con cáliz acampanado, con cinco pétalos de color blanco-rosáceo, la piel es lisa, de color rojo o anaranjado en la madurez,

con estrías de color más claro. La pulpa es jugosa, algo ácida, de color naranja, a roja, con numerosas semillas. (Manzano, 2005, p. 28)

La pulpa tiene cinco estambres, con filamentos de apenas 1 mm y anteras amarillas y gruesas de 5 mm de longitud. El estilo es algo más largo que las anteras, con estigma apenas engrosado. El fruto es una baya de forma ovoide-apiculada que presenta una coloración verde cuando está inmadura y naranja, roja, morada cuando madura. Pertenece al grupo de frutas semi-ácidas. La longitud varía entre 4,5 y 7 cm. En su parte más ancha mide entre 3 y 4 cm. El peso promedio varía entre 40 y 70 g. Tiene una piel fina, lisa y resistente al transporte y una cutícula de sabor amargo. La pulpa es muy jugosa, de color anaranjado, de sabor agridulce (algo ácida), agradable y muy particular. En el fruto se encuentran numerosas semillas, entre 300 y 500, (Cando, 2013, p. 52).

2.2.3.4. *Aspectos reproductivos del tomate de árbol*

El tomate de árbol se puede propagar sexualmente (por semillas), mediante el establecimiento de semilleros y asexualmente (vegetativamente), mediante la obtención de estacas, acodos, ramas o injertos. La multiplicación se realiza principalmente por semillas que se extraen de frutos maduros. Se colocan en un recipiente cubiertos con agua y se deja fermentar durante dos días, esto asegura que la semilla quede libre de patógenos externos adheridos al tegumento seminal. Posteriormente, se procede a lavar las semillas colándolas con abundante agua. El proceso culmina esparciendo las semillas sobre un papel secante dejándolas a la sombra, durante uno a dos días, (Barrazueta S. &., 2018, p. 25)

Luego, se colocan en un almácigo este proceso puede demorar desde una semana a un mes para germinar, ya que las semillas poseen inhibidores. Cuando las plantas poseen 5 cm se realiza el repique a macetas de un volumen aproximado de 5 lt, en esta etapa se tendrán los cuidados necesarios en lo que hace a riegos y luminosidad para un desarrollo óptimo del plantín. Cuando éste llega a 50 cm está listo para trasplante en terreno definitivo. La multiplicación por estacas es factible, pero debe recordarse que se obtendrán plantas de raíces débiles y corta vida útil, (Cheftel, 2016, p. 42)

2.2.3.5. *Características químicas y nutricionales del tomate de árbol*

El fruto de tomate árbol tiene alto contenido de macronutrientes como el potasio, fósforo, magnesio y micronutrientes como hierro y zinc. Además, esta fruta tiene una alta actividad como antioxidante natural en relación a otras frutas. La pulpa de tomate de árbol presenta además minerales (calcio, fósforo y potasio), carbohidratos (fructosa, fibra dietaria), ácido gamma amino

butírico, el cual se ha asociado a reducción de la presión arterial y compuestos con capacidad antioxidante como licopeno, polifenoles y antocianinas, (Ciro, 2016, p. 51)

Es importante recordar que las antiguas civilizaciones de América del Sur, entre las cuales se encuentra la región del norte argentino, utilizaron este fruto como un componente fundamental de su dieta hasta que fue reemplazado por otros frutos introducidos. Si comparamos el tomate de árbol con otras frutas de consumo masivo, el contenido de proteína es superior a las demás. También tiene un alto contenido de calcio, fósforo y hierro. También se destaca por sobre las demás frutas el contenido del grupo de vitaminas B1, B2 y B3; así también, su considerable contenido en vitamina C. En la tabla 1-3 se muestran los principales componentes químicos que tiene el tomate de árbol de dos especies diferentes, tabla 3-2, se indica el Análisis proximal de diferentes especies de tomate de árbol cultivados en el Ecuador. (Cheftel, 2016, p. 42).

Tabla 3-2: Análisis proximal de diferentes especies de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) cultivados en el Ecuador.

Análisis	Tomate tipo amarillo		Tomate tipo morado
Contenido de humedad, %	87,16		89,21
Contenido de cenizas, %	0,81		0,8
Contenido de proteína, %	0,2		0,14
Ph	3,76		3,45
Vitamina C (mg/100gr)	33		28
Contenido de azúcares Totales, %	8,58		4,49
Caroteno, mg	0,67		-
Tiamina, mg	0,10		0,05
Riboflavina, mg	0,03		0,03
Ácido ascórbico, mg	29,0		25,0
Niacina, mg	1,07		1,1
Calcio, mg	9,00		6,0
Fósforo, mg	41,0		22,0
Hierro, mg	0,90		0,4
Contenido de azúcares, %	Fructosa	1,64	1,34
	Glucosa	1,38	1,17
	Sacarosa	2,21	1,86
Contenido de ácidos orgánicos, %	Ácido Cítrico	7,22	9,19
	Ácido Málico	1,12	No detectado

Fuente: (Cheftel, 2016, p. 42).

2.2.4. Marco conceptual

2.2.4.1. Alginato

Es un término que se refiere a un grupo de polisacáridos presentes en las algas pardas, los cuales cuentan con una importancia especial para diferentes industrias (alimentaria, textil, farmacéutica, cosmética, entre otras), atribuida a su capacidad para formar geles fuertes en presencia de cationes calcio (Ca^{2+}), (Agboola, 2017, p. 26)

El alginato de sodio es la forma más comercializada de alginato y sus aplicaciones en la industria alimentaria hoy en día están generando avances en el desarrollo de nuevos e innovadores biomateriales con características únicas, tales como, propiedades de barrera contra la pérdida de humedad causada por la deshidratación en alimentos de alto contenido de humedad, soporte para el transporte de compuestos antimicrobianos y probióticos entre otros, para mantener la calidad de productos alimentarios en almacenamiento, (Bigi, 2016, p. 57).

En la actualidad el alginato ha experimentado un avance exitoso, especialmente en el desarrollo de tecnologías emergentes que comprenden: la generación de barreras en alimentos frescos y de humedad intermedia, apósitos biodegradables en el tratamiento de algunas patologías del ser humano, etc. Con respecto a la industria hortofrutícola, se ha diversificado el uso del alginato para el desarrollo de películas bio poliméricas con especial aplicación en sistemas de empaque, debido a la creciente preocupación por el uso y disposición de materiales de embalaje de alta persistencia en el ambiente, (Almeida, 2014, p. 41).

El alginato es utilizado en la elaboración de películas comestibles (PC) y recubrimientos comestibles (RC), los cuales tienen la propiedad de soportar estrés mecánico retener la humedad en productos altamente perecederos, producir cambios en la atmósfera de los productos recubiertos, disminuir el pardeamiento enzimático en alimentos mínimamente procesados, así como desórdenes fisiológicos, (Sarmiento, 2018, p. 16).

2.2.4.2. Almidón de papa

Constituye la principal fuente de almacenamiento de energía de la papa y su contenido varía según los cultivares y estado del crecimiento de la planta. El almidón es muy utilizado en la industria alimentaria debido a sus propiedades tales como su baja temperatura de gelatinización y su baja tendencia a la retrogradación, (Vargas, 2016, p. 39)

El almidón de papa se caracteriza por ser un polvo fino blanquecino de extraordinaria textura, sin sabor y sin olor, el cual brinda una mayor viscosidad en comparación con los almidones de maíz y de trigo, además de posibilitar y facilitar la elaboración de productos más apetecibles para la industria alimentaria, (FAO, 2018, p. 28)

En la actualidad, debido a su abundancia y bajo costo de producción, existe un gran interés en la utilización de almidón como componente de películas comestibles y recubrimientos biodegradables. Las películas elaboradas a partir de este carbohidrato son claras, flexibles, transparentes y presentan excelentes barreras al oxígeno. Sin embargo, sus propiedades de barrera frente a la humedad, no son tan buenas, y sus propiedades mecánicas son muy inferiores a las películas sintéticas, Un recubrimiento es, una matriz continua y delgada que generalmente forma una estructura alrededor del alimento por inmersión del mismo en una solución conformada por un polisacárido, un compuesto proteico o lipídico (Vargas, 2016, p. 39).

Los polisacáridos como el almidón, son usados comúnmente en la industria alimentaria. Aunque las películas hechas con carbohidratos presentan buenas propiedades mecánicas y además son barreras eficientes contra compuestos de baja polaridad, dichos recubrimientos no ofrecen una buena barrera contra la humedad. Con la introducción de materiales hidrofóbicos y plastificantes, se ha tratado de mejorar las propiedades mecánicas de películas a base de polisacáridos, (Pedrero, 2017, p. 19)

Las limitaciones anteriores se pueden superar modificando la estructura del almidón nativo por métodos químicos, físicos y enzimáticos dando como resultado un almidón modificado; se incluye a los almidones oxidados, entrecruzados y acetilados. Estos almidones generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, mejora de sus propiedades mecánicas en la formación de películas, disminución de la viscosidad y mejora de la tendencia a la retrogradación, (Agboola, 2017, p. 21)

2.2.4.3. Colágeno Liofilizado

El colágeno es una triple hélice de cadenas alfa de aminoácidos que construyen fuertes fibras utilizadas en la estructura del cuerpo. Esta proteína estructural principal de muchos tejidos conectivos, tales como piel, tendón y hueso, es de alta digestibilidad, rápida dispersión, solubilidad instantánea y pueden ser incorporados a una multiplicidad de alimentos, (Cardenas, 2017, p. 29).

La liofilización es un proceso que separa el agua de una disolución a través de la congelación y posterior sublimación del hielo a presión reducida. La liofilización es el proceso más suave para secar productos y es el mejor método para secar compuestos orgánicos o inorgánicos sin alterar su composición cualitativa o cuantitativa, el proceso de liofilización se realiza a vacío y a baja temperatura, (Gidolquim, 2020, p. 41)

La liofilización de la solución acuosa de colágeno consiste en la congelación del hidrato lo más denso posible, creando un vacío (aproximadamente 1 Pa) necesario para iniciar la sublimación del agua. En el proceso posterior se proporciona de una manera precisa y controlada el calor manteniendo la sublimación y eliminando mediante la congelación el vapor generado. El colágeno liofilizado contiene menos de 2% de agua y casi 98% de proteína pura. Es increíblemente ligero y se puede almacenar durante décadas sin necesidad de conservación. En general, las películas a base de proteína son barreras excelentes al oxígeno, dióxido de carbono y a algunos aromas. Sin embargo, sus propiedades mecánicas no son tan buenas (Gidolquim, 2020, p. 41).

2.2.2.4. Conservante

Sustancias que, introducidas en un sistema complejo, permite mantener durante el mayor tiempo posible las propiedades físico-químicas de cada componente y asegurar la calidad microbiológica del producto final. Inhibir, retardar o detener los procesos de fermentación, enmohecimiento, putrefacción y otras alteraciones biológicas de los alimentos y bebidas son algunas de las capacidades de los agentes conservantes. Según la forma de uso, se clasifican en dos: los empleados para el tratamiento externo de los alimentos y los utilizados para su incorporación directa a los productos y bebidas, (Carter, 2011, p. 26).

2.2.4.4. Vida de Anaquel

Para mejorar la capacidad competitiva y productiva, nuestro país debe diversificar la explotación agrícola de frutales tales como el tomate árbol, fruta originaria de nuestro país y región. Es el periodo de tiempo en que un producto alimenticio mantiene sus propiedades (nutrientes, sabor, textura, color, etc.) para satisfacción del consumidor. El fin de este periodo se indica mediante la fecha de caducidad, momento en el que se considera, el alimento pierde su vida útil. Los puntos básicos para la estimación de la vida útil o vida de anaquel en los productos alimenticios son, (Cedeño, 2017, p. 23):

- Deterioro esperado
- Criterios de inicio y término de vida de anaquel
- Condiciones de estudio: almacenamiento de productos, mercado objetivos y envase
- Método de preparación de los productos
- Plan de muestreo
- Tipo de pruebas a emplear
- Cantidad de muestra
- Análisis de la información

El criterio de inicio y término de vida de anaquel se da porque en ocasiones los productos sufren cambios que no se clasifican como deterioro sino como maduración, por lo tanto, estos cambios no requieren contabilizarse dentro del tiempo de deterioro. Por otro lado, aun cuando el criterio de aceptación sensorial es el único que de forma inmediata es percibido por el consumidor y puede provocar el rechazo del producto, se deben considerar otros parámetros que en ocasiones pueden marcar el término del estudio, como una contaminación microbiológica o una disminución en la cantidad de vitaminas declaradas (Carreres, 2020, p. 23).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y diseño de la investigación

El enfoque científico de la investigación fue descriptivo, debido a que consistió en caracterizar un hecho para conocer su estructura y comportamiento, donde un conjunto de variables se mantiene constantes, mientras que las otras se midieron como sujeto del experimento.

El diseño de la investigación fue experimental, ya que consistió en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos en los que la variable independiente fue el tipo de recubrimiento comestible (almidón de papa, colágeno liofilizado, y alginato) y el tiempo de almacenamiento (0, 7, 14, 21 y 28 días), para observar los efectos que se producen es decir variable dependiente, calidades microbiológicas, física y químicas del tomate de árbol al que se aplicó diferentes revestimientos comestibles .

Es importante, para una investigación experimental establecer la causa y el efecto de un fenómeno, lo que significó que debían quedar claro que los efectos observados en un experimento se debieron a la causa. Como es natural, puede ser que los eventos que ocurran sean confusos y no permitan a los investigadores establecer conclusiones fácilmente.

3.2. Método de la investigación

El método de la investigación aplicado fue de tipo hipotético-deductivo, en el cual a través de observaciones realizadas de un caso particular se planteó un problema. Éste llevó a un proceso de inducción que remitió el problema a una teoría para formular una hipótesis, que a través de un razonamiento deductivo intentó validar la hipótesis empíricamente. Comprendió un paso inicial de inferencias empíricas (observación, por ejemplo) que permitieron deducir una hipótesis inicial que luego fue sometida a experimentación.

3.3. Enfoque de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo mediante la recolección de datos, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar hipótesis, datos que se obtuvieron de los resultados de los siguientes análisis: físico-químicos,

bromatológicos, microbiológicos, sensoriales y económicos de los diferentes tratamientos, que fueron el tiempo de almacenamiento y el tipo de recubrimiento comestible.

3.4. Alcance de la investigación

El alcance de la investigación estará centrado en determinar cuál de los diferentes recubrimientos comestibles resultan más eficientes para alargar la vida de anaquel del tomate de árbol, además, se aplicará la esencia de mandarina para mejorar todas las cualidades sensoriales del producto. Por lo tanto, el alcance de la investigación es de tipo exploratorio-descriptivo, por lo que dentro de los objetivos planteados se busca la generación de conocimiento referente al problema de investigación planteado y al mismo tiempo describir las características del objeto de estudio.

3.5. Población de estudio

Por tratarse de una investigación experimental, la población de estudio estuvo conformado por el número de tratamientos y repeticiones, además la presente investigación contó con 80 unidades experimentales y el tamaño de la unidad experimental fue de 7 tomates de árbol dando un total de 560 tomates de árbol.

3.6. Tratamiento y Diseño experimental

Las unidades experimentales fueron modeladas bajo un Diseño Completamente al Azar combinatorio donde los factores de estudio fueron el tipo de recubrimiento comestible y el tiempo de almacenamiento, en comparación de tratamiento control es decir 4 tratamientos incluido el testigo que se describen a continuación:

Factor A: Tipo de recubrimiento comestible

T0: Sin recubrimiento comestible

T1: Recubrimiento comestible almidón de papa más aceite de mandarina 1%

T2: Recubrimiento comestible alginato más aceite de mandarina 1%

T3: Recubrimiento comestible colágeno liofilizado (gelatina) más aceite de mandarina 1%

Tiempo de Almacenamiento

- A los 0 días
- A los 7 días

- A los 14 días
- A los 21 días
- A los 28 días

Número de repeticiones: 4 repeticiones.

Tamaño de la unidad experimental: 7 unidades por repetición

Total, de las unidades experimentales 560

En la tabla 4-3 se indica el esquema del experimento que se utilizó en la presente investigación

Tabla 4-3 Esquema del experimento

Tipo de recubrimiento comestible	Tiempo de almacenamiento Día	Código	Repeticiones	T.U.E	Total U.E
Tratamiento control	1	T0D1	4	7	28
Tratamiento control	7	T0D7	4	7	28
Tratamiento control	14	T0D14	4	7	28
Tratamiento control	21	T0D21	4	7	28
Tratamiento control	28	T0D28	4	7	28
Almidón de papa	1	T1D1	4	7	28
Almidón de papa	7	T1D7	4	7	28
Almidón de papa	14	T1D14	4	7	28
Almidón de papa	21	T1D21	4	7	28
Almidón de papa	28	T1D28	4	7	28
Alginato	1	T2D1	4	7	28
Alginato	7	T2D7	4	7	28
Alginato	14	T2D14	4	7	28
Alginato	21	T2D21	4	7	28
Alginato	28	T2D28	4	7	28
Colágeno liofilizado	1	T3D1	4	7	28
Colágeno liofilizado	7	T3D7	4	7	28
Colágeno liofilizado	14	T3D14	4	7	28
Colágeno liofilizado	21	T3D21	4	7	28
Colágeno liofilizado	28	T3D28	4	7	28
Total			80	140	560

Elaborado por: Moyano Rosa, 2021.

En la tabla 5-3, se describe el esquema del experimento que se utilizó en la presente investigación

Tabla 5-3 Esquema de experimento

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	79
Factor A	3
Factor B	4
Interacción A*B	12
Error experimental	60

Elaborado por: Moyano Rosa, 2021.

3.7. Mediciones experimentales

Las variables consideradas dentro del proceso investigativo fueron las siguientes:

3.7.1. Valoración físico – química

- Colorimetría
- Textura – firmeza (N).
- Contenido de sólidos solubles (°brix).
- pH.
- Acidez titulable (%).

3.7.2. Valoraciones microbiológicas

- Recuento (UFC/cc).
- Mohos y levaduras (UFC/cc).

3.7.3. Análisis económico

Costos de producción (USD/kg).

3.7.4. Vida de anaquel

- Valoración físico – química
- Valoración microbiológica a los 28 días.

3.8. Procedimiento experimental

El procedimiento experimental para la presente investigación se describe a continuación en los siguientes apartados

- **Acondicionamiento de la fruta Selección:** Se seleccionó los tomates de árbol de tamaño, forma, color uniforme y exentas de daños mecánicos o microbianos.
- **Limpieza y desinfección:** El lavado se realizó con agua potable y para la desinfección se sumergió en agua con un desinfectante ECOCLEAN CON 60 PPM, luego se realiza un enjuague con agua potable a temperatura ambiente para eliminar posibles residuos, luego los tomates fueron colocados en una mesa de acero inoxidable para eliminar la mayor cantidad de agua y finalmente para eliminar el agua residual se secaron con toallas absorbentes. Todos los materiales usados fueron de grado alimenticio y desinfectados con alcohol.
- **Elaboración de los recubrimientos comestibles:** En la investigación se preparó tres tipos de recubrimientos comestibles cuyas formulaciones son las siguientes.

Tabla 6-3 Preparación de los recubrimientos comestibles

Tratamientos	Componente %	Glicerina %	CMC %	Agua destilada %	Aceite esencial %
Sin recubrimiento	0	0	0	0	0
Almidón de papa	3	0,75	0,75	94,50	1
Alginato	2	0,75	1,00	95,25	1
Colágeno Liofilizado	3	0,75	0,75	94,50	1

Elaborado por: Moyano Rosa, 2021

- **Recubrimiento de almidón de papa:** Para elaborar este recubrimiento, el total de agua a utilizar se dividió en dos fracciones: en la primera se dispersó el almidón de papa para hidratar los gránulos, la segunda fracción de agua se calentó entre 65 y 70°C, mientras se mantiene en agitación constante, incorporamos el almidón hidratado, glicerol, carboximetil-celulosa (CMC), se agitó hasta su gelatinización. Por último, se redujo la temperatura alrededor de 25°C y se añadió el aceite esencial de mandarina.
- **Recubrimiento de alginato:** Para elaborar este recubrimiento se calentó el agua entre 65 y 70°C, con agitación constante se adicionó los ingredientes en el siguiente orden: alginato,

glicerina, y CMC, se agitó hasta su gelatinización, luego se descendió la temperatura a 25°C aproximadamente y se agregó el aceite esencial de mandarina.

- **Recubrimiento de colágeno liofilizado:** Para elaborar este recubrimiento se calentó el agua entre 65 y 70°C, con agitación constante se adicionó los ingredientes en el siguiente orden: gelatina, glicerina, y CMC, se agitó hasta su gelatinización, luego se descendió la temperatura a 25°C aproximadamente y se agregó el aceite esencial de mandarina.
- **Aplicación del recubrimiento:** Se aplicó cada uno de los recubrimientos sumergiendo por 1 segundo las muestras, luego se le cuelga en cordeles y se almacenaron en el laboratorio que es un lugar apropiado a temperatura ambiente.

3.9. Metodología de la evaluación

3.9.1. pH

La medición del pH se lo efectuó mediante el método descrito en INEN (2019), utilizando el pHmetro (potenciómetro) de marca phmetr10BNC Spear, previamente calibrado con solución buffer de pH 4,0; se colocó el equipo en una muestra de pulpa y se anotó el resultado visto en la pantalla del equipo, una vez realizada la medición se enjuagó con agua destilada.

3.9.2. Acidez titulable

Se determinó por el método potenciométrico (INEN, 2013), se pesó 30 g de pulpa, se homogenizó en 90 ml de agua destilada a 20°C, la titulación potenciométrica se realizó con una solución volumétrica patrón de hidróxido de sodio (NaOH=0,1N), en presencia de fenolftaleína como indicador. Los resultados se establecieron en porcentaje mediante la ecuación:

$$Acidez, \% = \frac{mlNaOH \times 0.1N \times ac. \text{ pred.}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

ml NaOH = consumo en ml de hidróxido de sodio

Ac. pred. = peso equivalente expresado en gramos del ácido predominante (el ácido cítrico es el predominante en el tomate, cuyo peso equivalente tiene un valor de 0,064).

3.9.3. Contenido de sólidos solubles

El índice de refracción se llevó a cabo mediante una lectura directa en el refractómetro digital marca Atago poket a $20 \pm 0,5$ °C, los azúcares totales o porcentaje de sólidos solubles (°brix) se

obtuvieron de muestras de la parte superior, ecuatorial y baja de la fruta, las cuales fueron licuadas y filtradas a través de un papel filtro. (INEN, 2013)

3.9.4. Textura – firmeza

Con el uso de un penetrómetro de marca Qa-supplies, con un émbolo de 5mm, se obtuvo el grado de firmeza. Las mediciones se realizaron en tres puntos de la parte superior (punta), central (zona ecuatorial) y baja (péndulo) de la fruta, situamos la punta del penetrómetro sobre el fruto y apretar progresivamente hasta hacer penetrar en la pulpa del fruto. La lectura se realizó a los 3 segundos de colocar el aparato, teniendo especial cuidado de que el eje del instrumento esté lo más perpendicular posible a la superficie de la fruta. El resultado se expresó en N, que es igual a newton.

3.9.5. Análisis microbiológico

Se determinaron de acuerdo a las siguientes normas

- INEN: – INEN 1 529 – 5. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos.
- (INEN, 2006). – INEN 1 529 – 10. Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y levaduras viables. (INEN, 1998).
- Se utilizo el Agar Nutriente para aerobios mesófilos
- Se utilizo el Agar PDA para mohos y levaduras

3.9.6. Cálculo de vida de anaquel

El cálculo de tiempo de vida útil se realizó en base a los resultados obtenidos de los análisis físico – químico y microbiológico, realizados pasando siete días, durante 28 días, con la utilización de la ecuación de cinética de primer orden, (Andrade J. &., 2019, p. 25).

$$\ln(C) = kt + \ln C_0$$

Dónde:

C = parámetro escogido como límite de tiempo de vida útil

C₀ = concentración inicial

t = tiempo de reacción

k = constante de velocidad de reacción

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación se basa en un análisis estadístico completamente al Azar combinatorio en arreglo bifactorial, donde los factores de estudio fueron el tipo de recubrimiento comestible (Almidón de papa, Alginato, Colágeno Liofilizado), y el tiempo de almacenamiento (7, 14, 21 días), en comparación de un tratamiento control (sin recubrimiento), además se evaluó la interacción entre los dos factores para determinar con exactitud el comportamiento del tomate de árbol, es decir 4 tratamientos incluido el testigo, por lo tanto en la investigación se evaluaron las características del producto en función de los tres efectos que comprende el análisis bifactorial es decir el efecto del tipo de recubrimiento, el tiempo de almacenamiento y al interacción entre los factores en estudio.

4.2. Evaluación de las características físico-químicas del *Solanum betaceum* (tomate de árbol)por efecto del uso de tres tipos de recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina (*Citrus unshulu*)

4.2.1. Rendimiento negro o blanco

El color es la percepción humana de la luz reflejada por un objeto, cuya evaluación depende de cómo nuestros ojos perciben esa luz y cómo nuestro cerebro la procesa. Por esta razón, para cuantificar y estandarizar colores, se han desarrollado dispositivos y modelos de color para describir matemáticamente la representación de colores utilizando un espectrómetro o colorímetro, (Amaya P. &, 2010, p. 15). La luminosidad (L^*) del color del fruto de tomate de árbol, (*Solanum betaceum*), reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto del tipo de recubrimiento comestible enriquecido con aceite esencial de mandarina al 1% (*Citrus reticulata*), se aprecia, que los tomates tratados con colágeno liofilizado (T3), consiguen el mayor resultado de luminosidad ($*L$), con un valor de 35,10;

A continuación, se reportan los valores determinados en el tratamiento control (T0), es decir, sin recubrimiento los cuales fueron de 32,02; valor que desciende a 31,15 al utilizar alginato (T2), como se indica en la tabla 7-4. Mientras que los valores más bajos se reportaron en el tratamiento donde se recubrió el tomate de árbol con almidón de papa (T1), con respuestas de 28,59. Es decir que el mayor resultado de rendimiento negro o blanco se consiguen al recubrir el tomate con colágeno liofilizado.

Tabla 7-4 Evaluación de las características físico-químicas del *Solanum betaceum* (tomate de árbol), por efecto del uso de tres tipos de recubrimientos comestibles enriquecido con aceite esencial de mandarina (*Citrus unshulu*)

VARIABLE	POR EFECTO DEL TIPO DE RECUBRIMIENTO				Prob	Sign
	Sin Recubrimiento T0	Almidón de papa T1	Alginato T2	Colágeno Liofilizado T3		
Rendimiento negro (negativo) o blanco (positivo).	32,02 b	28,59 d	31,15 c	35,10 a	0.0001	**
Valor positivo (rojo) y negativo (verde).	21,19 a	21,15 a	21,20 a	23,31 a	0.32	ns
Valor positivo (amarillo) y negativo (azul).	25,08b	27,15 d	23,22 c	27,90 a	0.0001	**
pH	6,42 a	6,03 b	5,99 c	5,97 d	0.0001	**
Acidez	1,66 a	1,63 a	1,66 c	1,68 a	0.0001	**
Grados Brix °B	11,59 a	11,55 ab	11,32 b	11,04 c	0.0001	**
Firmeza	3,12 c	3,11 bc	3,25 a	3,50 b	0.0001	**

Elaborado por: Moyano Rosa, 2021.

Los resultados obtenidos en la variable de color medidas en el espacio tridimensional CIELAB, que se ilustran en el gráfico 1-4, permitieron asignar valores objetivos a los colores de la escala visual utilizada. Esto posibilitará comparar el atributo de color del tomate de árbol entre diferentes grupos de investigadores y operadores del sector productivo y/o de mercado.

El espacio de color CIE-L*a*b*, describe todos los colores que pueden ser percibidos por el ojo humano a partir de sus tres coordenadas: L * a * b *, y está aceptado internacionalmente para evaluar colores del mundo real, productos y otros productos industrializados, en frutas y verduras, el cambio de color se debe a la degradación de la clorofila y la detección o síntesis de pigmentos carotenoides en cloroplastos y cromatóforos, y pigmentos fenólicos: antocianinas, flavonoides y pro antocianidinas. (Badui, 2015, p. 12).

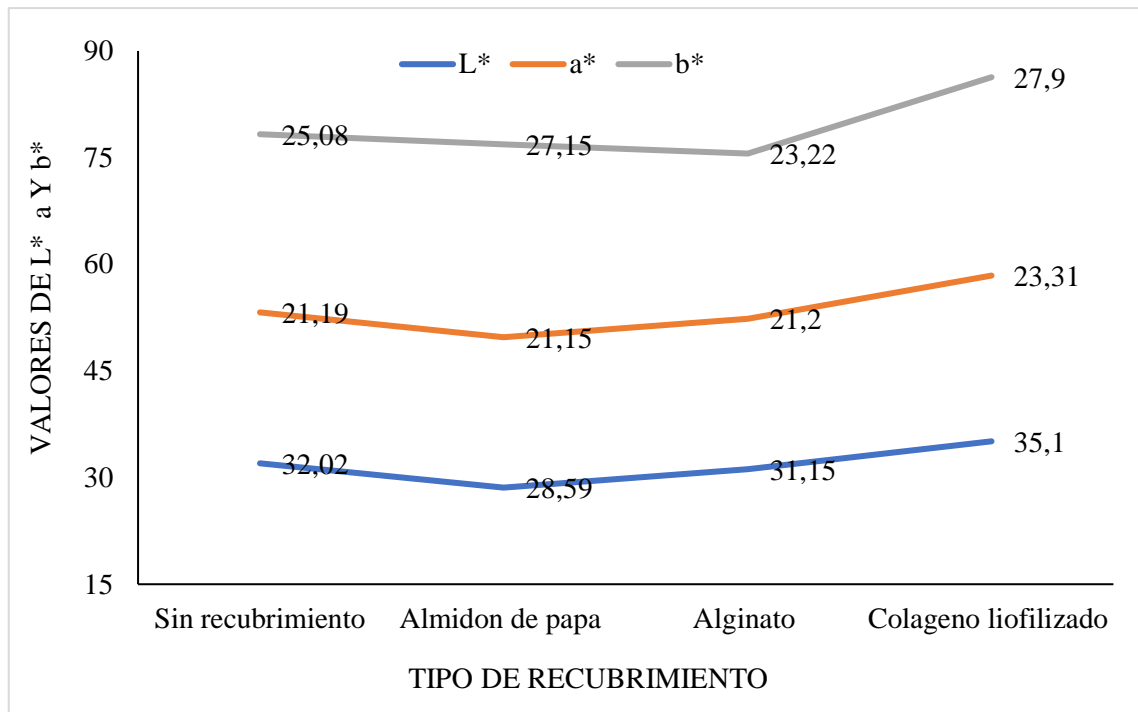


Gráfico 1-4: Valores del análisis colorimétrico CIELAB, del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible

Elaborado por: Moyano, Rosa, 2021.

Además, se ha cuantificado por un método sencillo el contenido de clorofila y carotenoides totales, que son pigmentos responsables del color de la cáscara. Al mismo tiempo, esta información contribuye a valorar aún más el tomate de árbol por su potencial aporte de estos fitoquímicos en la alimentación humana

Al respecto (Bigi, 2016, p. 39), menciona que la colorimetría, además de hacer importantes aportes desde el punto de vista de los patrones de consumo, también puede aportar información de gran valor al proceso productivo porque puede medir otros aspectos como la cocción de las galletas., Madurez del jamón, madurez de la uva, pigmentación de yemas de huevo, clasificación de la cáscara, frescura del pescado, oxidación del aceite, humedad de las semillas, salud de las aceitunas, clasificación de la carne o de la sustancia antioxidante del color rojo de los tomates. El rendimiento blanco o negro es un parámetro colorimétrico que se utiliza para caracterizar la variación y los cambios asociados al color.

Por lo tanto, los resultados indican que los frutos recubiertos resultan ser más eficientes en cuanto a la extensión de la vida de anaquel debido a que ralentizan el proceso de maduración haciendo de la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos tales como carotenoides y antocianinas se realice de la manera más lenta, debido a que la barrera que forman impide o actúa aquí. Los

principales agentes responsables de la degradación de la clorofila son los cambios en el pH cuya función es regular el sabor pasando de ácido a dulce a medida que este aumenta.

Cuando la clorofila se encuentra presente en un medio ácido, como en frutos de tomate en maduración, podría perder el magnesio central del grupo porfirínico y llegar a ser una feofitina, lo cual puede producir un cambio de color.

Cabe señalar que, las preparaciones liofilizadas contienen solo trazas de agua y no requieren el uso de conservantes ya que al secar compuestos y sustancias altamente sensibles, especialmente aquellas no resistentes al calentamiento, las sustancias activas mantienen su actividad y valor, es decir, vitaminas, proteínas, enzimas, minerales, etc., que no se destruyen. Además, la finalidad es producir cubiertas naturales con propiedades específicas, las cuales puedan ser consumidas con el alimento mejorando sus propiedades mecánicas, físico químicas y organolépticas.

Según, (Rodríguez, 2017, p. 26), al evaluar el efecto del quitosano como revestimiento comestible en yacón (*Smallanthus sonchifollus*), mínimamente procesado para aumentar su vida útil, muestra que los factores principales como la concentración de quitosano (A), tiempo (B) y las interacciones de los factores AA, AB y BB no influyen de manera significativa sobre la coordenada de color L*(luminosidad), porque presentan valores de $P > 0.05$. También no existe diferencia de los valores medidos de la coordenada de color L*(luminosidad) entre los tratamientos realizados, porque presentan valores calculado F de 10.13.

4.2.2. Valor positivo (rojo) y negativo (verde)

De acuerdo con el análisis realizado la pigmentación de los tomates sobre la coordenada de color a^* (+a indica rojo, -a indica verde), el mayor valor fue determinado para el tratamiento con recubrimiento comestible a base de colágeno liofilizado (T3), con medias de 23,31; mientras que para el tratamiento con alginato (T2), y tratamiento control (T0), se observa un comportamiento similar ya que los valores fueron de 21,20 y 21,19, siendo mayores comparados con los tratamientos donde se aplicó almidón de papa (T1), como recubrimiento comestible se alcanzaron la respuesta más baja con medias de 21,15 .

Los resultados más eficientes se consiguieron al trabajar como recubrimiento comestible el colágeno, se tornaron más intensos, es decir, obtuvieron valores sensiblemente más altos de absorbancia que el resto de los tratamientos.

Sin embargo, los valores presentados en la investigación de (Rodríguez, 2017, p. 52), resultan inferiores a los de la presente investigación ya que al evaluar el efecto del quitosano como revestimiento comestible en yacón (*Smallanthus sonchifollus*) mínimamente procesado para aumentar su vida útil, muestra que los factores principales como la concentración de quitosano no influyen de manera significativa sobre la coordenada a^* porque presentan valores de 10.13.

4.2.3. Valor positivo (amarillo) y negativo (azul)

En el análisis de la coordenada de color b^* ($+b$ indica amarillo, $-b$ indica azul), de los tomates de árbol no se reportaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), por efecto de la aplicación de diferentes tipos de recubrimientos sin embargo se estableció que para el tratamiento con colágeno liofilizado (T3), se obtuvo las respuestas más altas con 27,90; seguida de los valores reportados en el tratamiento con recubrimiento de almidón de papa (T1) donde las medias fueron de 27,15; asimismo se ubican los resultados obtenidos en el tratamiento sin recubrimiento (T0), los cuales alcanzaron un valor de 25,08

Finalmente se ubican las respuestas alcanzadas en los tomates a los que se les revistió con alginato (T2), con medias de 23,02, lo cual demostró que los recubrimientos crearon una micro atmósfera alrededor del fruto, ya que a medida que aumenta la concentración en el recubrimiento comestible, los valores de la coordenada de color b^* ($+b$ indica amarillo, $-b$ indica azul) aumentan; y a medida que pasa el tiempo los valores de la coordenada de color b^* ($+b$ indica amarillo, $-b$ indica azul) disminuyen, indicando la pérdida del color amarillo debido al pardeamiento.

Al respecto (Amaya P. &, 2010, p. 26), menciona que el color juega un papel muy importante en la determinación del estado, calidad y características de las frutas. Para la visión y medida del color en alimentos se recurre a la utilización de coordenadas colorimétricas, entre las que se destacan las pertenecientes a los espacios de color RGB, CIE-XYZ y CIE-L $^*a^*b^*$; estos modelos tienen la particularidad de permitir su interrelación mediante la utilización de matrices de transformación.

Durante la maduración de las frutas ocurren cambios en el color, que van desde el verde al amarillo, lo que se debe al anabolismo de los pigmentos en los organelos celulares, tales como: las flavonas, las antocianinas y los carotenoides que proporcionan al fruto los colores secundarios sobre una base de color primario, generalmente verde o amarillo, determinada por la presencia de clorofila o de xantofila. Este modelo de coordenadas permite que los colores se representen en el espacio a unas distancias proporcionales a las diferencias visuales entre ellos y es el más recomendado para las mediciones industriales del color.

4.2.4. Análisis de la colorimetría en función del espacio de color L*a*b

Una vez que se determinó el color de un objeto dentro del espacio de color y se identificó cada uno de los valores de Luminosidad(L*), coordenadas rojo / verde (a*), donde +a, corresponde a un color rojo y -a indica una tonalidad verde así como las coordenadas amarillo / azul (b*), donde +b indica amarillo y -b indica que el alimento es decir el tomate tiende a presentar una tonalidad azul, se procedió al cálculo de la diferencia de color que es definida como la comparación numérica de una muestra con el estándar.

Este valor Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color y se la conoce como Delta (Δ). Deltas por L* (ΔL^*), a* (Δa^*) y (Δb^*) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E (ΔE^*), sin embargo, siempre es positiva

Tabla 8-4 Evaluación de la colorimetría en función del espacio de color L*a*b

Días de almacenamiento	TIPO DE RECUBRIMIENTO			
	Sin recubrimiento	Fécula de Papa	Alginato	Colágeno liofilizado
7	1,51	1,67	1,53	1,4
14	1,44	1,85	1,17	1,05
21	1,29	1,78	1,07	0,98
28	1,11	1,56	0,63	0,54

Realizado por: Moyano Rosa, 2021

Si el color de una muestra no cumple con el estándar, la satisfacción del consumidor se ve comprometida y debido a que el producto tiene que ser desechado por considerarse no apto incrementa el costo de producción porque debe ser reemplazado o sustituido por un producto que si cumpla con los requerimientos de calidad se genera pérdidas económicas para la empresa. Por tanto, cuanto mayor sea la evaluación de colores y los controles de calidad en relación al color que queremos representar, mejor.

Considerándose, Deltas por L* (ΔL^*), a* (Δa^*) y (Δb^*) para identificar las coordenadas, si han excedido el límite. La ecuación ΔE^* permite modificar el tamaño global del elipsoide para que coincida mejor con lo visualmente aceptable. Delta E inferior a 1,0 sería aceptable, pero no uno superior a 1,0.

Por tanto, la tolerancia evaluada para atributos individuales, a los 28 días de almacenamiento de los tomates de árbol con recubrimiento de alginato y colágeno liofilizado son aceptables, ya que cumplen con los requerimientos establecidos según la norma para el tomate de árbol (CODEX STAN 303-2011); en comparación con las muestras sin recubrimiento y fécula de papa.

4.2.5. pH

En el análisis del pH del tomate de árbol, se evidenciaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre medias por efecto del tipo de recubrimiento comestible, por lo que se determinó que el tratamiento donde no se utilizó recubrimiento (T0), presentó el valor más alto y que fue de 6,42, seguido del tratamiento con almidón de papa (T1), cuyas medias fueron de 6,03, por su parte el tratamiento con Alginato (T2), alcanzo un valor de pH de 5,99; determinándose el menor valor con la utilización de colágeno liofilizado (T3), con medias de 5,97.

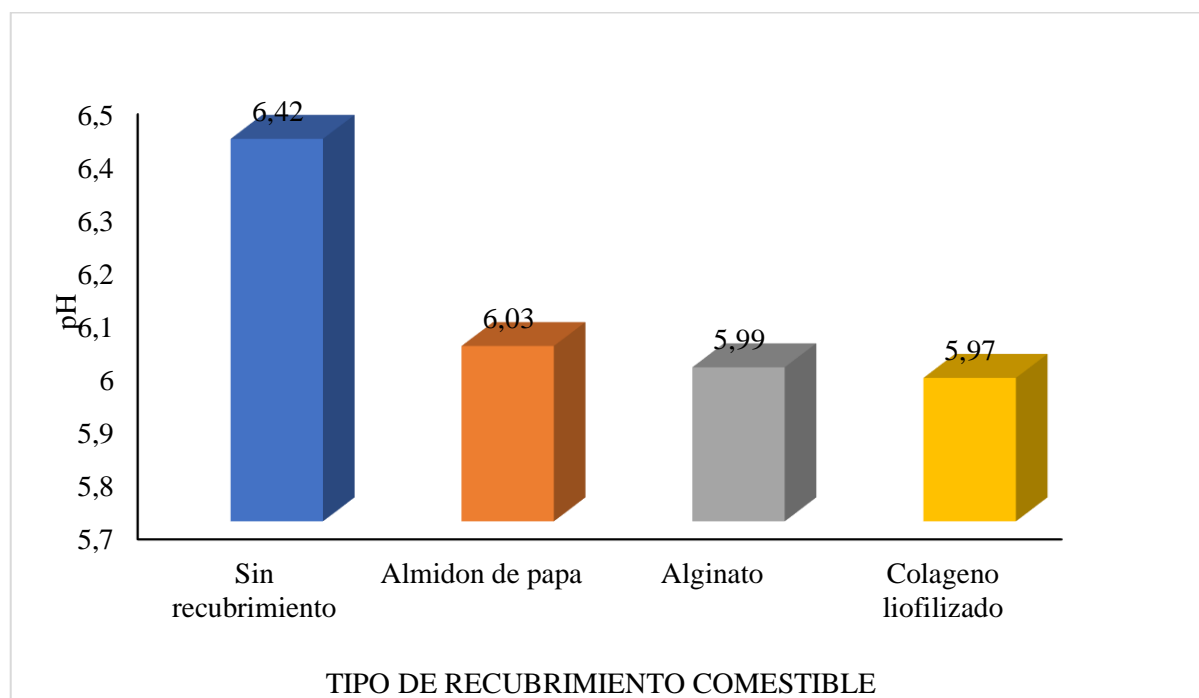


Gráfico 2-4: pH del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con 1 % de extracto de mandarina

Realizado por: Moyano, Rosa, 2021

De acuerdo con los resultados obtenidos se aprecia el comportamiento de los tomates de árbol recubiertos con respecto a los testigos, donde el pH presentó una tendencia inherente a la maduración de los frutos, razón que justifica la disminución de su contenido, lo que demuestra la influencia de los recubrimientos sobre la acidificación del producto.

Al respecto (Gidolquim, 2020, p. 23), menciona que la evaluación del pH en la fruta se realiza con el fin de conocer en qué estado se encuentra, es decir, si es ácido, básico o neutro. Las variaciones que presentan las frutas en su contenido de ácidos y valores de pH, se deben a la diferencia que existe entre las especies de frutas, y aún en una misma especie influyendo sobre el efecto de su madurez, condiciones agronómicas y operaciones postcosecha a las que han sido sometidas. El pH controla las diversas reacciones químicas, bioquímicas y microbiológicas que ocurren en los productos vegetales, siendo influenciado por el estado de madurez.

De acuerdo con un estudio realizado en la investigación de (Toalombo, 2014, p. 23), de la aplicación de un recubrimiento comestible sobre el tiempo de vida útil de la mora de castilla (*Rubus glaucus*), el análisis de pH para el tratamiento T3 se tuvo un valor de 3.27 ± 0.04 , en comparación con la mora sin tratar que presentara un valor de 3.30 ± 0.03 . Las variaciones entre las moras tratadas y el tratamiento control son mínimas, ya que el ácido cítrico (0.25 %) añadido a la formulación del recubrimiento comestible actuó como regulador del pH.

De la misma manera (Andrade J. &., 2013, p. 52), utilizar cera de laurel (*Morella pubescens*), como base de un recubrimiento comestible capaz de prolongar la vida útil del tomate de árbol menciona que el recubrimiento obtenido presentó valores de densidad de 0.95 g/ml (20 °C) y un valor de pH de 6.4, similares a los reportados por Navarro (2007), en recubrimientos elaborados con hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abejas. La viscosidad obtenida (952.9 cP) densidad y pH presentaron valores elevados que se deben al alto contenido de hidrocoloide.

4.2.6. Acidez

En cuanto a los resultados obtenidos de la acidez del tomate de árbol se registraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto de los diferentes tipos de recubrimientos, por lo tanto; se pudo determinar que la mayor acidez se presentó en el tratamiento T3, donde se adicionó colágeno liofilizado con medías de 1,68%, en segundo lugar se ubican los resultados obtenidos en el tratamiento control (T0), y al utilizar Alginato (T2), los cuales presentaron la misma respuesta y que fue de 1,66%; finalmente, se observó que el tratamiento con almidón de papa presento la menor acidez de 1,63%, puesto que . un cambio en esta variable se vincula con la evolución de la textura, aroma y sabor que esperan los consumidores de estos productos en el momento de consumo y se relaciona fuertemente con la resistencia a la penetración, atributo de calidad que denota frescura del producto, (Cruz I. &., 2015, p. 15)

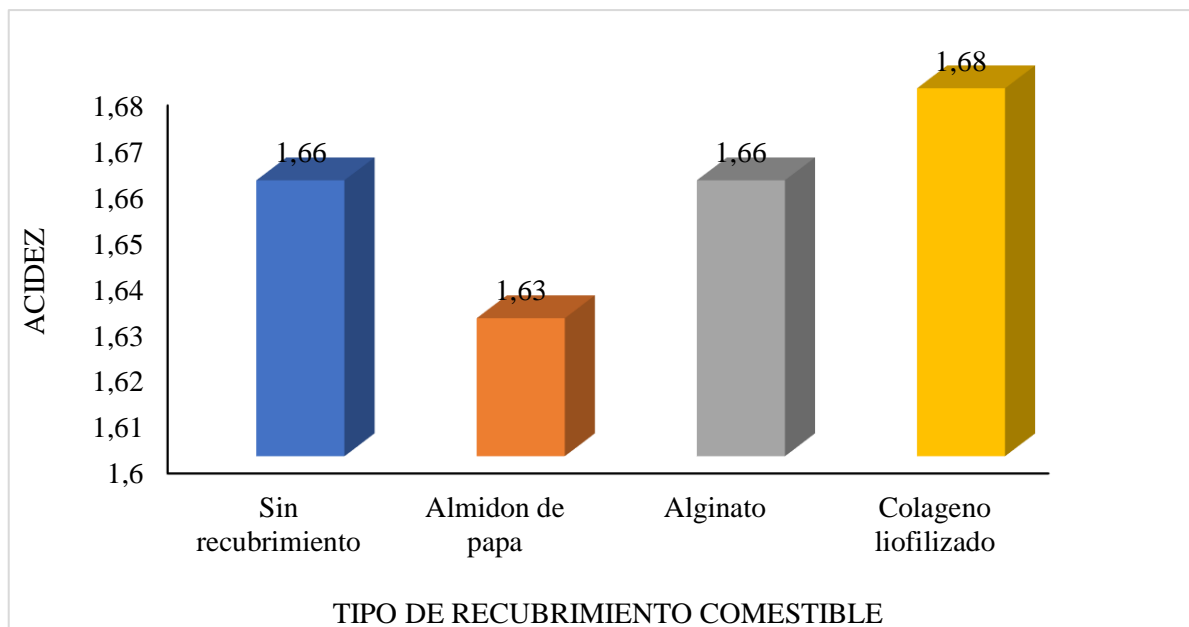


Gráfico 3-4: pH del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con 1 % de extracto de mandarina

Realizado por: Moyano, Rosa, 2021

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa una disminución en acidez titulable, esto debido a que la misma está relacionada con el pH y al existir un incremento en el estado de madurez de los frutos lo que ocasiona un aumento en el valor de pH se produce la disminución de la acidez.

Al respecto (Agusti F. , 2018, p. 36), manifiesta que la acidez es uno de los principales parámetros de calidad físico-química más comúnmente determinado en la materia prima vegetal; es cuantificable debido a la presencia de diversos ácidos orgánicos, principalmente: cítrico, málico, tartárico, oxálico, fórmico, entre otros, en proporciones variables. La acidez en las bayas, tal es el caso de los tomates, es de 0,25% a 0,35% calculada como porcentaje en ácido cítrico, asimismo, señala que la acidez del tomate está entre comprendida entre 0,2 y 0,6% de ácido cítrico.

A continuación, se citan los datos de acidez reportados en la investigación realizada por (Toalombo, 2014, p. 23), donde la variación del porcentaje de acidez para las moras con recubrimiento comestible fue de 2.0 % de ácido málico, siendo el T1 (4 % gelatina; 7.5 min) los cuales presentan un mayor porcentaje de ácido málico, en comparación con las moras sin recubrimiento comestible, que presentaron un valor de 1.7 % de ácido málico.

Por su parte, (Torrenegra, 2016, p. 29), en lo referente al contenido de acidez al evaluar un biorecubrimiento comestible a base de almidón de ñame modificado obtuvo un valor promedio de 0,10g de ácido cítrico/100 g de producto, manifestando que posiblemente la marcada

disminución de la acidez se debe a que las frutas al ser sometidas a estrés físico aumentan su actividad metabólica. En la investigación de (Andrade J. &, 2021, p. 52) reportó que los parámetros de calidad correspondientes a sólidos solubles (S.S.), pH y acidez titulable, presentaron una tendencia inherente a la maduración de los frutos, razón que justifica la disminución del contenido de ácido cítrico y por consiguiente el incremento del pH y sólidos solubles con el transcurso de los días, los tomates recubiertos mostraron una reducción en S.S. respecto a los testigos, tendencia relacionada con el retardo del proceso de maduración en las muestras con recubrimiento.

4.2.7. Sólidos Solubles

En la medición de los grados brix del tomate de árbol se reportaron diferencias altamente significativas ($P > 0.01$), por efecto de los diferentes tipos de recubrimiento comestible, por lo tanto se determinó el valor más elevado en el tratamiento sin recubrimiento (T0), con un valor de 11,59 °brix; seguidamente se ubican los resultados obtenidos en los tomates donde se utilizó almidón de papa con medias de 11,55°brix. A continuación se aprecian las respuestas en el tratamiento con recubrimiento llamado alginato con valores medios de 11,32°brix; y finalmente las respuestas más bajas fueron alcanzadas en el tomate recubierto con colágeno liofilizado puesto que las medias fueron de 11.04°brix; es decir que las respuestas más adecuadas se consiguen al utiliza colágeno liofilizado puesto que se consigue una menor cantidad de azúcares y por tanto el crecimiento bacteriano es menor existiendo un mayor tiempo de almacenamiento del producto elaborado.

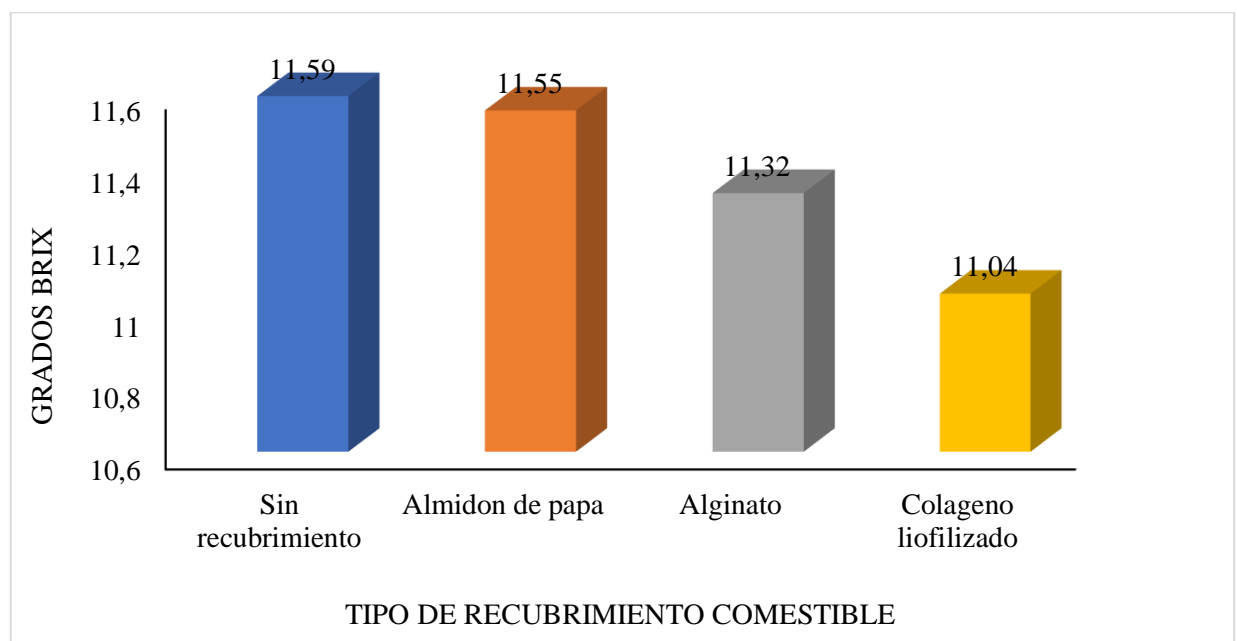


Gráfico 4-4: Grados Brix del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con 1 % de extracto de mandarina

Realizado por: Moyano, Rosa, 2021

Este comportamiento en los sólidos solubles, se explica por la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales del almidón, por lo cual se acumulan azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa que son los constituyentes principales de los sólidos solubles. Por su parte al aplicar Alginato (T2) el valor fue de 11,32, mientras que con la aplicación de Colágeno liofilizado (T3), se obtuvo el menor valor y que fue de 11,04. El descenso de los sólidos solubles está relacionado con el cambio de la coloración de la fruta ya que, para conseguir una coloración muy amarilla, se acelera la síntesis de estos compuestos.

De acuerdo con la investigación de (Toalombo, 2014, p. 63), la variación en promedio de los °brix van desde 9.4 hasta 10.7, en comparación con la fruta sin tratamiento que presentó un valor de 10. Cabe señalar que a cada tratamiento se les adicionó glicerol y ácido cítrico hasta obtener un recubrimiento homogéneo y transparente. Los grados brix presentan un leve aumento en las frutas tratadas con recubrimiento comestible a base de gelatina al 1, 2 y 3 % y tiempo de inmersión de 1, 5 y 10 minutos, en una solución al 0.5 % de ácido acético; 60 al 0.6 % y glicerol al 1 %.

4.2.8. Firmeza

Al realizar la evaluación de la variable firmeza del tomate de árbol se aprecian diferencias altamente significativas ($P > 0.01$), por efecto de los diferentes tipos de recubrimiento determinándose el valor más alto en los tomates tratados con colágeno liofilizado (T3), con medias de 3,50 puntos; seguidamente se ubican los resultados obtenidos al utilizar alginato (T2), con valores de 3,25 puntos. Entre tanto que la menor firmeza se obtuvo en el tratamiento control (T0), y al utilizar recubrimiento con almidón de papa (T1), con medias de 3,12 puntos y 3,11 puntos, como se ilustra en el gráfico 3-4.

Durante la maduración de la fruta ocurren cambios fisiológicos, bioquímicos y estructurales que afectan la producción de compuestos químicos que dan sabor, textura y aroma respectivamente. El ablandamiento de los tejidos varía según la especie y la variedad del fruto, y se debe a la degradación de la pectina y las hemicelulosas en la pared celular por la acción de diferentes enzimas hidrolíticas provocando que la textura cambie en una forma visible de duro a sumamente blando cuando el producto ya empieza su maduración excesiva, por lo tanto los valores de peso, tamaño, firmeza, acidez y sólidos solubles, pueden ser utilizados como criterios para definir la calidad del fruto (Nuñez, 2016, p. 29).

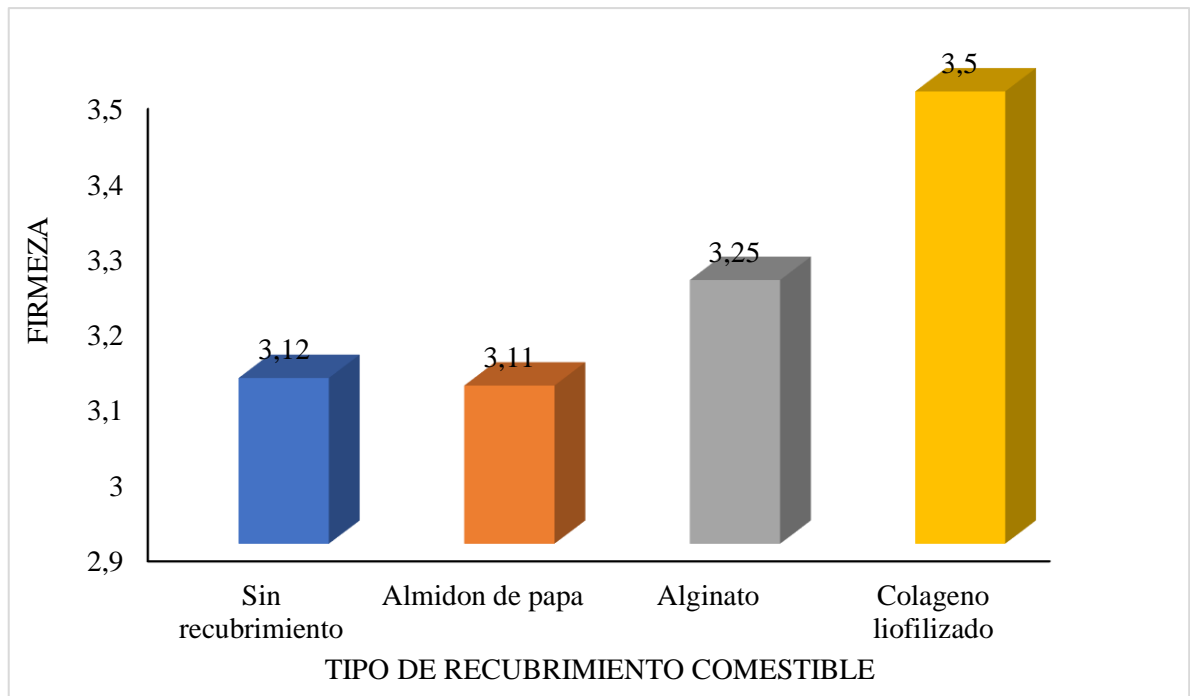


Gráfico 5-4: Firmeza del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con 1 % de extracto de mandarina

Realizado por: Moyano, Rosa, 2021

Los resultados indica la existencia de una diferencia evidente a nivel sensorial que hace posible distinguir entre las muestras, con recubrimiento y sin recubrimiento debido a la buena apariencia (firmeza) de los tomates recubiertos, factor que estuvo ligado al carácter protector del revestimiento, conservando la calidad del tomate por mayor tiempo.

Al respecto (Amaya J. H., 2014, p. 52), manifiesta que los cambios de firmeza en un alimento proporcionan información sobre la percepción manual de la dureza de la fruta, equivalente a la acción de apretar con los dedos la muestra. Estos cambios están relacionados con el ablandamiento causado por los compuestos de las paredes celulares los cuales se modifican al aplicar el recubrimiento comestible.

De igual manera se menciona lo resultados obtenidos por (Han y col. 2004, p. 42), evaluaron la firmeza de frutillas y mostraron que la aplicación de recubrimientos comestibles a base de quitosano mejoró significativamente la firmeza de las frutas congeladas/descongeladas en comparación con el grupo control sumergido en agua destilada. Así, los autores probaron su hipótesis de que los recubrimientos comestibles controlaron la migración de humedad desde la fruta, preservando la integridad y textura luego de la descongelación. El mejor resultado lo obtuvieron con el recubrimiento que contuvo calcio.

4.3. Evaluación de las características físico-químicas del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con aceite esencial de mandarina por efecto del tiempo de almacenamiento

En la evaluación para la coordenada de color L* (Rendimiento negro o blanco), de los tomates de árbol utilizando diferentes tipos de revestimientos comestibles más aceite esencial de mandarina reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.001$), por efecto del tiempo de almacenamiento, por lo tanto se observa que, al inicio del experimento, es decir, el día 0 se reportaron valores de 32,88; descendiendo el día 28 a 31,11; es decir que existió un descenso en la tonalidad del tomate sobre todo del rojo que es uno de los colores más intensos del espectro. De hecho, todo cobra más energía cuando es de color rojo. Este color eleva el ritmo respiratorio, aumenta la presión arterial y estimula nuestro apetito.

Mientras que la varianza del valor positivo (rojo) y negativo (verde) no se registraron diferencias estadísticas por efecto del tiempo de almacenamiento sin embargo de carácter numérico se aprecia que los valores de coloración del tomate descendieron a medida que transcurrieron los días de almacenamiento, ya que se aprecia que para el día 7 las medias fueron de 23,43; y para el día 28 de almacenamiento se obtuvo el valor más bajo siendo de 18,58, como se observa en la tabla 9-4.

Tabla 9-4 Características físico químicas del tomate de árbol utilizando diferentes tipos de recubrimiento comestible enriquecido con aceite esencial de mandarina, por efecto del tiempo de almacenamiento

VARIABLE	EFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO					Prob	Sign
	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28		
Rendimiento negro o blanco.	32,88 b	23,61 d	36,06 a	34,91 ab	31,11c	0.001	**
Valor positivo (rojo) y negativo (verde).	22,18 a	23,43 a	22,72 a	21,65 a	18,58 a	0.45	ns
Valor positivo (amarillo) y negativo (azul).	26,54 ab	35,03 a	22,05 c	23,99 b	21,59 c	0.001	**
pH	5,91 c	5,98 bc	6,08 b	6,22 b	6,34 a	0.001	**
Acidez	2,17 a	1,92 b	1,66 bc	1,40 c	1,14 c	0.001	**
Grados Brix °B	9,74 c	10,41 bc	11,23 b	12,33 b	13,17 a	0.001	**
Firmeza	4,24 a	3,87 b	3,41 c	2,64 cd	2,05 d	0.001	**

Elaborado por: Moyano Rosa, 2021.

Un comportamiento similar al de la variable luminosidad debiendo tener en cuenta lo que manifiesta (Agusti F. , 2018, p. 20), quien menciona que el color es afectado por muchos factores, tales como la iluminación, el observador, el espectro, la presencia de pigmentos o las propias características de superficie, tamaño, textura y brillo de la muestra analizada. Actualmente por el aumento de las expectativas impuestas en los alimentos en cuanto a normas de calidad y seguridad, surge la necesidad de determinar la calidad precisa, rápida y objetiva.

En el caso del parámetro de cromaticidad b^* (Valor positivo - amarillo y negativo - azul), se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), donde el día 0 las medias tenían un valor de 26,64, y posteriormente a los 28 días se presentó nuevamente una disminución de la coloración a 21,59.

Los resultados anteriores en la variable de coloración mostraron una disminución de su valor a medida que transcurrieron los días de almacenamiento los cuales podrían estar asociados a que los tomates alcanzaron en ese lapso el grado máximo de madurez y por lo tanto se produce un cambio en la coloración. Además, es necesario considerar que la vista de sistemas informáticos ofrece una alternativa rentable y no destructiva a la ingeniería automatizada para cumplir con estos requisitos, para explicar la naturaleza del color y ayuda a medirlo cuantitativa y objetivamente. Incluye descripciones relevantes de la ciencia del color y la aplicación de técnicas colorimétricas actuales en la industria alimentaria.

Los valores del pH del tomate de árbol utilizando diferentes revestimientos comestibles se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto del tiempo de almacenamiento, se observó que mientras más días pasaron almacenados los tomates el pH incremento su valor, dado que para el día 0 los tomates presentaban un pH de 5,91; y para el día 28 las medias se ubicaron en 6,34, razón que justifica la disminución del contenido de ácido cítrico y por consiguiente el incremento del pH y sólidos solubles con el transcurso de los días

En tanto, que acidez reportó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por lo que se pudo determinar que, al inicio del experimento, es decir, el día 0 el porcentaje de acidez fue de 2,17%, no obstante, el día 28 de tratamiento disminuyó a 1,14% Estos resultados pueden deberse a que la acidez tiende a disminuir con la madurez de los frutos, cuando se produce un aumento en el valor de pH, además el recubrimiento comestible es una capa delgada que se forma directamente sobre la superficie de alimentos como capa protectora, para disminuir el tiempo de almacenamiento.

En el comportamiento de los grados brix se alcanzaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto de los días de almacenamiento, se observa que para el día 0, el valor fue de $9,74^\circ$, posteriormente asciende a $13,17^\circ$ brix a los 28 días. Esta tendencia está relacionada con el retardo del proceso de maduración, razón que justifica la disminución el incremento del pH y solidos solubles con el transcurso de los días.

En el análisis de firmeza de los tomates de árbol conservados con diferentes recubrimientos comestibles se registraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre medias por efecto de los días de almacenamiento, estableciéndose un descenso en las medias, ya que el día 0 el tomate de árbol se presentó un valor de firmeza de 4,24 puntos; observándose una disminución de su valor a 2,05 puntos a los 28 días de evaluación, lo que indicó que los tratamientos con recubrimientos comestibles con el transcurso de los días no logro retardar el proceso de maduración. Debido a que la firmeza de las frutas disminuye con el tiempo de almacenamiento, porque la capacidad de síntesis de sustancias fungistáticas naturales (fitoalexinas) que protegen a las frutas desaparece

4.4. Características físico químicas de los tomates de árbol por efecto de la interacción entre tipo de recubrimiento y días de almacenamiento

4.4.1. Sin recubrimiento comestible

Los resultados de la valoración colorimétrica de los tomates de árbol sin recubrimiento por efecto de los días de almacenamiento presentaron diferencias numéricas, determinando que para el día 0 de almacenamiento los tomates tenían un valor de coordenadas de luminosidad *L de 37,27, descendiendo su valor el día 28 a 36,03, como se reporta en la tabla 4-3.

Con respecto a la coordenada a* es decir valor positivo (rojo) y negativo (verde) de los tomates de árbol sin recubrimiento, se observó que al inicio de la investigación el valor que presentaban los tomates era de 22,19, al transcurrir los 28 días presentaron un descenso en el color a 20,41

El comportamiento de este parámetro colorimétrico valor positivo (amarillo) y negativo (azul). Para los tomates de árbol sin recubrimiento (tratamiento testigo), por efecto de la interacción entre los días de almacenamiento y los tratamientos se presentó diferencias numéricas, dado que el día 0 de evaluación las medias se ubicaron en 23,62, aumentando su valor el día 28 donde las medias fueron de 33,53. Lo que demuestra el efecto que tiene el uso de recubrimientos sobre el retardo en la maduración del tomate.

Tabla 10-4 Evaluación de las características físico químicas de los tomates de árbol por efecto de la interacción entre sin recubrimiento y días de almacenamiento.

VARIABLE	Sin recub Día 0	Sin recub Día 7	Sin recub Día 14	Sin recub Día 21	Sin recub Día 28
Rendimiento negro o blanco.	37,27 ab	20,37 e	32,62 bc	33,82 bc	36,03 ab
Valor positivo (rojo) y negativo (verde).	22,19 a	18,83 a	22,50 a	22,02 a	20,41 a
Valor positivo (amarillo) y negativo (azul).	23,62 c	29,15 c	17,07 d	22,03 c	33,53 b
pH	5,92 c	6,06 a	6,32 b	6,72 b	7,09 b
Acidez	2,18 a	1,92 a	1,66 a	1,39 a	1,14 a
Grados brix	9,75 a	10,45 a	11,53 a	12,80 a	13,43 a
Firmeza	4,25ab	3,80 ab	3,23 ac	2,49 cd	1,84 ad

Elaborado por: Moyano Rosa, 2021.

En los valores de pH del tratamiento sin recubrimiento de los tomates de árbol, por efecto de los días de almacenamiento, se observan diferencias numéricas con un incremento de acuerdo a los días evaluados, donde el día 0 el pH de los tomates era de 5,92, aumentado el día 28 a 7,09.

La acidez de los tomates de árbol sin recubrimiento evaluados según los días de almacenamiento disminuyó de 2,18% a 1,14% a los 28 días de almacenamiento, un comportamiento diferente se observó en el parámetro sólido soluble (SS) expresado en °brix presentó efecto de aumento donde se observa que las muestras el día 0 tenían un valor de 9,75, y para el día 28 las medias reportadas fueron de 13,43°. La firmeza inicial del tratamiento sin recubrimiento fue de 4,25; con respecto al tiempo de almacenamiento se aprecia una disminución en el día 28 de 1,84.

4.4.2. Recubrimiento comestible almidón de papa

De acuerdo a la variable rendimiento negro blanco (luminosidad), en los tomates que se utilizó el almidón de papa como recubrimiento comestible, se aprecia que al efectuar el análisis de esta varianza, se registró diferencias altamente significativas ($P > 0.01$), por efecto de la integración entre el tipo de recubrimiento comestible y el tiempo de almacenamiento, siendo el valor inicial

de luminosidad *L de 23,84; aumentando su valor a 21.94 el día 7; así como a 36.14 el día 14; además el día 21 la respuesta fue de 32.88; el sin embargo al día 28 se aprecia una disminución de la luminosidad a 28,17, como se indica en la tabla 5-4.

Tabla 11-4 Efecto de la interacción entre tipo de recubrimiento (almidón de papa) y días de almacenamiento

	Almidón de papa día 0	Almidón de papa día 7	Almidón de papa día 14	Almidón de papa día 21	Almidón de papa día 28
Rendimiento negro o blanco.	23,84 d	21,94 d	36,14 b	32,88 bc	28,17 cd
Valor positivo (rojo) y negativo (verde).	24,55 a	23,16 a	22,60 a	18,13 a	17,30 a
Valor positivo (amarillo) y negativo (azul).	40,03 b	35,00 b	23,62 c	21,04 cd	16,06 de
Ph	5,90 a	5,97 ab	6,03 a	6,10 a	6,16 a
Acidez	2,17 a	1,90 b	1,64 b	1,37 c	1,09 c
Grados Brix	9,70c	10,68 b	11,40 b	12,63 a	13,35 a
Firmeza	4,23 a	3,85 b	3,25 bc	2,43 c	1,78 d

Elaborado por: Moyano Rosa, 2021.

Para la variable valor positivo (rojo) y negativo (verde) de los tomates de árbol revestidos con Almidón de papa se presentó diferencias estadísticas ($P < 0.05$), apreciándose una tendencia de disminución con el transcurso de los días de almacenamiento, siendo el valor de la coordenada de color a^* de 24,55 el día 0, descendiendo a 17,30 a los 28 días de almacenamiento.

La variable valor positivo (amarillo) y negativo (azul) el día 0 de evaluación las medias se ubicaron en 40,03, mientras que el día 28 el valor desciende a 16,06, demostrando que a medida que pasan los días de almacenamiento la coloración de los tomates disminuye.

La evaluación del pH de los tomates de árbol por efecto de la interacción entre el tipo de recubrimiento (almidón de papa) y los días de almacenamiento establecido un incremento en el valor de las medias conforme a como transcurrieron los días de almacenamiento, presentándose en los tomates de árbol un valor de 5,90 al inicio del experimento, aumentando 6,16 a los 28 días.

El porcentaje de acidez presentó una tendencia de disminución siendo el valor porcentaje de acidez el día 0 de 2,17%, obteniéndose a continuación un valor de 1.90 a los 7 días de almacenamiento, seguido de la acidez de 1.64 a los 14 días así como de 1.37 a los 21 días en tanto que el mínimo porcentaje de acidez se presentó el día 28 con valores medios de 1,09%. Por lo tanto, se aprecia que la acidez sufrió un descenso a medida que se incrementó el tiempo de almacenamiento

En los resultados obtenidos en la evaluación de los grados brix se observa que para el día 0 de evaluación las medias fueron de 9,79° aumentando significativamente el día 28 con un valor de 13,35°. Por su parte, el comportamiento del parámetro de firmeza de los tomates tratados con almidón de papa durante el almacenamiento se observa que el valor del día 0 fue de 4,23; disminuyendo 1,78 a los 28 días.

4.4.3. *Recubrimiento comestible Alginato*

La variable rendimiento negro blanco utilizando como recubrimiento comestible el alginato reportó en el análisis de varianzas diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto de la interacción entre diferentes niveles de recubrimiento y los días de almacenamiento, por lo tanto se observó que el día 0 de almacenamiento el valor fue de 38,99; y que disminuyó a 26,62 el día 28 de la evaluación.

Tabla 12-4 Efecto de la interacción entre tipo de recubrimiento (alginato) y días de almacenamiento

VARIABLES	Alginato Día 0	Alginato Día 7	Alginato Día 14	Alginato Día 21	Alginato Día 28
Rendimiento negro o blanco.	38,99 ab	21,69 d	31,05 c	37,39 ab	26,62 cd
Valor positivo (rojo) y negativo (verde).	21,15 a	24,06 a	24,40 a	20,05 a	16,36 a
Valor positivo (amarillo) y negativo (azul).	25,59 c	32,73 b	15,10 e	28,58 c	14,12 e
pH	5,90 ab	5,94 ab	5,99 ab	6,04 a	6,09 a
Acidez	2,17 a	1,91 b	1,66 b	1,40 b	1,14 c
Grados Brix °B	9,75 c	10,35b	11,10 b	12,20 a	13,20 a
Firmeza	4,28 a	3,80 b	3,40c	2,63c	2,13c

Elaborado por: Moyano Rosa, 2021.

De acuerdo con los valores obtenidos de la variable valor positivo (rojo) y negativo (verde), se aprecian diferencias altamente significativas por efecto de la interacción entre los diferentes tipos de recubrimientos comestibles y el tiempo de almacenamiento determinándose que al evaluar el recubrimiento del tomate de árbol con alginato, al inicio la coordenada de color a^* se registró un valor de 21,15; ahora bien, en 28 posteriores a la evaluación estos valores descendieron a 16,36.

En la evaluación realizada de la variable valor positivo (amarillo) y negativo (azul), utilizando recubrimiento comestible alginato el valor inicial de la coordenada de color b^* , fue de 25,59, en tanto que a los 7 días el valor ascendió a 32.73 para posteriormente descender a 15.10 en el día 21 y finalmente ascender a 28.58 el día 28 de tratamiento.

En cuanto a los valores de pH presentes en se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por lo que se determinó que el pH inicial fue de 5,90; mostrando un comportamiento de aumento a 6,09 a los 28 días de tratamiento.

El análisis de varianza se muestra que la acidez fue afectada por la interacción entre los días de almacenamiento y el alginato como recubrimiento comestible con diferencias altamente significativas, observándose que a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento los valores mostraron una ligera disminución, las muestras el día 0 de la evaluación presentaron un valor de 2,17%, mientras que el día 28 el valor fue de 1,14%.

En cuanto al comportamiento de los grados brix el día 0 las medías presentaban un valor de $9,75^{\circ}\text{B}$, seguido de un aumento en el día 7 de almacenamiento, así como a 11.10°brix en las muestras almacenadas a los 21 días como también a 12.20°brix en el día 21 y finalmente incrementar a $13,20^{\circ}\text{B}$, el día 28 de almacenamiento.

Por último, los resultados obtenidos en la evaluación de firmeza se determinaron que los valores disminuyen al pasar los días, ya que al inicio del tratamiento los valores de firmeza fueron de 4,28, y a los 28 días las medías disminuyeron su valor a 2,13.

4.4.4. Recubrimiento colágeno liofilizado

En la evaluación de los valores de la coordenada de Luminosidad $*L$ de los tomates de árbol recubiertos con colágeno liofilizado se aprecian diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), para el día 0 de la evaluación se presentaron valores de 31,43; posteriormente el día 28 de almacenamiento se presentó un aumento a 33.63.

Tabla 13-4 Efecto de la interacción entre tipo de recubrimiento (colágeno liofilizado) y días de almacenamiento

VARIABLE	Colágeno Día 0	Colágeno Día 7	Colágeno Día 14	Colágeno Día 21	Colágeno Día 28
Rendimiento negro o blanco.	31,43 bc	30,45 c	44,45 a	35,55b	33,63 bc
Valor positivo (rojo) y negativo (verde).	20,83 a	27,68 a	21,39 a	26,42 a	20,24 a
Valor positivo (amarillo) y negativo (azul).	16,92 de	43,24 a	32,41bc	24,32 c	22,64 c
pH	5,91 a	5,94 a	5,97 a	6,00 a	6,04 a
Acidez	2,18 a	1,93 a	1,68 a	1,43 a	1,18 a
Grados brix	9,75 a	10,15 a	10,90 a	11,70 a	12,70 a
Firmeza	4,23 a	4,03 b	3,75bc	3,01bc	2,48 d

Elaborado por: Moyano Rosa, 2021.

En cuanto al análisis colorimétrico de la coordenada valor positivo (rojo) y negativo (verde), de los tomates de árbol recubiertos con colágeno liofilizado (a*), se observa que para día 0 las medias presentaron un valor de 20.83; por su parte a los 28 días de almacenamiento las medias fueron 20,24.

En el análisis de la variable colorimétrica valor positivo (amarillo) y negativo (azul), el día 0 fue de 16,92; descendieron el día 28 a 22,64.

El comportamiento de la varianza para el pH el día 0 fue de 5,91, aumentando a 6,04 el día 28. Sin embargo en todos los casos se denota un carácter ligeramente ácido del tomate.

La influencia del recubrimiento colágeno liofilizado en los tomates de árbol sobre la variable acidez no reportaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), entre tratamientos ya que el día 0 la acidez fue de 2,18% observándose una disminución para los días 28 de 1,18%. Es decir que la mayor acidez se reporta en los tomates de árbol que no se aplicó recubrimiento.

Con respecto a la variable grados Brix de los tomates recubiertos con colágeno liofilizado no reportaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), inicialmente se presentó un valor de 9,75 °brix, el mismo que en el transcurso del tiempo, es decir, a los 28 días aumentó a 12.70°.

Con relación al parámetro de firmeza, se evidencia que los resultados no presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$), presento una tendencia hacia la disminución, de la firmeza en el tomate de árbol puesto que se evidencio que el día 0 de evaluación del tomate de árbol las medias fueron de 4,23; descendiendo a 2,48 hasta el día 28 de evaluación.

4.5. Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente se puede observar que tanto en los tomates sin recubrimiento, como los tomates donde se utilizó diferentes tipos de recubrimiento los parámetros evaluados tuvieron comportamientos similares, es decir, en cuanto a las variables de pH y grados brix en todos los tratamientos aumentaron su valor con el paso de los días de almacenamiento, mientras que la acidez y la firmeza disminuyen su valor, lo que significa que la acidez total en tomates disminuye gradualmente con estados más avanzados de maduración, por lo que su pH va en aumento y en algunas ocasiones permanece constante si la variación en la acidez total no es muy significativa.

Por su parte, los sólidos solubles evaluados mostraron un aumento progresivo a medida que los frutos maduraban, este aumento puede ser atribuido a la degradación del almidón debido probablemente a un aumento en la actividad de las enzimas que hidrolizan el almidón

Por el contrario, en la valoración de color se presentaron diferencias en cuanto al tipo de recubrimiento utilizado en el ensayo, ya que luminosidad disminuyo su valor tanto en el tratamiento sin recubrimiento como en el tratamiento donde se utilizó Alginato, por el contrario, el parámetro Valor positivo (amarillo) y negativo (azul), aumento su valor tanto en el tratamiento sin recubrimiento como en los tomates recubiertos con colágeno liofilizado. Por último, se evidencio que el Valor positivo (rojo) y negativo (verde), mantuvo una tendencia de disminución en todos los tratamientos.

Estos resultados indican la capacidad del recubrimiento de generar un efecto similar al de las atmósferas modificadas, gracias a la barrera semipermeable al dióxido de carbono y al oxígeno, generada por sus componentes, haciendo que los tomates con el revestimiento disminuyan la intensidad de color, conservando su calidad fisicoquímica y sensorial por un tiempo mayor.

El recubrimiento resultó una buena alternativa de conservación del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), debido a sus excelentes propiedades de barrera frente a la transferencia de agua, las cuales se ven reflejadas en la características físico - químicas, y una buena apariencia,

lo que llevó a los frutos recubiertos a incrementar su vida de anaquel ya que se determinó que el recubrimiento no genera alteraciones en las propiedades organolépticas de los frutos recubiertos

4.6. Análisis microbiológico

La evaluación microbiológica para el recuento microbiológico (aerobios mesófilos) y la presencia de mohos y levaduras se realiza con la finalidad de comprobar el efecto antimicrobiano que tienen los diferentes tipos de recubrimientos comestibles sobre la calidad sanitaria de los productos analizados, además de eso, indica las condiciones higiénicas de la materia prima, la forma de manipulación durante su elaboración. De acuerdo con el estudio realizado se presentan los valores de UFC/g del crecimiento microbiano para cada uno de los tratamientos durante los días de almacenamiento y el tipo de recubrimiento se observa que al inicio del tratamiento no existió presencia de carga microbiana, sin embargo al realizar la evaluación a los 7 días de almacenamiento se observó una mínima carga microbiana para el tratamiento de control siendo de 3×10^{-1} UFC/g y de 5×10^{-1} UFC/gr, en los tratamientos donde se utilizó recubrimientos comestibles de almidón de papa.

Por su parte el día 14 de evaluación los tomates de árbol del tratamiento sin recubrimiento presentaron la mayor presencia de microorganismos con un valor de $1 \times 10^{+0}$ UFC/gr, disminuyendo a 3×10^{-1} UFC/gr en el tratamiento con alginato. Un comportamiento similar se reportó el día 21 y 28 donde los tomates del tratamiento de control presentaron la mayor carga microbiana de $1,5 \times 10^{+0}$ y $3,75 \times 10^{+0}$ UFC/gr reduciendo la proliferación de microorganismos a 5×10^{-1} y $1 \times 10^{+0}$ UFC/gr al utilizar recubrimiento de alginato.

Este comportamiento se debe a que el alginato posee una gran actividad antimicrobiana por sus características físico-químicas naturales presentes en su estructura que inhiben la reproducción o crecimiento de ciertos microorganismos que causan el deterioro de los alimentos, es por ello que entre los polisacáridos, el alginato constituye uno de los biopolímeros más usados debido a unas propiedades coloidales únicas y a su habilidad para formar geles fuertes o polímeros insolubles al reaccionar con cationes metálicos polivalentes como el calcio los cuales presentan buenas características para ser empleados como películas comestibles que ayudan al mantenimiento de la calidad del producto durante el almacenamiento.

4.7. Evaluación Económica

Al efectuar el análisis económico de la producción de tomate de árbol utilizando diferentes recubrimientos comestibles se aprecia que los egresos producto de la compra de tomate de árbol,

ingredientes para realizar el recubrimiento fueron de \$ 33,55 al utilizar almidón de papa. \$ 34,25, al recubrir con alginato y finalmente de 35.15 utilizando colágeno liofilizado como recubrimiento comestible.

Al efectuar la comercialización de los tomates de árbol los ingresos fueron de \$ 39,00 para el tratamiento T1 (almidón de papa), USD 40,50; en el tratamiento T2 (alginato) y 45.00 en el tratamiento T3 (colágeno liofilizado), como se indica en la tabla 7-3.

Tabla 14-4 Evaluación Económica de la producción de tomate de árbol utilizando diferentes recubrimientos comestibles

DETALLE	Almidón de papa	Alginato	Colágeno liofilizado
	T1	T2	T3
Compra de tomate	14,00	14,00	14,00
Almidón de papa	6,00		
Alginato		7,00	
Colágeno liofilizado			8,00
Glicerina	7,50	7,50	7,50
CMC	2,00	2,00	2,00
Aceite esencial	2,00	2,00	2,00
Agua destilada	2,45	2,45	2,45
Total	33,55	34,25	35,15
Costo por tomate producido	0,18	0,18	0,18
Costo venta tomate unid	0,30	0,30	0,30
Costo venta tomate total	39,00	40,50	42,00
Relación beneficio costo	1,16	1,18	1,20

Elaborado por: Moyano Rosa, 2021

Una vez determinados los ingresos y los egresos se determinó la relación beneficio costo que fue la más alta en el grupo de tomates del tratamiento T3 (colágeno liofilizado), con un valor nominal de \$ 1.20; es decir, que por cada dólar invertido se espera una ganancia de 20 centavos de dólar o lo mismo que decir una utilidad del 20 %, y que disminuyó a \$ 1.18 en los tomates que fueron recubiertos con alginato debido a que la relación beneficio fue de \$ 1.18 es decir por cada dólar invertido se tiene una utilidad de \$ 0,18 centavos de dólar,

Finalmente la relación beneficio costos más baja fue la ubicada en el lote de tomates que fueron recubiertos con almidón de papa, de los resultados expuestos se aprecia que la aplicación de colágeno liofilizado produce tomates de árbol de muy buena calidad debido a que controlan la maduración mejorando significativamente la apariencia y calidad del producto haciéndolo más llamativo para el consumidor y por ende más comercial con el plus de una vida de anaquel más larga, por lo tanto se puede almacenar por un mayor tiempo sin correr el riesgo de que entren rápidamente en un proceso de putrefacción

CAPITULO V

5. PROPUESTA

Titulo

Aplicación de recubrimiento comestible a base de colágeno liofilizado enriquecido con aceite de mandarina para alargar la vida de anaquel del tomate de árbol.

Beneficiarios

Agricultores, Productores, microempresas y consumidores

Responsables

Autora de la investigación

Tutor de la investigación.

5.1. Antecedentes Investigativos

En los últimos años la creciente demanda de alimentos que conserven al máximo sus propiedades organolépticas ha fomentado una mejora continua de los procesos empleados en la industria alimentaria, con el objetivo de asegurar su conservación y sin afectar su calidad y vida útil, lo que representa una reducción en la pérdida o ganancia de humedad, aromas, oxidaciones y contaminantes microbianos que conduce a la extensión de vida de anaquel de los alimentos, es decir que durante más de dos décadas, varios proyectos de investigación se han centrado en el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles, basados en compuestos naturales, para su aplicación en productos frescos y procesados.

Los recubrimientos comestibles, se define como una capa delgada de material comestible que se deposita sobre los alimentos como recubrimiento para prolongar la vida útil de las verduras frescas. El mecanismo por el cual conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa su deterioro, controlan la respiración y la senescencia de forma similar a las atmósferas modificadas, mejoran las propiedades sensoriales, ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y también pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios, además modifican las propiedades mecánicas puesto que forman una barrera semipermeable a gases y vapores entre el alimento recubierto y la atmósfera circundante. Los

resultados de algunas investigaciones muestran la efectividad de las películas comestibles en la conservación de las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de los alimentos. Todas estas tecnologías de conservación se desarrollan con la finalidad de garantizar la seguridad del alimento a lo largo de todo el almacenamiento. Pero también a preservar su preparación, tenga una larga duración y sean respetuosos con el medio ambiente.

5.2. Justificación

Las grandes pérdidas económicas de las frutas después de su cosecha se deben principalmente por el ataque microbiano, causando su deterioro, por ello se ha visto en la necesidad de utilizar tecnologías adecuadas para su conservación, una de estas técnicas es la aplicación de los recubrimientos comestibles (RC), que son capas delgadas de biopolímeros aplicadas sobre la superficie de la fruta, que reducen la respiración, crecimiento microbiano, disminuyendo los desórdenes fisiológicos. Las películas y recubrimientos comestibles pueden ser portadores de aditivos alimentarios u otras sustancias para resaltar el sabor, color, textura, controlar el crecimiento microbiano y en general mejorar el comportamiento de producto recubrimiento.

Esta tecnología es respetuosa con el medio ambiente y, en cierta medida, puede sustituir los envases de plástico por envases naturales y biodegradables, tanto los empaques, así como las películas plásticas se presentan como una estructura autónoma que encierra a un alimento con la finalidad de contrarrestar y prevenir la degradación, proteger el producto contra ataques microbiológicos, protección contra daño mecánico, alargar la vida útil en percha y además de facilitar la distribución y comercialización de los productos.

5.3. Objetivos

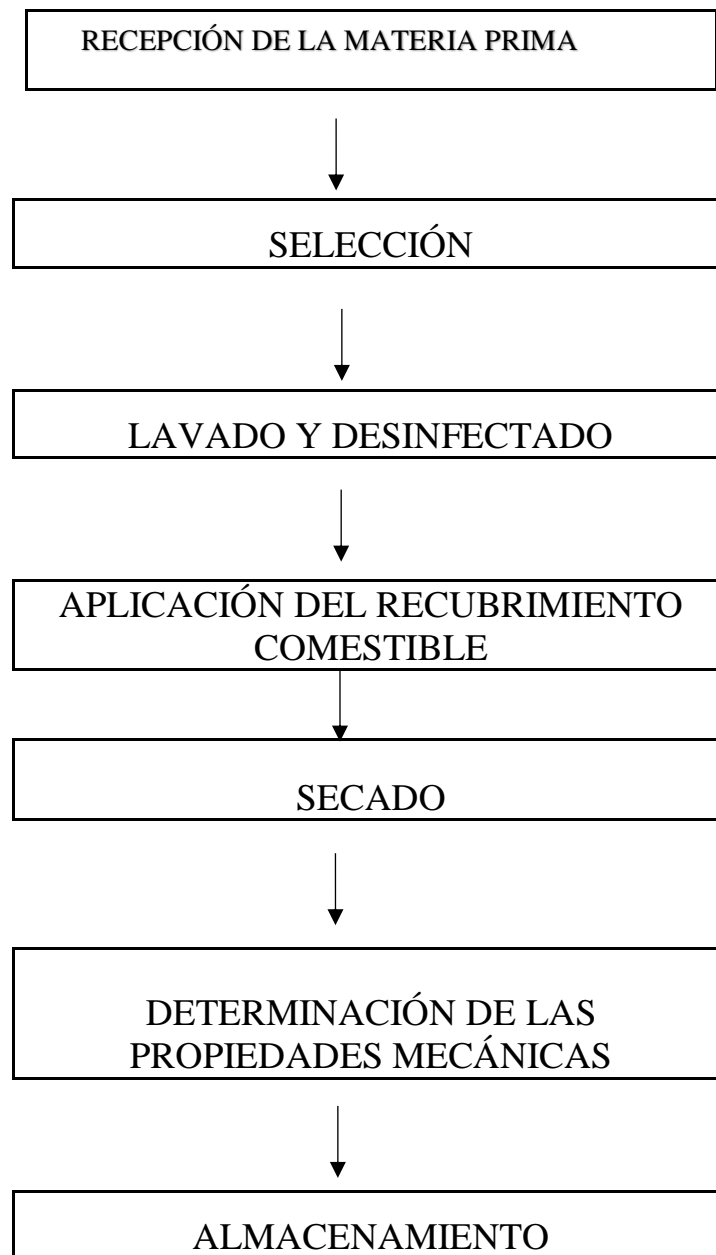
5.3.1. Objetivo general

Aplicar un recubrimiento comestible a base de colágeno liofilizado enriquecido con aceite de mandarina (*Citrus reticulata*) para alargar la vida de anaquel del tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

5.3.2. Objetivos Específicos

- Aplicar una tecnología adecuada para obtener un producto inocuo, mediante el uso del recubrimiento comestible enriquecido con aceite esencial de mandarina (*Citrus reticulata*)”.

- Determinar el efecto de la interacción entre tipo de recubrimiento y días de almacenamiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum*).
- Determinar el costo de venta del tomate de árbol con el recubrimiento comestible a base de colágeno liofilizado enriquecido con aceite de mandarina



*Figura 2-5 Diagrama de Flujo del procedimiento para la obtención del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), utilizando un recubrimiento comestible (colágeno liofilizado) enriquecido con aceite esencial de mandarina (*Citrus reticulata*)”*

Elaborado por: Moyano, Rosa, 2021

5.4. Descripción del proceso de la aplicación del recubrimiento comestible en el tomate de árbol.

5.4.1. *Recepción*

La fruta se recibirá bajo determinadas condiciones de maduración, fresca, entera y en buen estado y sin abrasiones.

5.4.2. *Selección.*

Los tomates se seleccionarán de acuerdo a su calidad, que estén libres de lesiones mecánicas y se aceptarán las de apariencia firme, exentas de hongos visibles y de color homogéneo.

5.4.3. *Lavado.*

Los tomates deberán ser sumergidos en agua, cuidadosamente, con la finalidad de retirar impurezas. Posteriormente se desinfecta con ECOCLEAN en 60 PPM, luego lavar con abundante agua para retirar cualquier residuo

5.4.4. *Aplicación del recubrimiento comestible*

Cada lote de tomate de árbol se someterá a los diferentes tratamientos, utilizando el recubrimiento comestible (Colágeno Liofilizado). La aplicación directa de la solución formadora de película comestible sobre el producto, se puede llevar a cabo a través del método de inmersión. Para ello se emplearán tanques que contendrán la formulación formadora de cubiertas, para posteriormente proceder al escurrido y secado.

5.4.5. *Secado*

Los lotes de tomate recubiertos serán colocados en ganchos para proceder al secado mediante ventilación a 20°C por 40 minutos

5.4.6. *Determinación de las propiedades mecánicas*

Se evaluó los parámetros físico – químicos como: humedad, pH, sólidos solubles, vitamina C, acidez, textura, microbiológicos: aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras y sensoriales

5.4.7. Almacenamiento.

Las muestras de fruta serán almacenadas a una temperatura de 4 a 5° C

5.5. Buenas Prácticas de manufactura para el proceso de recubrimiento del tomate de árbol

Las BPM conciernen con temas de personal, instalaciones, mantenimiento de registros, saneamiento, limpieza, validación de procesos, entre otros, a continuación, se hace un rápido barrido por algunos de los requerimientos establecidos para cada aspecto de producción de tomate de árbol utilizando diferentes recubrimientos comestibles:

- ✓ **Personal:** La administración deberá brindar educación a los empleados sobre los principios de saneamiento de la planta e higiene personal, mantenimiento de registros, evaluación de productos y procedimientos de manejo de la fruta (tomate de árbol), no solamente al inicio sino a lo largo de su empleo. El uso de rótulos para recordar los procedimientos para ciertas tareas, la supervisión adecuada para asegurar que se está utilizando las BPM tanto en áreas de acondicionamiento como en las de personal (baños y vestidores) es recomendable. En el caso de las prácticas de recolección de fruta, esta recomendación resulta un poco difícil de aplicar dado que generalmente para esta actividad no se tiene una planta de personal fija. Sin embargo, sí se pueden tomar algunos elementos importantes tales como recordar a los recolectores la importancia de la higiene.
- ✓ **Aseo personal:** El personal debe bañarse diariamente antes de entrar a trabajar, Las uñas deben mantenerse limpias y adecuadamente cortadas, no se debe permitir el uso de joyas, en caso de cortadas o vendajes en las manos se deben utilizar guantes desechables, las enfermedades contagiosas deben reportarse, no se debe permitir que personas con alguna enfermedad contagiosa o heridas abiertas manipulen los alimentos, estas recomendaciones de personal aplican a las labores de recolección, acondicionamiento y procesamiento.
- ✓ **Uniformes:** Los uniformes como son los mandiles deben mantenerse limpios y ordenados, los empleados deben quitarse los mandiles y el equipo antes de utilizar los baños, no usar las batas fuera de la planta, no se permiten bolsillos arriba de la cintura, evitar el uso de ropa para cubrir el uniforme (sacos, chaquetas), los pantalones deben meterse dentro de las botas, las botas deben lavarse antes de entrar al área de producción. Estas recomendaciones de uniforme aplican muy bien en las áreas de acondicionamiento y procesamiento, más que

a las labores de cosecha, sin embargo, algunas recomendaciones pueden ser también aplicables a esta labor.

- ✓ **Lavado de manos:** las manos se deben lavar después de toser, estornudar, usar el baño, fumar, periodos de descanso, manipular contenedores sucios, materiales de desecho o productos de origen animal, usar el teléfono, se debe disponer de dispensadores de pared de jabón antibacterial, solución desinfectante y toallas desechables con las cuales se debe cerrar el grifo del agua una vez se hallan secado las manos, estas recomendaciones son aplicables tanto a labores de campo como de acondicionamiento, aunque en algunos casos los lotes de producción son tan grandes que lavarse las manos después de toser o estornudar implica una pérdida de tiempo para el recolector, en estos casos podría pensarse en el uso de pañuelo para toser o estornudar

- ✓ **Norma de conducta:** no es permitido fumar, ni escupir, las herramientas o partes de mantenimiento no deben colocarse sobre las superficies de contacto con los alimentos, los alimentos se deben ingerir en áreas específicas, separadas del área de trabajo o acondicionamiento de alimentos, no se debe correr, jugar, o apoyarse en los equipos, estas recomendaciones se aplican más a los puntos o centros de acondicionamiento de la fruta

CONCLUSIONES

- El uso de recubrimiento es una buena alternativa de conservación del fruto de tomate de árbol (*Solanum betaceum*), debido a sus propiedades de barrera frente a la transferencia de agua, las cuales se ven reflejadas en la reducción de microorganismos patógenos, una mayor firmeza y una buena apariencia.
- La utilización de recubrimientos comestibles promueven la mejores características físico-químicas de vida de anaquel a los tomates de árbol, como en el caso de la valoración colorimétrica y firmeza, donde las más altas respuestas se presentaron en los tratamientos por efecto del colágeno liofilizado con valores de 35,10 (coordenada L*); 23,31 (coordenada a*); 27,90 (coordenada b*) y 3,50 (firmeza); mientras que el pH, la acidez y los grados brix alcanzaron su menor valor utilizando el mismo recubrimiento de colágeno con medias de 5,97; 1,68% y 11,04°. Con respecto a los sólidos solubles expresados en grados brix y el pH aumentaron en todo el periodo de almacenamiento (28 días), mientras que, acidez y la firmeza se vieron afectados por los diferentes tipos de recubrimientos, teniendo un comportamiento decreciente a medida que transcurrió el tiempo de evaluación.
- Se logró comprobar la efectividad del alginato y el almidón de papa como agentes antimicrobianos para evitar crecimiento de aerobios mesófilos, de mohos y levaduras en el tomate de árbol almacenado en comparación a la muestra control la cual presentó el mayor recuento de $3,75 \times 10^{+0}$ (UFC)/g a los 28 días de almacenamiento.
- El mayor beneficio costo se consigue al utilizar como recubrimiento comestible en el tomate de árbol el colágeno liofilizado puesto que los valores de relación beneficio costo fueron de 1.20 es decir que por cada dólar invertido se obtiene una utilidad de 20 centavos de dólar o lo mismo que decir el 20 % de utilidad.

RECOMENDACIONES

- Aplicar películas comestibles ya que su efecto conserva las características físico-químicas y sensoriales de los alimentos durante periodos más largos, además de poseer propiedades antimicrobianas protegiéndolos del deterioro.
- Evaluar la aplicabilidad de los diferentes recubrimientos comestibles para prolongar la vida útil en algunas otras frutas y vegetales.
- Desarrollar estudios donde se evalúen y aprovechen diferentes subproductos de la industria de los alimentos para la creación de recubrimientos comestibles debido a su efectividad en la conservación de alimentos como el tomate de árbol.

IBLIOGRAFÍA

- Agboola, S. &. (2017). *Physicochemical and functional properties of low DS cassava starch acetates and citrates*. Buenos Aires: Imperio.
- Agusti, F. (2018). *Tratado de Citricultura* (Segunda edición ed.). Madrid, España : Mundi - Prensa.
- Agusti, M. (2012). *Citricultura*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Alapont, C. &. (2020). *Guía para la determinación de la vida útil de los alimentos*. Madrid, España: 2020.
- Almeida, A. (2014). *Estudio de la conservación de la papaya (Carica papaya L.) asociado a la aplicación de películas comestibles*. Caracas: Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Amaya, J. H. (2014). *Tratado sobre el Tomate de árbol*. Lima: Gobierno Regional de la libertad.
- Amaya, P. &. (2010). *Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate*. Brasilia: Petronic.
- Andrade, J. &. (2013). *Elaboración y evaluación de un recubrimiento comestible para la conservación postcosecha del tomate de árbol Cyphomandra betacea Cav. Sendt. Nariño*. Pasto: Universidad de Nariño. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v25n6/art08.pdf>
- Andrade, J. &. (2019). *Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (Cyphomandra betacea S.)*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642014000600008&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
- Andrade, J. &. (22 de Abril de 2021). *Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (Cyphomandra betacea S.)*. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v25n6/art08.pdf>
- Araújo, A. (2020). *Areas of plant diversity—What do we know?* Texas: Anime.
- Azar, S. (2017). *Vitamin C: Fuction and biochemistery in animals and plants* (Segunda edición ed.). Florida: BIOS Scientific Publisher.
- Badui, S. (2015). *Química de los alimentos*. México df: Alhambra Mexicana.
- Badui, S. (2018). *Química de los alimentos* (Tercera edición ed.). México DF, México: Alhambra Mexicana.
- Barrazueta, S. &. (2018). *Cambios en las propiedades fisicoquímicas durante el almacenamiento de carica papaya utilizandotres recubrimientos comestibles*. Valparaizo: Genesisi. doi:<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..201>

- Barrazueta, S., Falcon, J., Navarro, M., Oleas, J., & Mendoza, G. (2018). Propiedades fisicoquímicas y aplicación de recubrimientos comestibles en la conservación de fresa (*Fragaria x Ananassa*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 35-98.
- Barrazueta, S., Falconí, J., Navarro, M., Oleas, J., & Mendoza, G. (2018). Pysicochemical properties and application of edible coatings in strawberry *Fragaria x Ananassa*) preservation. *Revista Facultad Nacional de Agronomia*, 71(3). doi:doi: 10.15446/rfnam.v71n3.73548
- Bigi, A. &. (2016). *Stabilization of gelatin films by crosslinking with genipin*. Texas, Estados Unidos : Liberry.
- Cando, L. (2013). *Evaluación de tres tipos de injertos de tomate de árbol*. Guaranda: Universidad de Guaranda.
- Cardenas, R. (2017). *La Mandarina y su valor nutricional*. Recuperado el 12 de Julio de 2020, de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/mandarina_tcm30-102685.pdf
- Cardenas, R. (12 de Julio de 2020). *La mandarina y su valor nutricional*. Obtenido de La mandariana y su valor nutricional: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/mandarina_tcm30-102685.pdf.
- Carreres, J. (4 de Septiembre de 2020). *Métodos para estimar la vida útil de un producto alimentario*. Obtenido de Métodos para estimar la vida útil de un producto alimentario: <http://tecnoalimentalia.ainia.es/web/tecnoalimentalia/ultimas-tecnologias/-/articulos/rT64/content/3-metodos-para-estimar-la-vida-util-de-un-producto-dealimentacion>
- Carter, H. &. (2011). *Underguate Econometrics*. Nueva York: Wiley & Sons.
- Castro, A. (2013). *Efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles en la calidad poscosecha del tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.)*. Escuela Politecnica Nacional. Quito: ESPN.
- Cedeño, O. &. (2017). *Determinación del tipo de preservante apto para la preservación del jugo de zanahoria*. Chone: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Cheftel, D. (2016). *Pardeamiento enzimatico y tratamientos físicos en la introducción a la Bioquímica*. Madrid: Acribia.
- Ciro, H. &. (2016). *Estudio experimental de la fuerza de fractura en frutas tropicales: el tomate de árbol (Cyphomandra betaceum Sendt)*. Lima: DYNA´S.
- Comité de seguridad alimentaria mundial. (2017). *La nutrición y los sistemas Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial*. ROMA: HLPE.

- Crick, F. (2016). *Food, nutrition and health: Functional food*. Nueva York, Estados Unidos : Johson and Hoffman.
- Cruz, I. &. (2015). *Aplicación de recubrimiento comestible a base de mucílo de linaza y propóleo para prolongar el tiempo de vida útil de mango Kent (Mangígera Indica L.)*. Lambeyque. Chiclayo: Universidad Señor de Sipán.
- Cruz, I. &. (2017). *Aplicación de recubrimiento comestible a base de mucilago de linaza y propóleo para prolongar el tiempo de vida útil del Mango Kent (Mangifera Indica L.)*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- Davidson, J. (2010). *Econometric Theory*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Dupas, H. &. (2017). *Propiedades térmicas, conductividad y difusividad térmica en industrias de alimentos* (Tercera edición ed.). Ciudad de México, México: Escribia S.A.
- FAO. (2018). *La papa, nutrición y alimentación. Año Internacional de la Papa, 2008* . Recuperado el 1 de Septiembre de 2020, de <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html>.
- Fernández, D. &. (2015). *Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas*. San José de las Lajas: Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Recuperado el 20 de Julio de 2020, de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008
- Gidolquim, G. (2020). *El proceso de la liofilización - Técnicas y operaciones*. Recuperado el 26 de Julio de 2020, de <http://www.ub.edu/talq/es/node/261>
- Guilbert, S. &. (2018). *Películas y envolturas comestibles. En embalaje de los alimentos de gran consumo* (Tercera edición ed.). Zaragoza, España : Arcibia.
- Gujarati, D. &. (2019). *Econometría* (Tercera edición ed.). México Df: McGrawHill.
- INIAP. (14 de Julio de 2014). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/rtomatea>
- Lee, K. &. (2004). *Mechanical properties of gellan and gelatin composite films*. Houston: Carbohydrate Polymers.
- Manzano, J. (2005). *Características de frutos de tomate de árbol*. Ciudad de Mexico: Sociedad tropical de Horticultura.
- Moreno, M. &. (2017). *Efecto del ácido cítrico sobre la madurez del tomate de árbol*. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000200008
- Newman, R. &. (2014). *La Granada*. Roma: Editorial Sirio.
- Núñez, B. (2016). *Retos de la nueva industria alimentaria*. Santiago de Chile: Maderero.
- ONU. (2020). *Propiedades de los alimentos*. Quito: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *FRUTAS Y VERDURAS – ESENCIALES EN TU DIETA*. Roma: Creative Commons Atribución-No Comercial.
- Ortuño, O. (2016). *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. Aiyana: Food science and technology.
- Parzanese, M. (22 de Junio de 2020). *Películas y recubrimientos comestibles. Tecnología para la industria alimentaria*. Obtenido de http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_07_.
- Pedrero, D. &. (2017). *Evaluación sensorial de los alimentos* (Segunda edición ed.). México D.F., México: Alambra Mexican.
- Rico, A. (2016). *Química de los alimentos*. Guanajuato: Galicia.
- Rodriguez, N. (2017). *EFFECTO DEL QUITOSANO COMO REVESTIMIENTO COMESTIBLE EN YACÓN (Smallanthus sonchifollus) MÍNIMAMENTE PROCESADO PARA AUMENTAR SU VIDA ÚTIL*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, CAJAMARCA – PERU. Obtenido de http://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/1720/T016_45331329_T.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rojas, M. (2006). *Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: una nueva estrategia de conservación*. Lleida: Universitat de Lleida.
- Ruiz, C. &. (20 de Abril de 2020). *Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000200002
- Sanz, J., & Gallego, R. (2011). *Diccionario akal del color*. Madrid: Preantice Hall.
- Sarmento, S. &. (2018). *Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis*. Brasília: Corcovao.
- Stacey, A. (2014). *Estudio y análisis de la variedad de mandarina tipo de común de Ecuador y propuesta gastronómica de autor*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- Stock, J., & Watson, M. (2012). *Introduction to Econometrics*. Madrid: Pearson.
- Tello, C. (2020). *Desarrollo de una película comestible de quitosano, cera de abeja y manteca de cacao en el tomate de árbol (Solanum betaceum)*. Quito: Universidad Agraria del Ecuador.
- Toalombo, O. (2014). *ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA MORA DE CASTILLA (Rubus glaucus)*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, AMBATO – ECUADOR. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8447/1/AL%20547.pdf>

- Torrenegra, M. (2016). *Evaluación de un biorecubrimiento comestible, a base de almidón de ñame modificado*. Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v43n3/art08.pdf>
- Vagui, L. (2015). *Essential oil composition and antimicrobial activity of Oranigum majora*. Texas: ORUBI.
- Valero, A. (2011). *Principio de color y holopintura*. San Vicente: Club Universitario.
- Vargas, G. &. (2016). *Propiedades funcionales de almidón de papa (Solanum tuberosum) y su modificación química por acetilación*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2020, de Scientia Agropecuaria: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000400009
- Vera, J., & Cedeño, O. (2017). *Determinación del tipo de preservante apto para la preservación del jugo de zanahoria*. Manabí: Universidad Laica Eloy Alfaro.
- Villarroel, J. &. (2019). *Uso de ceras naturales como medio de conservación de banano (Musa acuminata)*. Lima, Peru: Penelope. Obtenido de <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/362/216>
- Wang, X. &. (2018). *Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies*. Beijing.: Funji.
- Wiley, M. (2016). *Lipids and essential oils as antimicrobial agents* (Segunda edición ed.). Reikiavik , Islandia: Halldor Thomar.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de Colorimetría L

Recubrimientos	tiempo	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
Control	0	42,16	37,65	34,39	34,87	149,07	37,27
Control	7	36,75	17,98	13,28	13,46	81,47	20,37
Control	14	32,18	30,61	32,25	35,45	130,49	32,62
Control	21	35,96	28,74	32,48	38,08	135,26	33,82
Control	28	34,76	37,66	39,81	31,89	144,12	36,03
Almidon de papa	0	34,21	25,18	12,8	23,18	95,37	23,84
Almidon de papa	7	28,97	16,9	21,1	20,77	87,74	21,94
Almidon de papa	14	34,14	36,35	38,36	35,7	144,55	36,14
Almidon de papa	21	35,96	28,74	32,48	34,33	131,51	32,88
Almidon de papa	28	25,73	26,79	32,71	27,45	112,68	28,17
Alginato	0	41,47	32,29	44,3	37,9	155,96	38,99
Alginato	7	31,45	21,2	10,57	23,54	86,76	21,69
Alginato	14	30,52	30,82	32,18	30,66	124,18	31,05
Alginato	21	37,72	35,61	40,91	35,3	149,54	37,39
Alginato	28	24,98	24,01	28,54	28,95	106,48	26,62
Colágeno Liofilizado	0	31,05	31,25	31,88	31,54	125,72	31,43
Colágeno Liofilizado	7	37,75	21,53	36,79	25,74	121,81	30,45
Colágeno Liofilizado	14	45,69	39,69	45,49	46,92	177,79	44,45
Colágeno Liofilizado	21	33,53	34,47	37,8	36,38	142,18	35,55
Colágeno Liofilizado	28	31,66	31,93	35,58	35,36	134,53	33,63

Anexo B. Análisis de Colorimetría a

Recubrimientos	tiempo	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
Control	0	21,04	24,89	21,42	21,41	88,76	22,19
Control	7	31,82	21,52	10,21	11,78	75,33	18,83
Control	14	22,97	24,49	23,52	19,03	90,01	22,50
Control	21	20,12	14,47	18,92	34,56	88,07	22,02
Control	28	15,65	25,22	29,53	11,25	81,65	20,41
Almidón de papa	0	33,66	27,71	12,64	24,17	98,18	24,55
Almidón de papa	7	38,25	22,81	13,88	17,71	92,65	23,16
Almidón de papa	14	25,13	19,75	21,46	24,05	90,39	22,60
Almidón de papa	21	20,12	14,47	18,92	19,01	72,52	18,13
Almidón de papa	28	9,46	17,44	23,58	18,70	69,18	17,30
Alginato	0	22,16	14,73	22,42	25,29	84,60	21,15
Alginato	7	39,28	19,15	14,85	22,97	96,25	24,06
Alginato	14	25,19	22,65	25,54	24,21	97,59	24,40
Alginato	21	21,59	18,64	22,59	17,37	80,19	20,05
Alginato	28	15,42	15,78	16,23	17,99	65,42	16,36
Colágeno Liofilizado	0	18,85	20,29	24,41	19,78	83,33	20,83
Colágeno Liofilizado	7	29,77	21,73	36,04	23,17	110,71	27,68
Colágeno Liofilizado	14	20,89	25,96	18,31	20,40	85,56	21,39
Colágeno Liofilizado	21	34,59	20,53	27,18	23,38	105,68	26,42
Colágeno Liofilizado	28	18,24	16,75	20,33	25,63	80,95	20,24

Anexo C. Análisis de Colorimetría b

Recubrimientos	tiempo	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
Control	0	17,47	15,74	13,84	12,00	59,05	23,62
Control	7	31,1	18,00	11,17	12,60	72,87	29,15
Control	14	10,92	9,86	10,54	11,35	42,67	17,07
Control	21	14,59	10,68	13,52	16,29	55,08	22,03
Control	28	15,68	19,61	19,42	29,12	83,83	33,53
Almidon de papa	0	35,57	28,50	13,99	22,02	100,08	40,03
Almidon de papa	7	36,99	21,33	13,26	15,92	87,50	35,00
Almidon de papa	14	12,23	15,35	16,33	15,13	59,04	23,62
Almidon de papa	21	14,59	10,68	13,52	13,80	52,59	21,04
Almidon de papa	28	7,27	8,91	12,98	10,98	40,14	16,06
Alginato	0	15,65	12,72	17,83	17,77	63,97	25,59
Alginato	7	26,65	21,69	8,29	25,19	81,82	32,73
Alginato	14	9,23	8,98	11,05	8,49	37,75	15,10
Alginato	21	16,98	17,42	18,97	18,09	71,46	28,58
Alginato	28	7,67	8,73	8,76	10,15	35,31	14,12
Colágeno Liofilizado	0	9,27	9,99	11,14	11,9	42,30	16,92
Colágeno Liofilizado	7	31,94	27,09	27,28	21,78	108,09	43,24
Colágeno Liofilizado	14	21,35	17,37	21,41	20,90	81,03	32,41
Colágeno Liofilizado	21	14,34	14,89	16,34	15,22	60,79	24,32
Colágeno Liofilizado	28	11,42	12,13	17,5	15,54	56,59	22,64

Anexo D. Análisis de laboratorio pH del tomate de árbol

Recubrimientos	tiempo	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
Control	0	3,68	3,70	3,71	3,70	14,79	5,92
Control	7	3,7	3,80	3,82	3,82	15,14	6,06
Control	14	3,94	3,97	3,95	3,95	15,81	6,32
Control	21	4,19	4,21	4,20	4,21	16,81	6,72
Control	28	4,43	4,45	4,43	4,42	17,73	7,09
Almidón de papa	0	3,68	3,69	3,69	3,70	14,76	5,90
Almidón de papa	7	3,72	3,73	3,73	3,74	14,92	5,97
Almidón de papa	14	3,76	3,77	3,77	3,78	15,08	6,03
Almidón de papa	21	3,80	3,81	3,81	3,82	15,24	6,10
Almidón de papa	28	3,84	3,85	3,85	3,86	15,40	6,16
Alginato	0	3,68	3,69	3,68	3,69	14,74	5,90
Alginato	7	3,71	3,72	3,71	3,72	14,86	5,94
Alginato	14	3,74	3,75	3,74	3,75	14,98	5,99
Alginato	21	3,77	3,78	3,77	3,78	15,10	6,04
Alginato	28	3,80	3,81	3,8	3,81	15,22	6,09
Colágeno Liofilizado	0	3,68	3,69	3,70	3,70	14,77	5,91
Colágeno Liofilizado	7	3,70	3,71	3,72	3,72	14,85	5,94
Colágeno Liofilizado	14	3,72	3,73	3,74	3,74	14,93	5,97
Colágeno Liofilizado	21	3,74	3,75	3,76	3,76	15,01	6,00
Colágeno Liofilizado	28	3,76	3,77	3,78	3,78	15,09	6,04

Anexo E. Análisis de laboratorio acidez del tomate de árbol

Recubrimientos	tiempo	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
Control	0	2,17	2,18	2,18	2,18	8,71	2,18
Control	7	1,91	1,92	1,92	1,92	7,68	1,92
Control	14	1,65	1,66	1,67	1,65	6,63	1,66
Control	21	1,40	1,40	1,39	1,39	5,58	1,39
Control	28	1,14	1,14	1,15	1,14	4,57	1,14
Almidón de papa	0	2,17	2,17	2,17	2,18	8,69	2,17
Almidón de papa	7	1,90	1,90	1,90	1,91	7,62	1,90
Almidón de papa	14	1,63	1,63	1,63	1,64	6,54	1,64
Almidón de papa	21	1,37	1,37	1,37	1,38	5,47	1,37
Almidón de papa	28	1,10	1,10	1,09	1,09	4,37	1,09
Alginato	0	2,17	2,18	2,17	2,17	8,69	2,17
Alginato	7	1,91	1,92	1,91	1,91	7,66	1,91
Alginato	14	1,65	1,66	1,65	1,65	6,62	1,66
Alginato	21	1,40	1,41	1,40	1,40	5,59	1,40
Alginato	28	1,14	1,15	1,13	1,14	4,55	1,14
Colágeno Liofilizado	0	2,17	2,17	2,18	2,18	8,70	2,18
Colágeno Liofilizado	7	1,92	1,92	1,93	1,93	7,71	1,93
Colágeno Liofilizado	14	1,67	1,67	1,68	1,68	6,71	1,68
Colágeno Liofilizado	21	1,42	1,42	1,43	1,43	5,72	1,43
Colágeno Liofilizado	28	1,18	1,17	1,19	1,19	4,72	1,18

Anexo F. Análisis de laboratorio Sólidos Solubles del tomate de árbol

Recubrimientos	tiempo	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
Control	0	9,80	9,70	9,80	9,70	39,00	9,75
Control	7	10,50	10,40	10,40	10,50	41,80	10,45
Control	14	11,60	11,50	11,60	11,40	46,10	11,53
Control	21	12,80	12,70	12,90	12,80	51,20	12,80
Control	28	13,50	13,20	13,50	13,50	53,70	13,43
Almidón de papa	0	9,70	9,80	9,60	9,70	38,80	9,70
Almidón de papa	7	10,60	10,70	10,80	10,60	42,70	10,68
Almidón de papa	14	11,40	11,30	11,40	11,50	45,60	11,40
Almidón de papa	21	12,60	12,80	12,50	12,60	50,50	12,63
Almidón de papa	28	13,40	13,30	13,40	13,30	53,40	13,35
Alginato	0	9,70	9,70	9,80	9,80	39,00	9,75
Alginato	7	10,30	10,40	10,30	10,40	41,40	10,35
Alginato	14	11,00	11,20	11,00	11,20	44,40	11,10
Alginato	21	12,00	12,30	12,30	12,20	48,80	12,20
Alginato	28	13,20	13,30	13,10	13,20	52,80	13,20
Colágeno Liofilizado	0	9,80	9,70	9,70	9,80	39,00	9,75
Colágeno Liofilizado	7	10,10	10,20	10,10	10,20	40,60	10,15
Colágeno Liofilizado	14	10,90	11,00	10,80	10,90	43,60	10,90
Colágeno Liofilizado	21	11,70	11,80	11,70	11,60	46,80	11,70
Colágeno Liofilizado	28	12,80	12,50	12,70	12,80	50,80	12,70

Anexo G. Análisis de laboratorio Firmeza del tomate de árbol

Recubrimientos	tiempo	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
		I	II	III	IV		
Control	0	4,30	4,20	4,20	4,30	17,00	4,25
Control	7	3,90	3,80	3,80	3,70	15,20	3,80
Control	14	3,20	3,30	3,20	3,20	12,90	3,23
Control	21	2,43	2,53	2,50	2,50	9,96	2,49
Control	28	1,90	1,76	1,80	1,90	7,36	1,84
Almidón de papa	0	4,20	4,30	4,30	4,10	16,90	4,23
Almidón de papa	7	3,80	3,90	3,90	3,80	15,40	3,85
Almidón de papa	14	3,30	3,30	3,20	3,20	13,00	3,25
Almidón de papa	21	2,50	2,40	2,40	2,40	9,70	2,43
Almidón de papa	28	1,70	1,80	1,80	1,80	7,10	1,78
Alginato	0	4,30	4,20	4,30	4,30	17,10	4,28
Alginato	7	3,90	3,90	3,70	3,70	15,20	3,80
Alginato	14	3,50	3,40	3,40	3,30	13,60	3,40
Alginato	21	2,60	2,70	2,60	2,60	10,50	2,63
Alginato	28	2,20	2,10	2,10	2,10	8,50	2,13
Colágeno Liofilizado	0	4,30	4,20	4,20	4,20	16,90	4,23
Colágeno Liofilizado	7	4,00	4,10	4,00	4,00	16,10	4,03
Colágeno Liofilizado	14	3,70	3,80	3,70	3,80	15,00	3,75
Colágeno Liofilizado	21	2,94	2,80	2,80	3,50	12,04	3,01
Colágeno Liofilizado	28	2,50	2,40	2,50	2,50	9,90	2,48

Anexo H. Análisis Microbiológico del tomate de árbol

		MICROBILÓGICOS			
TRATAMIENTOS		T0	T1	T2	T3
Días	Repetición	AGAR NUTRIENTE			
0	R1	0	1	1	1
	R2	1	0	0	0
	R3	0	0	0	0
	R4	1	0	0	1
7	R1	0	0	1	1
	R2	1	0	0	1
	R3	0	0	0	0
	R4	1	1	0	1
14	R1	0	1	0	2
	R2	2	0	1	1
	R3	0	0	0	2
	R4	1	1	0	1
21	R1	2	1	1	2
	R2	0	1	0	1
	R3	3	1	0	0
	R4	2	0	1	2
28	R1	12	1	2	2
	R2	1	2	1	3
	R3	1	3	2	3
	R4	2	3	2	2

Anexo I. Análisis de Mohos y Levaduras del tomate de árbol

		MOHOS Y LEVADURAS			
TRATAMIENTOS		T0	T1	T2	T3
Días	Repetición	AGAR PDA			
0	R1	0	0	0	0
	R2	0	0	0	0
	R3	0	0	0	0
	R4	0	0	0	0
	Promedio	0	0	0	0
	ufc/gr	0	0	0	0
7	R1	0	1	0	0
	R2	0	0	0	0
	R3	0	1	0	0
	R4	1	0	0	0
	Promedio	0,3	0,5	0	0
	ufc/gr	3×10^{-1}	5×10^{-1}	0	0
14	R1	1	0	0	0
	R2	1	1	0	0
	R3	1	1	1	1
	R4	1	1	0	1
	Promedio	1,0	0,8	0,3	0,5
	ufc/gr	$1 \times 10^{+0}$	8×10^{-1}	3×10^{-1}	5×10^{-1}
21	R1	1	2	1	1
	R2	2	1	0	1
	R3	2	1	0	1
	R4	1	1	1	1
	Promedio	1,5	1,3	0,5	1
	ufc/gr	$1,5 \times 10^{+0}$	$1,3 \times 10^{+0}$	5×10^{-1}	$1 \times 10^{+0}$
28	R1	3	1	1	1
	R2	3	1	1	1
	R3	3	2	1	2
	R4	6	2	1	2
	Promedio	3,75	1,5	1	1,5
	ufc/gr	$3,75 \times 10^{+0}$	$1,5 \times 10^{+0}$	$1 \times 10^{+0}$	$1,5 \times 10^{+0}$

Anexo J. Evidencia fotográfica del trabajo experimental





CEAMSA

Carrageninas desde 1967

CEAMTEX 91-025

PRELIMINAR

Ceamtex 91-025 es un producto especial basado en hidrocoloideos, estandarizado para proporcionar una fuerza de gel en agua y leche fría uniforme.

Descripción

Polvo de color beige, inodoro e insípido.

Aplicación

Desarrollado especialmente para proporcionar gelificación en frío, estabilidad en caliente y al horneado y estabilidad en procesos de congelado-descongelado en aplicaciones basadas en frutas.

Dosis típica

1.0 - 2.0 %

OTRAS CARACTERISTICAS

Humedad	: No más del 12 %.
Tamaño de partícula	: 98 % de la goma inferior a 250 micras (60 US mesh, DIN 24) (MA-72).
Recuento total placa	: No más de 5000 ufc/g.
Mohos y levaduras	: No más de 300 ufc/g.
Bacterias patógenas (E. Coli, Salmonella spp.)	: Negativo por test.

Este producto fabricado por CEAMSA cumple con los estándares internacionales de identidad y pureza para su uso alimentario emitidos por:

- **Unión Europea.**
- **Food Chemical Codex.**
- **J.E.C.F.A.**

PROPIEDADES

Solubilidad y aplicación:

Ceamtex 91-025 es soluble en agua fría o caliente y gelifica en frío.

Para preparar un gel estándar en agua, se añade el Ceamtex 91-025, polvo seco, en el agua fría o caliente.

Después de un tiempo de reacción y mezclado suficiente, el Ceamtex 91-025 se gelificará.

INGREDIENTES

Alginato sódico estandarizado con fibra y sales tampón.

ENVASADO

Sacos de papel con bolsa interior de polietileno.

ALMACENAMIENTO Y CONSERVACION

Almacenado en lugar fresco y seco en el envase cerrado mantiene sus propiedades inalteradas durante un mínimo de 12 meses.

OTRAS INFORMACIONES

Por favor, dirijan sus consultas a nuestros representantes en su país, o bien directamente a CEAMSA a través de la dirección indicada al pie o de nuestra página web.

C.E.A.M.S.A.
Departamento Técnico.

CEAMSA (Compañía Española de Algas Marinas S.A.)
Polígono de As Gandaras, s/n ; 36418 Porriño; SPAIN
tel: +34 986 344089 fax: +34 986 336621;
<http://www.ceamsa.com> e-mail: ceamsa@ceamsa.com

Esta información es suministrada sólo como orientación, sin compromiso, y cada usuario debe llevar a cabo sus propios ensayos de aplicación. Es responsabilidad del usuario cumplir la legislación en vigor en su país. Dado que no nos es posible anticipar bajo que condiciones son utilizados nuestros productos, no podemos asumir ninguna responsabilidad por los perjuicios que pudieran derivarse del uso de los mismos.

Anexo L. Evidencia Traducción Ingles

The screenshot shows a Gmail interface with a search for "traducción". The email details are as follows:

- De:** Adriel Alberto Pérez López <adrialbert1987@gmail.com>
- Enviado:** miércoles, 11 de mayo de 2022 21:42
- Para:** Centro de Idiomas <idiomas@esPOCH.edu.ec>
- Asunto:** Resumen de tesis en Inglés

The body of the email contains the text: "Saludos cordiales aquí les envío la evidencia de la traducción hecha a la ing : ROSA AURORA MOYANO SANCHEZ por parte del Lic. Adriel Pérez López. Espero que tengan una excelente noche."

Below the text, there is a placeholder for a missing image, with a caption: "Rosa Moyano Abst...".

At the bottom of the email, there are two buttons: "Responder" and "Reenviar".

The left sidebar shows the Gmail navigation menu with categories: Redactar, Recibidos (42), Destacados, Pospuestos, Enviados, Borradores (6), Meet (Nueva reunión, Unirse a una reunión), and Hangouts (Rosita, No hay chats recientes, Iniciar uno nuevo).

The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with the date 25/5/2022, time 13:49, and weather 24°C Nublado.