



Efecto de tres concentraciones de mucílago obtenido del cladodio de tuna como recubrimientos sobre la calidad de frutilla en poscosecha

Gavidia Loza, Denisse Carolina

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro, Mgs.

27 de enero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Efecto de tres concentraciones de mucílago obtenido del cladodio de tuna como recubrimientos sobre la calidad de frutilla en poscosecha**, fue realizado por la señorita: **Gavidia Loza, Denisse Carolina**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 27 de enero del 2023



GABRIEL ALEJANDRO
LARREA CEDEÑO

Ing. Larrea Cedeño Gabriel Alejandro, Mgs.

C.C 1708262348

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenido

1/27/23, 1:51 PM

Tesis Plagio

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

Revisión Tesis

NOMBRE DEL ALUMNO

Carolina Gavidia

NOMBRE DEL ARCHIVO

Carolina Gavidia - Tesis

SE HA CREADO EL INFORME

27 ene 2023

Resumen

Fragmentos marcados	7	2 %
Fragmentos citados o entrecomillados	14	3 %

Coincidencias de la Web

uco.edu.ec	3	0,9 %
espol.edu.ec	3	0,8 %
docplayer.es	3	0,6 %
uth.edu.ec	3	0,5 %
redalyc.org	2	0,4 %
unrioja.es	2	0,4 %
buap.mx	2	0,3 %
ciencia latina.org	1	0,2 %
uta.edu.ec	1	0,2 %
scielo.org.mx	1	0,2 %
scielo.org.co	1	0,1 %



Escanea este código QR para
GABRIEL ALEJANDRO
LARREA CEDENO

.....
Ing. Larrea Cedeño Gabriel Alejandro, Mgs.

C.C 1708262348



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Gavidia Loza, Denisse Carolina**, con cédula de ciudadanía No. 1803226131 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Efecto de tres concentraciones de mucílago obtenido del cladodio de tuna como recubrimientos sobre la calidad de frutilla en poscosecha**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 27 de enero del 2023

Gavidia Loza Denisse Carolina
C.C.: 1803226131



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Gavidia Loza, Denisse Carolina**, con cédula de ciudadanía No. 1803226131 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Efecto de tres concentraciones de mucílago obtenido del cladodio de tuna como recubrimientos sobre la calidad de frutilla en poscosecha** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 27 de enero del 2023

Gavidia Loza Denisse Carolina

C.C. 1803226131

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen por su infinita bondad para permitirme llegar hasta este punto y otorgarme salud para lograr mis objetivos.

A mis padres, quienes con su amor y apoyo eterno me han alentado a seguir adelante en cada etapa de mi vida.

A mis hermanas, quienes son el abrazo incondicional que me motiva siempre y mi ejemplo constante.

A mi abuelita Marieta, quién se fue cuando empezaba este proyecto y me bendijo para poder lograrlo; y a mi chiquita Donna por acompañarme en una parte del camino.

AGRADECIMIENTO

Sin duda a mi madre, por ser la mano amiga que nunca falla, en quien puedo confiar ciegamente en cualquier circunstancia; por su apoyo constante e incansable y por enseñarme valores que llevaré conmigo el resto de mi vida.

A mi padre, quien es ejemplo de trabajo duro, responsabilidad extrema, honestidad inquebrantable, principios innegociables y amor sin horario ni condiciones en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis hermanas y consejeras por estar pendientes de cada acción con las palabras precisas.

A mi tutor, Ing. Gabriel Larrea Mgs. Mil gracias por el valioso aporte que le brindó a este proyecto; por todo el tiempo que le dedicó, por su preocupación y consejos muy oportunos desde el primer hasta el último día; su apoyo fue clave para poder lograrlo.

A mi biometrista, Doc. Jaime Villacis, por su gran aporte en la reestructuración y organización de este proyecto y por solventar mis dudas a lo largo del mismo.

Alguien quien, a más de ser un excelente profesor, fue un gran maestro de vida...siempre con las palabras correctas en momentos difíciles y un abrazo sincero con el consejo adecuado ... Un verdadero ejemplo de bondad, nobleza y fuerza interior infinita. Gracias Ing. Pablito Landázuri Mgs., sería imposible olvidar a un amigo con un corazón tan bueno como el suyo.

A mis amigas Celena Ch. Y Leisly C. por su ayuda desinteresada en tiempos complicados durante este proceso y por su linda amistad en toda la carrera.

Amigos que estuvieron a mi lado desde el primer momento: Lore L, Mayrita M, Jaime C; que lindo fue poder contar siempre con ustedes.

Índice de Contenido

Carátula	1
Certificado.....	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
Índice de Contenido	8
Índice de Tablas.....	11
Índice de Figuras	13
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPITULO I.....	16
INTRODUCCIÓN	16
Antecedentes	16
Justificación.....	17
Objetivos	18
<i>Objetivos específicos</i>	18
Hipótesis	18

CAPITULO II.....	19
REVISIÓN DE LITERATURA.....	19
Etapa de cosecha.....	19
Etapa de poscosecha.....	20
Principales enfermedades en etapa de poscosecha.....	20
Cladodio de tuna.....	20
Mucilago de tuna.....	21
Recubrimientos comestibles.....	21
Composición de los recubrimientos comestibles.....	22
Fuentes de obtención.....	22
Técnicas de aplicación de recubrimientos.....	23
<i>Atomización</i>	23
<i>Inmersión</i>	23
<i>Aspersión de espuma</i>	24
<i>Aplicación con esponjas</i>	24
CAPITULO III.....	25
METODOLOGÍA.....	25
Obtención de materias primas.....	25
Elaboración de los recubrimientos.....	27
Variables evaluadas.....	28
Análisis de datos.....	31

CAPÍTULO IV	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
Evaluación de parámetros físicos y químicos	33
<i>Pérdida de peso</i>	33
<i>Vida útil (Shelf live – Porcentaje Vida útil)</i>	35
<i>Firmeza (kgf)</i>	36
<i>pH (Potencial Hidrogenion)</i>	38
<i>Acidez</i>	41
<i>Índice de madurez</i>	43
<i>Color (ΔE por Cie Lab)</i>	44
<i>Dulzor (sensorial)</i> :.....	47
<i>Sabor ácido sensorial</i>	49
<i>Aroma sensorial</i>	51
<i>Apariencia general</i>	53
CAPITULO V	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
Conclusiones.....	56
Recomendaciones.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58

Índice de Tablas

Tabla 1 Estados de madurez fisiológica de la frutilla	19
Tabla 2 Composición química proximal de cladodios de nopal (<i>Opuntia ficus carica</i>) de acuerdo con su edad.....	21
Tabla 3 Descripción de los tratamientos del experimento	26
Tabla 4 Cinética de la reacción de los promedios de pérdida de peso en porcentaje.	33
Tabla 5 Análisis de varianza de pérdida de peso.....	34
Tabla 6 Promedio de firmeza (kgf) en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración	36
Tabla 7 Análisis de varianza de la firmeza (kgf).....	37
Tabla 8 Análisis de varianza de promedio \pm error estándar	38
Tabla 9 Promedio de pH en frutillas almacenadas en refrigeración al día 12.....	38
Tabla 10 Análisis de varianza del pH.....	39
Tabla 11 Promedio de °Brix en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración.	40
Tabla 12 Análisis de varianza ° Brix.....	41
Tabla 13 Promedio de Acidez (g de ácido cítrico/100 g de frutilla) al día 12 de almacenamiento en refrigeración	41
Tabla 14 Análisis de varianza de acidez.....	42
Tabla 15 Promedio de Índice de madurez (IM= °Brix/Acidez) en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración.....	43
Tabla 16 Análisis de varianza de Índice de Madurez	44
Tabla 17 Cinética de la reacción de la variación del color L y b Cie Lab en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración	44
Tabla 18 Análisis de varianza del color ΔE Cie Lab.....	46
Tabla 19 Promedio de dulzor sensorial reportado por 5 catadores en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración.....	47
Tabla 20 Análisis de varianza de dulzor sensorial	47

Tabla 21 Promedio de sabor ácido sensorial reportado por 5 catadores en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración	49
Tabla 22 Análisis de varianza de sabor ácido sensorial reportado por 5 catadores en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración	49
Tabla 23 Promedio de aroma sensorial reportado por 5 catadores en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración.....	51
Tabla 24 Análisis de varianza de aroma sensorial	51
Tabla 25 Promedio de apariencia general reportado por 5 catadores en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración.....	53
Tabla 26 Análisis de varianza de apariencia general sensorial	53
Tabla 27 Valores observados – Análisis sensorial sobre cinco puntos	55

Índice de Figuras

Figura 1 Índices de madurez fisiológica de la frutilla	25
Figura 2 Descripción de los tratamientos del experimento	27
Figura 3 Modelo de regresión de pérdida de peso	35
Figura 4 Modelo de regresión de acuerdo con la Ecuación de Labuza para Vida Útil	36
Figura 5 Figura de color ΔE Cie Lab vs tiempo	46
Figura 6 Dulzor sensorial vs. Tiempo	48
Figura 7 Sabor ácido vs Tiempo.....	50
Figura 8 Aroma sensorial vs Tiempo	52
Figura 9 Apariencia general vs tiempo	54
Figura 10 Tabla de contingencia	55

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue desarrollar un recubrimiento comestible a base de mucílago de tuna (3% de glicerol, 1% de aceite de canela y 5% de almidón de papa) para la conservación de frutillas variedad Albión en poscosecha. Se formularon cuatro tratamientos (T0, T1, T2 y T3) en los cuáles la única variante fue el porcentaje de mucílago de tuna (0, 2%, 4% y 6%) en la solución precursora. Las frutillas fueron recubiertas por el método de aplicación por esponjas y se almacenaron durante 12 días a una temperatura de ($6 \pm 1^{\circ}\text{C}$). Para evaluar el efecto del recubrimiento sobre las propiedades organolépticas y la aceptación general del producto, se realizó un análisis sensorial (dulzor, sabor ácido, aroma y apariencia general), los resultados fueron evaluados mediante un diseño completamente al azar con 5 repeticiones, un análisis de varianza ANOVA y una prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para la comparación de medias. También, se evaluó el comportamiento del recubrimiento sobre las propiedades físicas (porcentaje de pérdida de peso, índice de color, firmeza y vida útil), químicas (acidez en ácido cítrico, pH, grados Brix) e índice de madurez, mostrándose la variable firmeza como significativa con un valor de 3,78 kgf para T1 (1% solución precursora + 93% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa) a comparación del testigo T0 (94% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa) cuyo valor fue de 2,43 kgf. La vida útil se evaluó en base a la pérdida de peso mediante la ecuación de Labuza presentando un valor de 6,43 días para T3 (3% de solución precursora + 91% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa) en comparación del control T0 que fue de 3,68 días, manteniendo las condiciones óptimas para el consumo humano sin causar sabores extraños en el análisis sensorial.

Palabras clave: Recubrimiento comestible, frutilla, mucílago, cladodio, aplicación con esponjas.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop an edible coating based on prickly pear mucilage (3% glycerol, 1% cinnamon oil and 5% potato starch) for postharvest preservation of Albion strawberries. Four treatments (T0, T1, T2 and T3) were formulated in which the only variation was the percentage of prickly pear mucilage (0, 2%, 4% and 6%) in the precursor solution. The strawberries were coated by the sponge application method and stored for 12 days at a temperature of $(6 \pm 1^\circ\text{C})$. To evaluate the effect of the coating on the organoleptic properties and the general acceptance of the product, a sensory analysis (sweetness, sour taste, aroma and general appearance) was carried out; the results were evaluated using a completely randomized design with 5 replications, an ANOVA analysis of variance and a Tukey test at 5% probability for the comparison of means. Also the behavior of the coating on the physical properties (percentage weight loss, color index, firmness and shelf life), chemical properties (acidity in citric acid, pH, Brix degrees) and maturity index was evaluated, showing the firmness variable as significant with a value of 3, 78 kgf for T1 (1% precursor solution + 93% water + 3% glycerol + 1% cinnamon oil + 2% potato starch) compared to the control T0 (94% water + 3% glycerol + 1% cinnamon oil + 2% potato starch) whose value was 2.43 kgf. Shelf life was evaluated based on weight loss using Labuza's equation, presenting a value of 6.43 days for T3 (3% precursor solution + 91% water + 3% glycerol + 1% cinnamon oil + 2% potato starch) compared to the control T0, which was 3.68 days, maintaining optimal conditions for human consumption without causing off-flavors in the sensory analysis.

Keywords: Edible coating, strawberry, mucilage, cladodeum, sponge application.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La frutilla es una fruta no climatérica, de las más consumidas debido a sus propiedades organolépticas, Beltrán (2010) y nutricionales, Muñoz & Naranjo (2012). En la actualidad, su cultivo se encuentra en constante aumento debido a continuas mejoras en sus variedades, Mezzetti (2018).

En el año 2019, el continente con mayor producción de frutilla fue Asia, seguido de América, Europa, África y Oceanía; siendo China el País con mayor producción, mientras que el País con mayor rendimiento en cuanto a productividad fue Estados Unidos con 563.425 hg/ha, FAO (2021). A nivel nacional, Pichincha es la provincia con mayor cantidad de producción con un 58 %, Fernández, *et al.* (2015) y dentro de esta, la parroquia de Yaruquí está dedicada a su cultivo en un 90 %, siendo las variedades Albión y Monterrey las más cultivadas por su alto rendimiento y buen sabor, Chacón & Gabriel (2013).

La recolección de la frutilla genera un estrés que conlleva cambios en el metabolismo aumentando su tasa de respiración, misma que está asociada a la degradación oxidativa y transpiración con la pérdida de agua, Muñoz & Naranjo (2012); por lo tanto, su tiempo de vida útil se relaciona con la tasa alta de respiración, debido a que de 50 a 100 CO_2 a 20°C genera transformaciones en los componentes internos de la fruta con incremento de grados Brix, disminución de acidez, deshidratación y senescencia, Restrepo & Aristizábal (2009).

Las enfermedades son la principal causa de pérdida durante la poscosecha en la frutilla, Proaño (2022). Por otro lado, también los factores internos del fruto como la respiración, cambios morfológicos, maduración y factores externos como la temperatura, humedad relativa, patógenos, contaminación por manipulación y luz juegan un papel importante en este proceso, Cano, *et al.* (2014).

Una alternativa para alargar la vida de la frutilla es el uso de recubrimientos comestibles, mismos que acompañados de bajas temperaturas ayudan a reducir la velocidad de deterioro de los atributos de calidad durante su almacenamiento, Sowmyashree, *et al.* (2021), sin alterar tanto las características organolépticas como las propiedades nutricionales de la fruta, Fernández (2019).

Justificación

Con el objetivo de prolongar la vida poscosecha de la frutilla, se ha implementado la tecnología de recubrimientos comestibles Núñez, *et al.* (2012) que alargan su tiempo de vida útil, mientras retarda el proceso de senescencia, Ruiz, *et al.* (2016) reducen la pérdida de agua, permiten el control respiratorio y retrasan el envejecimiento, mejorando de esta forma la calidad y valor comercial de la frutilla Restrepo & Aristizábal (2009), manteniendo su valor nutritivo.

En un estudio con mucílago de nopal (*Opuntia ficus*), Bernedo & Sierra (2019), demostraron que el recubrimiento retrasó tres días el proceso de maduración de la frutilla, obteniendo valores de firmeza de 2.53 kg/cm² y pérdida de peso de 5.84 gr. Por su parte, Jiménez & Tipantuña (2018), desarrolló un recubrimiento en base a mucílago de nopal, 2% de glicerol y 2% de sorbitol; teniendo como resultado la retención de firmeza y la prolongación de su vida útil hasta por 15 días. También el mucílago de nopal se ha usado de manera exitosa en la elaboración de recubrimientos aplicados en guayaba, Fernández & Calero (2019), higo, Allegra, *et al.* (2017), ciruela, Salinas (2014), kiwi, mora de Castilla, Ramírez, *et al.* (2013), naranja, Molina, *et al.* (2019) y rambután, Pérez, *et al.* (2003).

A pesar de que se han hecho estudios en Ecuador para extender la vida útil de la frutilla por, Fernández, *et al.* (2017), mediante diferentes recubrimientos comestibles, estos han sido usados mayormente por inmersión, ya que es un método simple y tradicional. La técnica de recubrimiento por esponja es una técnica innovadora que logra una distribución más homogénea en la fruta, reduciendo su tiempo de secado, Embuscado & Huber (2009). Por otro lado, en Ecuador, se consume el fruto de la tuna (*Opuntia ficus carica*); pero sus cladodios son

desechados sin aprovechar sus interesantes características, Parada, *et al.* (2021) como una buena retención de agua, Nazareno (2013).

Por lo tanto, en este estudio se evaluará el efecto de tres concentraciones de mucílago obtenido del cladodio de tuna como recubrimientos sobre la calidad de frutilla en poscosecha.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de tres concentraciones de mucílago obtenido del cladodio de tuna como recubrimientos sobre la calidad de frutilla variedad Albión a los 0, 3, 6, 9 y 12 días después de la cosecha.

Objetivos específicos

- Determinar las variables fisicoquímicas, la vida útil y el porcentaje de daño de las frutillas recubiertas con tres concentraciones de mucílago (2%, 4% y 6%) a los 0, 3, 6, 9 y 12 días después de la cosecha.
- Valorar sensorialmente las frutillas previamente recubiertas con las concentraciones de mucílago a los 0, 3, 6, 9 y 12 días después de la cosecha.

Hipótesis

H0: El recubrimiento comestible con tres niveles de adición de cladodio de tuna no influye significativamente en la pérdida de calidad y vida útil de frutillas.

H1: El recubrimiento comestible con tres niveles de adición de cladodio de tuna influye significativamente en la pérdida de calidad y vida útil de frutillas.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

La frutilla pertenece a la familia Rosaceae, subfamilia Rosoideae, género fragaria, Potter, *et al.* (2007). Estudios mencionan que la especie de frutilla que se cultiva actualmente es *Fragaria ananassa*, misma que es un híbrido entre dos especies de origen americano *F. virginiana* y *F. chiloensis*, Gonzales, (2001). Es buena fuente de vitamina C y otros compuestos antioxidantes, como los flavonoides y el ácido elágico, Robards, *et al.* (2008).

El fruto correspondiente a la variedad Albión es firme, de color rojo intenso, su tamaño es considerable y con forma cónica, Chacón & Gabriel (2013). Por otro lado, debido a su buena calidad organoléptica (10 a 14 °Brix) se considera una adecuada opción tanto para venta como para fruta fresca o procesados, Llumiquinga & Pazmiño (2017).

Etapas de cosecha

Ruiz, *et al.* (2016), indican que, por lo general, de 30 a 40 días posterior a la floración, es decir cuando la frutilla se encuentra entre grado 3 y 5 de madurez fisiológica, se realiza su recolección desprendiéndola de la planta, pero conservando tanto el cáliz como el pedúnculo. Los principales aspectos considerados para determinar la calidad de la frutilla son la apariencia, firmeza, Martínez, *et al.* (2008), sabor, grado de madurez, brillo y ausencia de daño en los frutos como magulladuras o arrugamiento, Mitcham (1996).

Tabla 1

Estados de madurez fisiológica de la frutilla

Estados de madurez fisiológica
1 Fruto de color blanco verdoso
2 El fruto es blanco verdoso, con áreas de rosas en la zona Apical
3 Se incrementa el área de color rojo intenso en la zona apical
4 El color rojo puro cubre hasta la zona media del fruto y del cáliz
5 Aumenta el área de color rojo intenso hacia el cáliz

Nota. Autor: Fernández (2019)

Etapa de poscosecha

Según, Muñoz & Naranjo (2012), la frutilla sufre un trauma al momento de su recolección debido a la dolorosa separación de la planta, provocándole estrés y cambios en el metabolismo bioquímico y fisiológico de la fruta.

La temperatura es el factor con mayor incidencia para minimizar el deterioro de la frutilla y prolongar su vida útil, Almendra (2006), señala que una baja temperatura beneficia a la disminución de la tasa de respiración, retrasando o previniendo la proliferación de microorganismos causantes de la pudrición y reduciendo tanto la actividad metabólica como la pérdida de humedad de la frutilla, Borja (2010).

Principales enfermedades en etapa de poscosecha

La frutilla en la etapa en poscosecha es susceptible a la pudrición e infección por hongos patógenos como el moho gris y la pudrición blanda, principales enfermedades ocasionadas por *Botrytis cinerea* y *Rhizopus stolonifera*, Feliziani & Romanazzi (2016)

Cladodio de tuna

Cuando los brotes tienen entre 3 y 6 meses de edad y entre 10 y 15 cm de largo aproximadamente, el cladodio recibe el nombre de nopalito, pero cuando están parcialmente lignificados (2-3 años) se los llama pencas. La tuna es originaria de América tropical pero actualmente, se ha adaptado a diversas condiciones agroclimáticas alrededor de todo el continente americano, Paucara (2017); son fuente de fibra soluble como mucílago y pectina, pigmentos como las betalainas y carotenoides, Ca, Mg, K, fenoles y vitamina C, Gurrieri, *et al.* (2000).

La producción de la tuna en Ecuador muestra un crecimiento moderado, asentándose principalmente en zonas secas y áridas como Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Azuay, Loja, Manabí, Guayas, El Oro. El 45,46% de la producción se exporta a Colombia (2006 – 2015), seguido de Alemania, Perú, Estados Unidos e Italia, Jaquelyn, *et al.* (2017).

Tabla 2

Composición química proximal de cladodios de nopal (Opuntia ficus carica) de acuerdo con su edad

Componente	Cladodio de un mes	Cladodio de un año
Humedad	92,57	94,33
Proteína	0,94	0,48
Grasa	0,17	0,11
Fibra	0,30	1,06
Ceniza	0,08	1,60
Carbohidrato	5,96	2,43
Vitamina C	37,27	23,11
Ca	0,042	0,339
Na	0,0018	0,0183
K	0,00098	0,0183
Fe	0,0792	0,322

Nota. Autor: Paucara (2017)

Mucilago de tuna

El mucilago obtenido de los cladodios es hidrocoloidal, heteropolisacárido, contiene residuos de arabinosa, galactosa, ramnosa y xilosa como azúcares neutros, Majdoub, *et al.* (2001).

Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles por lo general son una capa delgada que se forma sobre la superficie de los alimentos de manera directa, Del Valle, *et al.* (2005), cuyo objetivo principal es prolongar la vida útil del fruto.

Es importante que un recubrimiento comestible posea alta calidad sensorial, propiedades de barrera frente a los gases y al vapor de agua, buenas propiedades de adhesión, alta estabilidad bioquímica, fisicoquímica y microbiana, un apropiado soporte para

aditivos y que el costo tanto de la materia prima como del proceso sea moderado, Martínez, *et al.* (2008).

Composición de los recubrimientos comestibles

Entre los componentes de los recubrimientos comestibles en frutas se encuentran principalmente los polisacáridos y las proteínas, mismos que poseen excelentes propiedades tanto mecánicas como estructurales, pero poca capacidad de barrera frente a la humedad, provocando disminución de la tasa respiratoria, Andrade, *et al.* (2014) mientras que los lípidos debido a su hidrofobicidad, sus propiedades mecánicas no son efectivas y por ello se usa aditivos como antioxidantes, antimicrobianos, vitaminas, colorantes, saborizantes e incluso microorganismos para control biológico, otra característica importante es que pueden reducir la permeabilidad al vapor de agua del recubrimiento, Andrade, *et al.* (2014).

Fuentes de obtención

Entre las fuentes de proteína usadas en recubrimientos comestibles se puede mencionar las proteínas de suero lácteo, proteína de soya, zeína de maíz, gluten de trigo, Hosseini, *et al.* (2015), colágeno, queratina, caseína, proteína miofibrilar y proteína de quinua, Galus & Kadzinska (2017). Dichos recubrimientos elaborados a partir de polisacáridos forman una barrera eficiente contra el oxígeno, Guzmán, *et al.* (2015) y se usan en combinación con aditivos, aunque no sean eficientes contra la humedad Velázquez & Guerrero (2014). El almidón es un polisacárido natural y en la actualidad es el más usado en recubrimientos comestibles, debido a su cómodo precio, biodegradabilidad, fácil de usar y alta disponibilidad, Cano, *et al.* (2014). El almidón de papa tiene la capacidad de absorber agua durante su calentamiento, formando coberturas biodegradables Galus & Kadzinska (2017). Otros ejemplos son el quitosano, la pectina, Cavalcante, *et al.* (2015) y la goma de gellan Galus & Kadzinska (2017).

Las fuentes lipídicas cumplen la función de una barrera frente a la humedad; entre las más usadas se encuentran las ceras tanto animales como vegetales y los ácidos grasos como

la cera de abejas y la cera de carnauba principalmente, Galus & Kadzinska (2017); como desventaja no tiene la suficiente integridad estructural ni durabilidad y por ello, se adicionan aditivos como plastificantes, emulsificantes y tensoactivos, Andrade, *et al.* (2014).

Los aditivos como los plastificantes son estables y no volátiles, cuando se les adiciona a otro material, cambian sus propiedades físicas y mecánicas; un ejemplo es el glicerol por la estabilidad que le confiere al recubrimiento y su compatibilidad con las cadenas de biopolímeros, Campos, *et al.* (2010) también el sorbitol, polietilenglicol, monoglicéridos y azúcares como la glucosa, cuyo objetivo es aumentar características como la flexibilidad y elasticidad del recubrimiento, proporcionándole calidad y protección al producto y haciéndolo menos frágil, más dócil, más duro y resistente Bósquez & Vernon (2005).

La adición de surfactantes y emulsificantes ayuda a disminuir la actividad del agua superficial y la velocidad en la pérdida de humedad de los alimentos recubiertos, Bósquez & Vernon (2005). El tween 80 es el más usado porque es insoluble en agua, pero si en la mayoría de los disolventes orgánicos y se le considera emulsificador, Riojas, *et al.* (2011).

Técnicas de aplicación de recubrimientos

Atomización

Requiere de un equipo especializado para su aplicación, es una de las técnicas más usadas en las grandes industrias que utilizan recubrimientos para sus productos, Bósquez & Vernon (2005).

Inmersión

Esta técnica tiene ventajas como bajo costo y una distribución homogénea del recubrimiento. Sin embargo, se puede dar una contaminación microbiana o dilución de las emulsiones si la fruta estuvo húmeda, López (2012). Es la técnica más usada en el recubrimiento de frutas, Tharanathan & Kittur (2003).

Aspersión de espuma

Es indispensable un equipo de aplicación para acelerar el proceso de aplicación; su ventaja es facilitar el secado del recubrimiento ya que permite el uso de formulaciones de alto contenido en sólidos, pero puede dar lugar a una mala distribución del recubrimiento, López (2012).

Aplicación con esponjas

Esta técnica no necesita equipo especializado para su aplicación y por lo tanto su costo es bajo, teniendo como resultado una distribución homogénea del recubrimiento en un menor tiempo de secado en comparación con la técnica de inmersión, López (2012).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

El estudio se llevará a cabo en el laboratorio de poscosecha de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, hacienda “El Prado”, que se encuentra en el sector de San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

Geográficamente se ubica a 78°24'44" E, 0°23'20" S y 2 748 m.s.n.m de altitud. El laboratorio de Poscosecha presenta una temperatura promedio de 16°C y una humedad relativa del 90%.

Obtención de materias primas

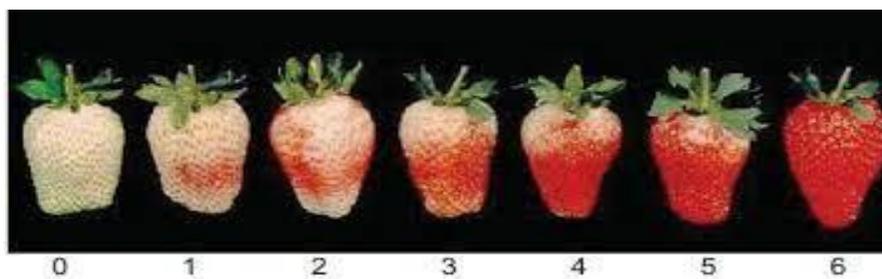
Se adquirieron 7 kg de frutilla variedad Albión del cultivo del Sr. Klever Chicaiza, ubicado en el sector de Yaruquí, parroquia rural del Cantón Quito, en la Provincia de Pichincha.

Las frutillas fueron cosechadas a las 7:00 de la mañana, con una madurez comercial tipo 4 de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana (NCT) (Figura 1), es decir con color rosado en tres cuartas partes de la superficie del fruto sobre un fondo blanco.

Se seleccionaron frutillas similares en color y tamaño; eliminando las que presenten lesiones mecánicas, golpes, o algún tipo de podredumbre. Una vez que las frutillas ingresaron al laboratorio, se clasificaron y se pesaron usando una balanza digital.

Figura 1

Índices de madurez fisiológica de la frutilla



Nota. Autor: Kader (2005)

La unidad experimental fue una bandeja plástica con tapa, misma que contuvo 28 frutillas en su interior; en total se utilizaron 20 unidades experimentales. Sobre estas unidades experimentales se asignaron en forma aleatoria cuatro recubrimientos (Tabla 3); es decir el total de frutillas fueron de 560.

El recubrimiento se aplicó a cada frutilla con una esponja estéril hasta lograr la adherencia total y se las dejó secar, separándolas entre sí a temperatura ambiente en una rejilla metálica durante una hora para su posterior empaclado. Finalmente, se las llevó a refrigeración ($6 \pm 1^{\circ}\text{C}$) durante doce días.

Tabla 3

Descripción de los tratamientos del experimento

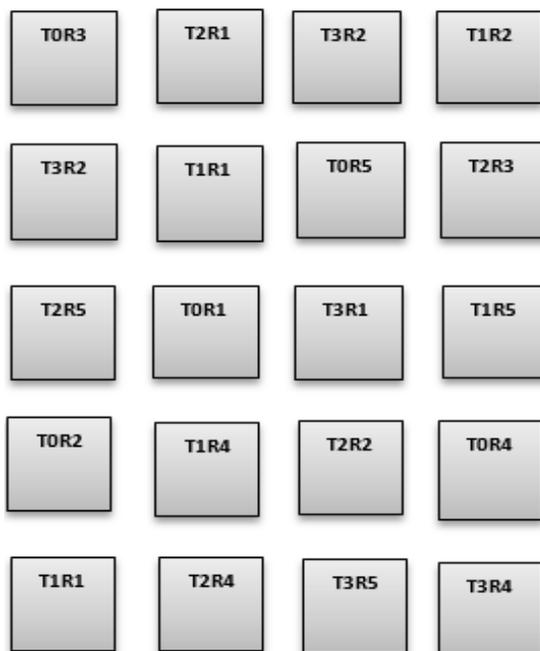
Tratamiento precursor	Solución (p/v) (v/v)	Agua (v/v)	Glicerol	Aceite de canela (v/v)	Almidón de papa (p/v)
T0	0	94%	3%	1%	2%
T1	1	93%	3%	1%	2%
T2	2	92%	3%	1%	2%
T3	3	91%	3%	1%	2%

Nota. Se describe la composición de los diferentes tratamientos evaluados y el testigo. Autoría propia.

La disposición del experimento en el laboratorio se realizó para un diseño completamente al azar con cinco repeticiones (Figura 2).

Figura 2

Descripción de los tratamientos del experimento



Nota. La figura representa la ubicación de los diferentes tratamientos al azar. Autoría propia.

Elaboración de los recubrimientos

Primeramente, se extrajo el almidón de papa de la variedad “Superchola” provenientes de la Provincia del Carchi. Para esto se lavaron las papas con agua potable y se las cortó en cuadros de 5 cm de lado, se licuó en una proporción de agua: papa; 1:1 para obtener una alícuota. Esta alícuota se sometió a un filtrado con una muselina y adicionando agua destilada para arrastrar la mayor cantidad de almidón presente. La muestra se decantó durante 4 horas a temperatura ambiente hasta obtener una capa firme de almidón en el fondo. Finalizada la primera decantación, se retiró el sobrenadante y se agregó agua hasta que el sobrenadante quede claro. Se llevó a una estufa para su secado a una temperatura de 45 ± 2 °C durante 14

horas, y finalmente se tamizó a través de un tamiz de 500 y 250 μm respectivamente. Melian (2010).

Para la extracción del mucilago de nopal se utilizó nopal recogido en la Parroquia de Guayllabamba, se seleccionó los cladodios de tuna que se encontraron en estado tierno, la materia prima se colocó en baldes con agua para evitar que se pierda humedad, posteriormente; se removió la piel y las espinas y se cortó en cubos de 2 cm^3 aproximadamente. Se pesó y se escaldaron los pedazos con agua durante siete minutos a 82 ± 2 °C.

El siguiente paso fue la molienda de la penca escaldada con agua destilada en relación 1:2 (p/v). Para obtener el extracto de penca se llevó a una plancha de calentamiento durante una hora a 82 ± 2 °C; se dejó macerar durante 24 horas a una temperatura de 5 °C, se filtró con una malla de 1 mm^2 y se obtuvo la solución sobrenadante sobre la cual se realizó la precipitación del mucílago. A dicho sobrenadante concentrado, se le agregó etanol al 96°C en una relación 1:4 (v/v) para precipitar el mucílago existente. Este mucílago precipitado se lo extendió en bandejas de aluminio y se la colocó en la estufa a 80 °C durante 15 horas. Finalmente, el mucílago seco se lo pulverizó en un mortero.

Cada recubrimiento, se elaboró con base a 500 mL de solución preparada con porcentajes aditivos, de 3% v/v de glicerol, 1% v/v de aceite de canela y 5% p/p de almidón de papa más el 0, 1, 2 y 3% de solución precursora que contiene el mucílago del cladodio de tuna respectivamente. Se agitó durante 5 minutos para integrar bien los componentes de la solución. Las cuatro formulaciones de los recubrimientos se detallan en la Tabla 3.

Variables evaluadas

Se evaluaron tres variables físicas (porcentaje de pérdida de peso, índice de color, firmeza en kgf y vida útil), tres químicas (acidez en ácido cítrico, pH, grados Brix) índice de madurez y las variables organolépticas (aroma, sabor ácido y apariencia general).

La pérdida de peso se evaluó pesando cinco frutillas tomadas al azar por tarrina en una balanza digital al inicio del experimento y al final de cada intervalo de almacenamiento durante el período de observación (0, 3, 6, 9, y 12 días). La diferencia entre el peso inicial y final del fruto fue considerada como pérdida de peso total, y el resultado se expresó como porcentaje de pérdida de peso con respecto al peso inicial mediante la siguiente fórmula, Laica (2020).

$$\%PP = \frac{PMi - PMf}{PMi} \times 100$$

Dónde:

PM i = Peso de la muestra inicial

PM f = Peso de la muestra final

La firmeza se determinó en cinco frutillas mediante de cada unidad experimental con un penetrómetro (Modelo: FT 327), de 8 mm de émbolo. Se colocó la punta del penetrómetro sobre el fruto y se apretó progresivamente hasta que penetre en la pulpa el fruto, procurando que el eje del instrumento esté lo más perpendicular posible a la superficie de la frutilla. El resultado se expresó en kgf, Laica (2020).

El pH se midió tomando una muestra de 25 g. de pulpa de frutilla previamente licuados y se homogenizó con 250 mL. de agua destilada. Posteriormente, se filtró y se colocó en un vaso de precipitación de 100 mL. en el que se introdujeron los electrodos del pH-metro digital (PT 70 BOECO), Laica (2020).

Los grados °Brix se determinaron usando la misma muestra anterior, mediante lectura directa con la ayuda de un densómetro (Mettler – Toledo 30 PX), El resultado se expresó en °Brix, Laica (2020).

La acidez se determinó con un acidómetro. Se tomó una alícuota de 25 gramos de frutillas, se le añadió 250 mL de agua y se licuó. Posteriormente, se tomó una alícuota de 25 gr.

y se le añadió hidróxido de sodio 0.1 N. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico, Laica (2020).

$$A = \frac{(V_1 N_1 M)}{V_2} \times 100$$

Dónde:

A = Gramos de ácido en 1000 cm³ de producto

V₁ = cm³ de Na (OH) usados para la titulación de la alícuota

N₁ = Normalidad de la solución de Na (OH)

M = Peso molecular del ácido considerado como referencia

V₂ = Volumen de la alícuota tomada para análisis

El índice de madurez se determinó relacionando los grados Brix y el porcentaje de acidez titulable, Laica (2020) mediante la siguiente ecuación:

$$IM = \frac{\text{Sólidos solubles (°Brix)}}{\text{Acidez titulable}}$$

El tiempo de vida útil se estableció mediante el modelo lineal propuesto por Labuza (1982), mediante la siguiente ecuación:

Dónde:

$$\ln A = kt + \ln A_0$$

A= Calidad al tiempo t en el que el producto deja de ser aceptable

A₀= Calidad al tiempo inicial (que pérdida de peso tenía al inicio)

k = Constante de velocidad de reacción (pendiente de la curva)

t = tiempo de almacenamiento

El tiempo de vida útil se obtendrá despejando t:

$$t = \frac{\ln A - \ln A_0}{k}$$

Para el presente estudio, la vida útil se manejó con el criterio físico de calidad más importante que es la pérdida de peso.

El índice de color se determinó mediante la aplicación de celular Color grab, tomando datos cada tres días en el mismo punto. Para obtener la medición del color externo de la frutilla, se enfocó la imagen de esta en toda la pantalla y se tomó los datos en el mismo punto, posteriormente en la parte superior derecha la pantalla de la aplicación se pincha en el ícono del candado abierto hasta cerrarlo para permitir la fijación de la imagen. Mediante el ícono de lupa en la pantalla se seleccionó el punto previamente marcado en la fotografía e inmediatamente los valores en diferentes escalas de color fueron reportados.

Posteriormente, se buscó los valores del sistema CIE (L*a*b); se copió en un archivo en excel los datos de las tres frutillas y finalmente se hizo un promedio para obtener los resultados de a, b y L y el resultado de ΔE que nos permitió medir los cambios de matiz y densidad.

Las coordenadas de L*, a* y b* en CIELAB sirven para definir la ubicación de cualquier color en el espacio de color uniforme que muestra este Sistema. Para lo cual, es posible expresar deltas de diferencias para cada coordenada L*, a* y b*, y también establecer diferencias totales de color mediante la siguiente ecuación, MacDougall (2002).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$$

Análisis de datos

Las variables físicas, químicas y organolépticas se caracterizaron mediante estadística descriptiva (promedio, desviación estándar). Para comparar las variables de respuesta entre tratamientos se realizó un análisis de varianza, bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones, mediante el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Pérdida de peso, índice de color, firmeza y vida útil, acidez, pH, y grados Brix

μ = Media general

C_i = Efecto de la i – ésima dosis del mucílago

E_{ij} = Error experimental

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de parámetros físicos y químicos

Durante el almacenamiento de los tratamientos se evaluaron algunas variables fisicoquímicas, con tomas de datos por quintuplicado desde el día 3 al día 12. Se realizó un cálculo estadístico de medias, desviación estándar, varianza y error experimental, en la que se tomó en consideración las variables físicas (pérdida de peso, índice de color, firmeza y vida útil), tres químicas (acidez, pH, grados Brix) índice de madurez y tres variables organolépticas (dulzor, sabor ácido, aroma y apariencia general).

Pérdida de peso

Tabla 4

Cinética de la reacción de los promedios de pérdida de peso en porcentaje.

Tratamiento	1	2	3	4	5	Cinética de la Reacción
T0	0	11,94	13,41	16,12	27,39	$Y = 1,9653x + 1,9815$
T1	0	5,97	11,18	20,45	28,68	$Y = 2,2226x + 0,0675$
T2	0	6,88	14,65	17,42	28,07	$Y = 2,3951x - 1,1131$
T3	0	4,2	13,9	21,01	31,31	$Y = 1,2052x - 2,5156$

Nota. La tabla representa la cinética de reacción de la pérdida de peso para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Autoría propia.

La ecuación lineal del tratamiento T3 presento menor valor en la pendiente y consecuencia de ello menor velocidad de pérdida de peso durante el tiempo de almacenamiento a comparación de T0, T1 y T2 que presentaron velocidades más elevadas, aunque no existió diferencia significativa. Los recubrimientos comestibles actúan como una barrera eficaz semipermeable en el control del intercambio de gases generado en los procesos fisiológicos de la frutilla, creando una atmósfera modificada que retarda el proceso de senescencia, Han, *et al.* (2004).

La frutilla al presentar una alta tasa de respiración produce una mayor pérdida de agua, causando arrugamiento en el fruto, disminución del peso de comercialización, descenso de la calidad sensorial y afectando de esta forma características como la apariencia y jugosidad del mismo, Maccapa (2015); lo que concuerda con los resultados obtenidos en este estudio, ya que la aplicación del recubrimiento a base de mucílago de cladodio de tuna no contribuyó a disminuir el porcentaje de pérdida de peso en la frutilla durante su almacenamiento, Sora (2006)

Guzmán & Chávez (2007), indica que el análisis de composición química del nopal reveló que el cladodio de un mes de edad es más rico en proteína, vitamina C y carbohidratos; dicha proteína debido a su naturaleza hidrofílica le otorgan una pobre barrera contra la pérdida de humedad, Velázquez & Guerrero (2014), confirmando el mismo comportamiento con el nopal del presente estudio.

Tabla 5

Análisis de varianza de pérdida de peso

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	3,36	1,12	0,01	0,9988
Tratamiento	3	3,36	1,12	0,01	0,9988
Error	16	2007,28	125,45		
Total	19	2010,64			

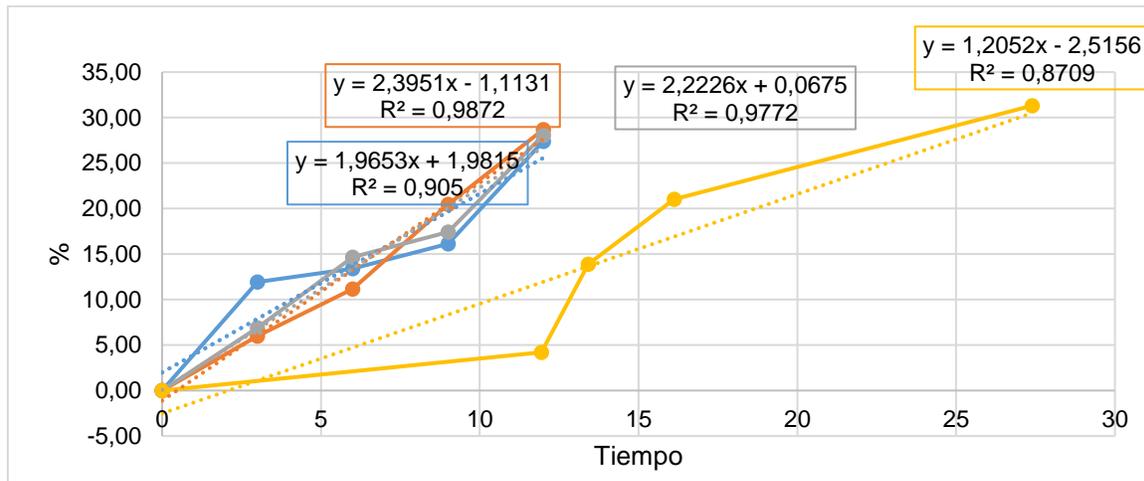
Nota. La tabla representa el análisis de varianza de la pérdida de peso para los diferentes. Autoría propia.

El análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% indica que no existe diferencia significativa en el porcentaje de pérdida de peso al final de los doce días de almacenamiento ($p>0,05$); lo que establece que el porcentaje de mucílago de cladodio de nopal (1, 2 y 3%) y el tiempo de almacenamiento no evita la pérdida de peso de la frutilla; a pesar de ello, al

compararlo con el testigo, los tratamientos (T1, T2 y T3) muestran numéricamente una menor pérdida de peso.

Figura 3

Modelo de regresión de pérdida de peso



Nota. La figura indica un modelo de regresión válido ($R^2 > 0,7$). Autoría propia.

El modelo de regresión es válido ya que ($R^2 > 0,7$). Como se observa en la figura, los tratamientos T1 y T2 fueron en los que más influyó el paso del tiempo durante la toma de datos, ya que se observa una mayor velocidad de pérdida de peso o pendiente; mientras que en T0 y T3 existió menor velocidad del Paso del tiempo.

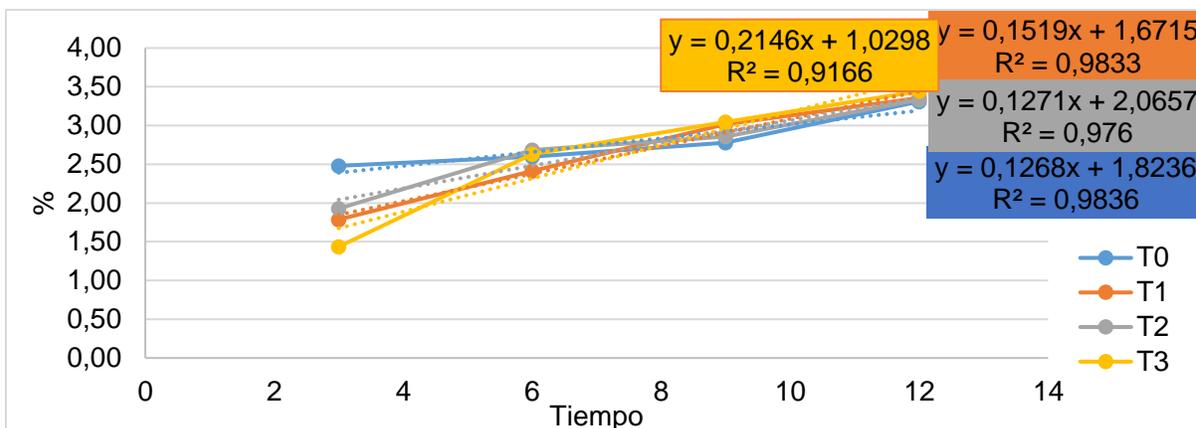
Vida útil (Shelf live – Porcentaje Vida útil)

La temperatura de refrigeración es de gran ayuda en la conservación de frutas por reducción de microorganismos, regulación de la tasa de respiración y control de condiciones como la humedad y el oxígeno, Aguilar (2005). El tratamiento que alargó más la vida útil considerando el criterio de calidad de porcentaje de pérdida de peso fue T3 (3% de solución precursora + 91% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa), mismo que posee el mayor porcentaje de cladodio de tuna en esta investigación (3%), prolongando la vida útil de las frutillas en 6,43 días según la ecuación de labuza seguido de T1

(1% solución precursora + 93% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa) con 4,15 días; T0 (94% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela +2% de almidón de papa) con 3,68 días y finalmente T2 (2% de solución precursora + 92% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela +2% de almidón de papa) con 1,94 días.

Figura 4

Modelo de regresión de acuerdo con la Ecuación de Labuza para Vida Útil



Nota. La figura indica un modelo de regresión válido ($R^2 > 0,7$). Autoría propia.

El modelo de regresión es válido ya que ($R^2 > 0,7$). El tiempo tuvo un efecto significativo sobre la vida útil en todos los tratamientos. Autoría propia.

Firmeza (kgf)

Tabla 6

Promedio de firmeza (kgf) en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración

Tratamiento	Repetición					Promedio
	1	2	3	4	5	
T0	2,68	2,15	2,58	2,2	2,52	2,43
T1	3,85	4,02	3,25	3,14	4,65	3,78
T2	3,12	3,32	3,58	3,04	2,82	3,18
T3	2,98	3,82	4,14	3,54	2,92	3,48

Nota. La tabla representa el promedio de firmeza para los diferentes tratamientos. Autoría propia.

Al ser una variable destructiva, la medición se realizó en diferentes frutas a lo largo del almacenamiento, seleccionando por las que presentaron mayor calibre. El mayor porcentaje de firmeza se observó en T1 con un valor promedio de 3,78 kgf, seguido por T3, T2 y T0, los cuales registraron valores promedio de 3,48 kgf, 3,18 kgf y 2,43 kgf para el día doce de almacenamiento; indicando que la aplicación del recubrimiento contribuyó a preservar la firmeza de la frutilla durante su almacenamiento.

La disminución de firmeza de los frutos según Redondo, *et al.* (2001), podría relacionarse con la degradación del parénquima cortical que forma la pared celular debido a los procesos enzimáticos y a la misma pérdida de humedad. Del Valle, *et al.* (2004) reportaron valores de firmeza de 5,30-10,40 N en frutos de frutilla recubiertos con mucílago de cactus (5 °C ± 0.5) al noveno día de almacenamiento, lo cual difiere con los datos obtenidos en la presente investigación ya que al noveno día el valor promedio fue de 13,55 kgf.

Tabla 7

Análisis de varianza de la firmeza (kgf)

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	5,08	1,69	8,5	0,0013
Tratamiento	3	5,08	1,69	8,5	0,0013
Error	16	3,18	0,2		
Total	19	8,26			

Nota. La tabla representa el análisis de varianza para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna.

El análisis de varianza indica a un nivel de confianza del 95% indica que existe diferencia significativa en la firmeza al final de los 12 días de almacenamiento ($p < 0,05$).; lo que significa que el porcentaje de mucílago de cladodio de tuna (1, 2 y 3%) y el tiempo de almacenamiento influyeron sobre la firmeza en la frutilla. Para verificar la significancia entre

tratamientos se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey al 5% con el objetivo de verificar en que tratamiento se presentó el mayor y menor rango de firmeza.

Tabla 8

Análisis de varianza de promedio \pm error estándar

Tratamiento	Medias	E.E.	
T0	3,78	0,20	A
T1	3,48	0,20	A
T2	3,18	0,20	AB
T3	2,43	0,20	B

Nota. La tabla representa el promedio de firmeza para los diferentes tratamientos al día 12 de almacenamiento.

Según la prueba de comparación de medias de Tukey se determinó que T1 tuvo el mayor porcentaje de firmeza, con un valor de 3.78%, seguido por T3 con 3,48, seguido de T2 con 3,18 y finalmente T0 que es el tratamiento con menor porcentaje de firmeza con 2,43; lo que sugiere que la aplicación del recubrimiento contribuyó a preservar la firmeza de la frutilla durante su almacenamiento, si se lo compara con el testigo.

pH (Potencial Hidrogenión)

Tabla 9

Promedio de pH en frutillas almacenadas en refrigeración al día 12

Tratamiento	Repetición					Promedio
	1	2	3	4	5	
T0	3,38	3,34	3,31	3,42	3,41	3,37
T1	3,32	3,29	3,3	3,37	3,34	3,32
T2	3,36	3,08	3,35	3,48	3,55	3,36
T3	3,27	3,13	3,07	3,5	3,45	3,28

Nota. La tabla representa el pH promedio para los diferentes tratamientos al día 12 (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna).

En general no existió cambios importantes en cuanto al pH. Jima (2015), en su estudio sobre recubrimientos en frutilla variedad Albión a 5 °C sugiere que el pH es uno de los parámetros con menor variación durante el período de poscosecha de la frutilla y reporta el valor mínimo de $3,820 \pm 0,04$ para el tratamiento 9 (20% de glucosa, 3% de gelatina, 0,6% tween , 0,25% de ácido cítrico y 1% de glicerol) con diez minutos de inmersión y un valor máximo de 3,93 para el tratamiento 6 (15% de glucosa, 3% de gelatina, 0,6% tween, 0,25% de ácido cítrico y 1% de glicerol) mientras que el pH de las frutillas control presentaron un valor de 3,865; coincidiendo con esta publicación, ya que el mayor porcentaje de pH para T0 con un valor promedio de 3,37 %, seguido por T2, T1 y T3, los cuales registraron valores promedio de 3,36, 3,32 y 3,28 para el día doce de almacenamiento.

Por otro lado, Vargas, *et al.* (2006), indican que no se observaron cambios significativos en el pH para frutillas recubiertas con quitosano y ácido oleico (1, 2 y 4 %) almacenadas a 5°C y 75 % HR durante 12 días; lo que concuerda con esta investigación, ya que el cambio de pH fue muy leve con el pasar del tiempo. Ruiz (2015), mencionan que la frutilla recién cosechada (3/4 rojo) presenta mayor acidez que una frutilla madura y con el aumento de la madurez, esta pierde acidez que se verifica con pH más básicos.

Tabla 10

Análisis de varianza del pH

F.V.	Gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	0,13	0,04	0,04	0,9891
Recubrimiento	3	0,13	0,04	0,04	0,9891
Error	16	17,83	1,11		
Total	19	17,97			

Nota. La tabla representa el análisis de varianza para los diferentes tratamientos en frutillas almacenadas en refrigeración al día 12 (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Autoría propia.

El análisis de varianza a un nivel de confianza del 95% señala que no existe diferencia significativa ($p > 0,05$) durante el proceso de recubrimiento en los diferentes tratamientos, ya que los valores de pH son semejantes, por lo tanto, se puede afirmar que el porcentaje de mucílago (1, 2 y 3%) y el tiempo de almacenamiento no influyeron sobre los cambios del pH.

Tabla 11

Promedio de °Brix en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración

Tratamiento	Repetición					Promedio
	1	2	3	4	5	
T0	3,38	3,34	3,31	3,42	3,41	3,37
T1	3,32	3,29	3,3	3,37	3,34	3,32
T2	3,36	3,08	3,35	3,48	3,55	3,36
T3	3,27	3,13	3,07	3,5	3,45	3,28

Nota. La tabla representa el promedio de °Brix para los diferentes tratamientos (T0: 0%, T1: 1%, T2: 2% y T3: 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Autoría propia.

Jima (2015), en su estudio sobre recubrimientos comestibles en frutilla variedad Albión a 5 °C y con inmersión de 7,50 minutos reporta un valor mínimo de sólidos solubles de $9,08 \pm 0,126$ y un máximo de $10,47 \pm 0,318$ (15% de glucosa, 3% de gelatina, 0,6% tween, 0,25% de ácido cítrico y 1% de glicerol), contrario a esta investigación, en la que el valor mínimo fue de 6,39 al día cero y un valor máximo de 9,35 respectivamente en el día doce de almacenamiento.

Por otro lado, Mitcham (1996), establecen que 7° Brix es el valor mínimo referencial para la calidad del fruto, coincidiendo con estos resultados, ya que en su mayoría los valores se encuentran dentro de dicho rango a partir del día tres, a excepción de T0 con 6,83 y T2 con 6,68 mismos que son valores bastante cercanos al valor establecido. Es importante mencionar que se utilizaron frutos con índice de madurez 4, por lo que la concentración de sólidos solubles para este índice es de 7.02 °Brix. Kader (2005), menciona que durante el

almacenamiento de la frutilla los almidones se transforman en azúcares simples, lo que se refleja como un aumento de °Brix como indican los resultados en esta investigación.

Tabla 12

Análisis de varianza ° Brix

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	0,13	0,04	0,04	0,9891
Tratamiento	3	0,13	0,04	0,04	0,9891
Error	16	17,83	1,11		
Total	19	17,97			

Nota. La tabla representa el análisis de varianza para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Autoría propia.

El análisis de varianza indica a un nivel de confianza del 95% que no existe diferencia significativa en el porcentaje de pérdida de peso al final de los doce días de almacenamiento ($p > 0,05$); lo que significa que el porcentaje de cladodio de tuna (1, 2 y 3%) y el tiempo de almacenamiento no influyeron sobre los grados Brix; es decir, cualquier tratamiento está actuando de la misma manera.

Acidez

Tabla 13

Promedio de Acidez (g de ácido cítrico/100 g de frutilla) al día 12 de almacenamiento en refrigeración

Tratamiento	Repetición					Promedio
	1	2	3	4	5	
T0	4,4	3,81	3,6	3,72	3,09	3,72
T1	3,38	3,06	2,95	2,87	2,92	3,04
T2	3,06	2,98	2,94	2,98	3,14	3,02
T3	2,84	2,81	2,81	3,04	3,66	3,03

Nota. La tabla representa el promedio de *acidez* para los diferentes tratamientos. Autoría propia.

La Tabla 13 muestra los resultados obtenidos para la acidez titulable, expresada como porcentaje de ácido cítrico, Jima (2015) en su estudio sobre recubrimientos comestibles en frutilla variedad Albión a 5 °C y con un tiempo de inmersión de 10 minutos reporta un valor mínimo de acidez de 0,96 para T3 (10% de glucosa, 3% de gelatina, 0,6% tween , 0,25% de ácido cítrico y 1% de glicerol) y un máximo de 1,1 para el control; mientras que en este estudio el porcentaje promedio de acidez titulable fue mayor para el control (T0), seguido de T1, T3 y finalmente T2 cuyos valores fueron de 3,72; 3,04; 3,03 y 3,02 respectivamente a los doce días de almacenamiento.

También se observó una lenta disminución del valor promedio hasta el día seis, esto puede deberse a que como mencionan, Maftoonazad & Ramaswamy (2005) una reducción en el contenido de acidez titulable puede ser resultado de cambios metabólicos en el fruto debido a la utilización de los ácidos orgánicos en el proceso respiratorio; mientras que en el día nueve dichos valores promedios aumentaron y posterior a ello, volvieron a disminuir al día doce de almacenamiento.

Tabla 14

Análisis de varianza de acidez

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	0,13	0,04	0,04	0,9891
Tratamiento	3	0,13	0,04	0,04	0,9891
Error	16	17,83	1,11		
Total	19	17,97			

Nota. La tabla representa el análisis de varianza para los diferentes tratamientos (T0, T1, T2 y T3).

El análisis de varianza indica a un nivel de confianza del 95% que no existe diferencia significativa en el porcentaje de acidez al final de los doce días de almacenamiento ($p > 0,05$); lo que indica que el porcentaje de cladodio de nopal (1, 2 y 3%) y el tiempo de almacenamiento

no influyeron sobre la acidez de la frutilla; es decir cualquier tratamiento está actuando de la misma manera.

Índice de madurez

Tabla 15

Promedio de Índice de madurez (IM= °Brix/Acidez) en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración

Tratamiento	Repetición					Promedio
	1	2	3	4	5	
T0	1,52	1,88	5,53	3,02	4,19	3,228
T1	2,05	2,49	7	4,1	4,59	4,046
T2	2,13	2,25	6,08	3,44	3,74	3,528
T3	2,25	2,71	6,22	3,51	3,28	3,594

Nota. La tabla representa el promedio de *acidez* para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna).

El índice de madurez (IM) en las frutillas presentó una tendencia ascendente, Flores (2011), indica que el índice de madurez muestra la calidad y vida comercial en el tiempo de almacenamiento; a medida que avanza el índice de madurez aumenta el contenido de azúcares expresado en los grados Brix para la acidez disminuye; coincidiendo con los resultados de este estudio para el índice de madurez, mismos que para T1 el valor fue de 4,05, seguido de T3, T2 y T0 con valores correspondientes a 3,59; 3,53 y 3,23 respectivamente a los doce días de almacenamiento, cumpliéndose lo señalado por, Hernández, *et al.* (2008), quienes señalan que la aplicación de un recubrimiento permite controlar el intercambio de gases asociado a un incremento de la tasa de respiración y a la vez al aumento del índice de madurez al fruto.

Tabla 16*Análisis de varianza de Índice de Madurez*

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	1,72	0,57	0,2	0,896
Tratamiento	4	1,72	0,57	0,2	0,896
Error	16	46,14	2,88		
Total	19	47,86			

Nota. La tabla representa el análisis de varianza para los diferentes tratamientos (T0, T1, T2 y T3).

El análisis de varianza indica a un nivel de confianza del 95% que no existe diferencia significativa en el índice de madurez al final de los 12 días de almacenamiento ($p > 0,05$); lo que significa que el porcentaje de cladodio de nopal (1, 2 y 3%) y el tiempo de almacenamiento no influyeron sobre el índice de madurez; es decir, cualquier tratamiento está actuando de la misma manera.

Color (ΔE por Cie Lab)

Tabla 17

Cinética de la reacción de la variación del color L y b Cie Lab en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración

Tratamiento	Repetición					Cinética de la reacción
	1	2	3	4	5	
T0	57,81	27,2	29,43	27,46	26,26	$Y = -6,284x + 52,484$
T1	73,39	37,33	37,77	44,04	44,38	$Y = -5,131x + 62,775$
T2	65,04	25,41	30,32	27,58	38,91	$Y = 49,259x - 0,452$
T3	67,27	19,36	32,63	31,68	34,03	$Y = -6,416x + 58,242$

Nota. La tabla representa la cinética de reacción de la pérdida de peso para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Autoría propia.

El tratamiento T3 presento menor pendiente, por lo tanto, la diferencia de color ΔE en el tiempo de almacenamiento es menor a comparación de T0, T1 y T2. En la Tabla 17 se muestran los resultados de color obtenidos para la coordenada L^* (luminosidad), obteniendo valores más altos para las muestras de T0 con 63,9, seguido por T3 con 59,3; T1 con 58,1 y finalmente T2 con 53,5 a los 12 días de almacenamiento. En cuanto a la coordenada a^* (negativo indica verde, positivo rojo), las muestras presentan m í n i m a disminución al término del experimento (12,7; 12,6; 12,5 y 12,3) para T0, T1, T2 y T3 respectivamente.

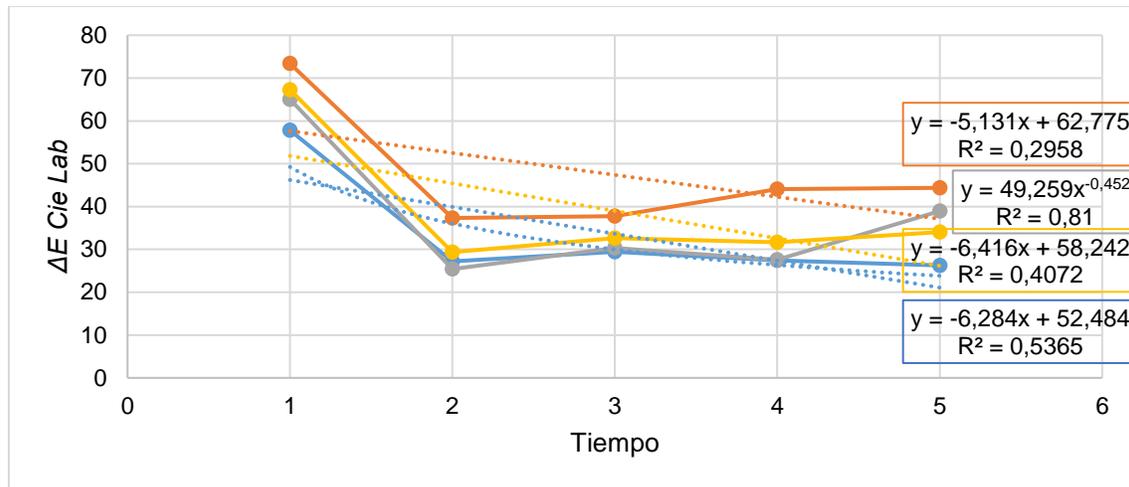
La disminución de la coordenada a promedio es mínima y las muestras presentan un ligero oscurecimiento que se debe al aumento en la tasa de respiración y procesos enzimáticos, provocando una pérdida de calidad en la frutilla.

Por el contrario, los valores promedio de la coordenada b^* (negativo indica azul, positivo indica amarillo), disminuyen al final del almacenamiento (8,6; 8,8; 8,8 y 8) para T0, T1, T2 y T3, esta disminución de b^* se debe a la intensidad y estabilidad de las antocianinas presentes en las frutillas y a la aplicación del recubrimiento que provocó un opacamiento del color de las muestras recubiertas disminuyendo la tonalidad característica de estas. Este resultado se asocia a un desprendimiento parcial de los recubrimientos al final del almacenamiento. (García & Pinzón, 2017) realizaron el análisis de color en frutillas durante 10 días, teniendo un resultado para ΔE que permite medir los cambios de matiz y densidad de hasta 20 puntos; mientras que el valor más alto en el presente estudio fue 89,09.

El recubrimiento se adhiere al producto y al secarse mantiene su brillo; por ello, no existe diferencia estadística en la luminosidad de las frutillas; coincidiendo con los resultados reportados por, Trejo, *et al.* (2007), en su estudio sobre el “Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa almacenada en refrigeración”.

Figura 5

Figura de color ΔE Cie Lab vs tiempo



Nota. El gráfico indica un modelo de regresión para el color. ΔE Cie Lab. Autoría propia

El modelo de regresión solo se ajusta a T2 ($R^2 > 0,7$); es decir el tiempo tuvo un efecto significativo sobre la variación de color ΔE Cie Lab, mientras que en los demás tratamientos (T0, T1 y T3) el tiempo no influyó en los cambios de color al momento de la toma de datos ($R < 0,7$).

Tabla 18

Análisis de varianza del color ΔE Cie Lab

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	504,70	168,23	0,72	0,547
Tratamiento	3	504,70	168,23	0,72	0,547
Error	16	3693,90	230,87		
Total	19	4198,61			

Nota. La tabla representa el análisis de varianza para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna).

El análisis de varianza indica a un nivel de confianza del 95% que no existe diferencia significativa en el color ΔE Cie Lab al final de los doce días de almacenamiento ($p > 0,05$); lo que

indica que el porcentaje de cladodio de tuna (1, 2 y 3%) y el tiempo de almacenamiento no influyeron de forma significativa sobre la variación del color de la frutilla; es decir cualquier tratamiento está actuando de la misma manera, logrando mantener esta propiedad de calidad de las fresas en el tiempo.

Dulzor (sensorial):

Tabla 19

Promedio de dulzor sensorial reportado por 5 catadores en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración.

Tratamiento	Repetición					Promedio
	1	2	3	4	5	
T0	3,36	3,52	3,8	3,82	3,84	3,67
T1	3,44	3,8	3,88	3,95	3,85	3,78
T2	3,32	3,44	3,84	3,88	3,92	3,68
T3	3,32	3,52	3,64	3,8	3,9	3,64

Nota. La tabla representa el promedio del dulzor para los diferentes. Autoría propia.

Tabla 20

Análisis de varianza de dulzor sensorial

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Mucilago de tuna	3	0,061	0,0204	3,31	0,057
Bloque	4	0,80	0,1988	32,25	2,463E-06
Error	12	0,074			
Total	19	0,93			

Nota. La tabla representa el promedio de *acidez* para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Autoría propia.

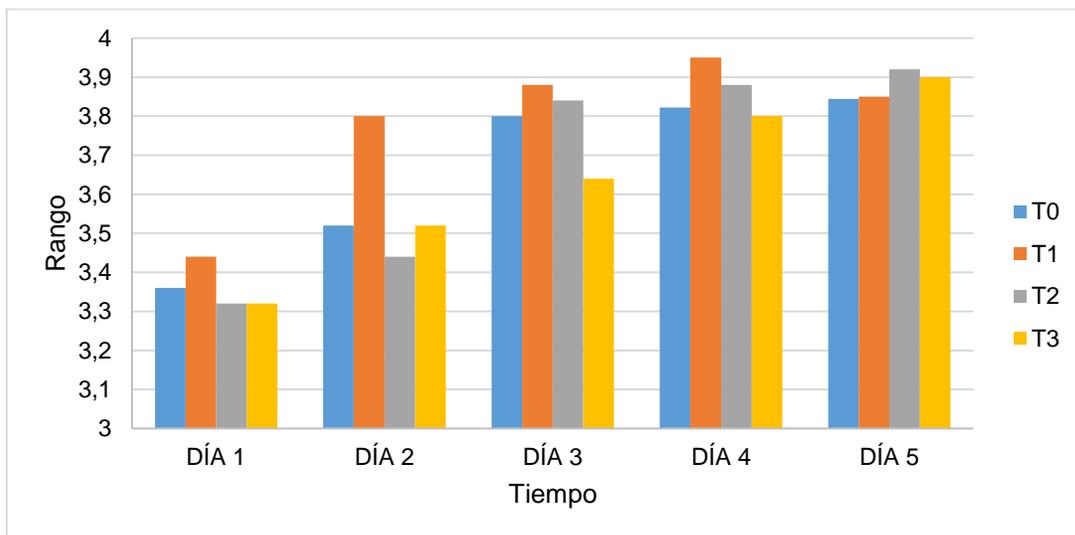
En la tabla 20 se presenta el análisis de varianza del criterio sensorial dulzor, no existiendo diferencia significativa ($p > 0.05$) en los tratamientos; sin embargo por resultados de

los degustadores el mejor tratamiento con un promedio de 3,78 sobre 4 puntos es T1 (1% de solución precursora + 93% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa), seguido por 3,68 para fresas correspondiente a T2 (2% de solución precursora + 92% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa), seguido por 3,67 correspondiente a T0 (94% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa) y finalmente 3,64 correspondiente a T3 (3% de solución precursora + 91% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa).

Es importante mencionar que es una característica muy subjetiva, ya que las frutillas son no climatéricas y por ello, el dulzor debería permanecer igual que cuando se cosecho, pero si su valor se eleva con el tiempo es debido a la deshidratación, porque la cantidad de sólidos solubles medidos como °Brix se elevó ligeramente dentro de lo reportado en dicha variable.

Figura 6

Dulzor sensorial vs. Tiempo



Nota. El gráfico indica la influencia del dulzor en el tiempo (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna).

Como se observa en la figura, para el día cero, los degustadores prefirieron el T1 en cuanto al dulzor, esta tendencia se mantuvo para el día tres, seis y nueve; mientras que en el

día doce no existió mucha diferencia en cuanto al sabor, pero T2 fue el que tuvo mayor aceptación por parte de los degustadores.

Sabor ácido sensorial

Tabla 21

Promedio de sabor ácido sensorial reportado por 5 catadores en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración

Tratamiento	Repetición					Promedio
	1	2	3	4	5	
T0	3,52	3,32	3,04	2,96	2,88	3,144
T1	3,68	3,32	3,2	2,96	2,8	3,192
T2	3,84	3,68	3,32	3,12	2,8	3,352
T3	3,72	3,44	3,16	3,16	2,96	3,288

Nota. La tabla representa el promedio del sabor ácido para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Autoría propia.

Tabla 22

Análisis de varianza de sabor ácido sensorial reportado por 5 catadores en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Mucilago de nopal	3	0,061	0,0204	3,31	0,057
Bloque	4	0,80	0,1988	32,25	2,46397E-06
Error	12	0,074	0,0062		
Total	19	0,93			

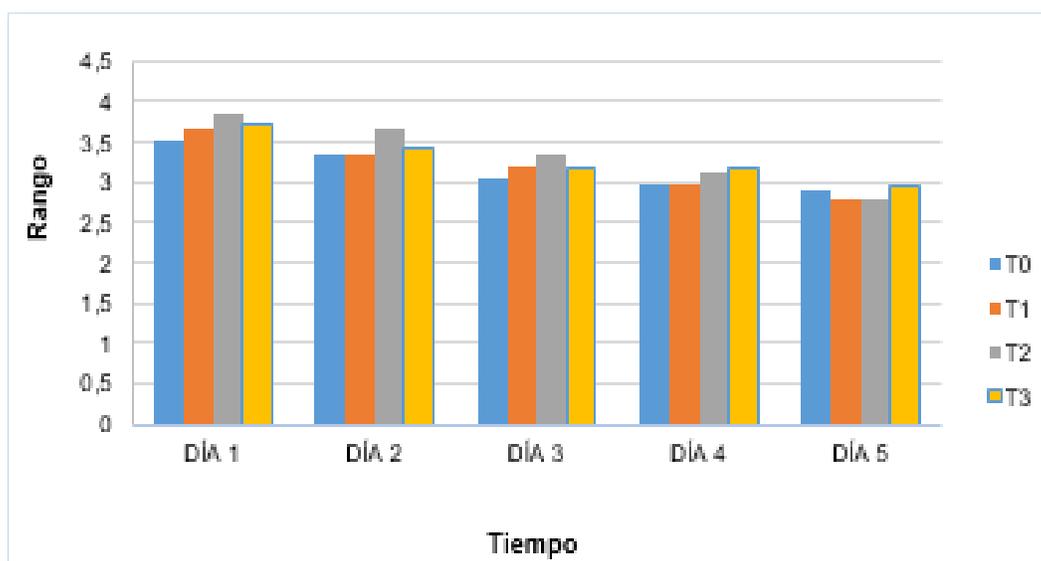
Nota. La tabla representa el promedio de *sabor ácido* para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Auditoría propia.

En la tabla se presenta el análisis de varianza de la característica del sabor ácido, existiendo diferencia significativa ($p < 0.05$) en los tratamientos.

Por criterio de los degustadores el mejor tratamiento con un promedio de 3,35 sobre 4 puntos fue T2 (2% de solución precursora + 92% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela +2% de almidón de papa), seguido por 3,29 para fresas correspondiente a T3 (3% de solución precursora + 91% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa), seguido por T1 (1% solución precursora + 93% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa) y finalmente T0 (94% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa).

Figura 7

Sabor ácido vs Tiempo



Nota. El gráfico indica la influencia del sabor ácido en el tiempo. (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Autoría propia.

Como se observa en la figura, para el día cero, los degustadores prefirieron el T2 en cuanto al sabor ácido en las frutillas, esta tendencia se mantuvo para el día tres, seis y nueve; mientras que en el día doce no existió mucha diferencia en cuanto al sabor ácido de las frutillas, pero T3 tuvo un poco más de aceptación por parte de los degustadores.

Aroma sensorial

Tabla 23

Promedio de aroma sensorial reportado por 5 catadores en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración

Tratamiento	Repetición					Promedio
	1	2	3	4	5	
T0	3,68	3,76	3,84	3,48	3,84	3,72
T1	3,72	3,76	3,84	3,48	3,88	3,73
T2	3,6	3,68	3,68	3,68	4,56	3,84
T3	3,64	3,76	3,76	3,8	4,64	3,92

Nota. La tabla representa el promedio del aroma para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Auditoría propia.

Tabla 24

Análisis de varianza de aroma sensorial

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Mucilago de tuna	3	0,132	0,0441	0,00	0,999731
Bloque	4	0,98	0,2445	0,02	0,99927228
Error	12	163,533	13,6277		
Total	19	164,64			

Nota. La tabla representa el análisis de varianza para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Auditoría propia.

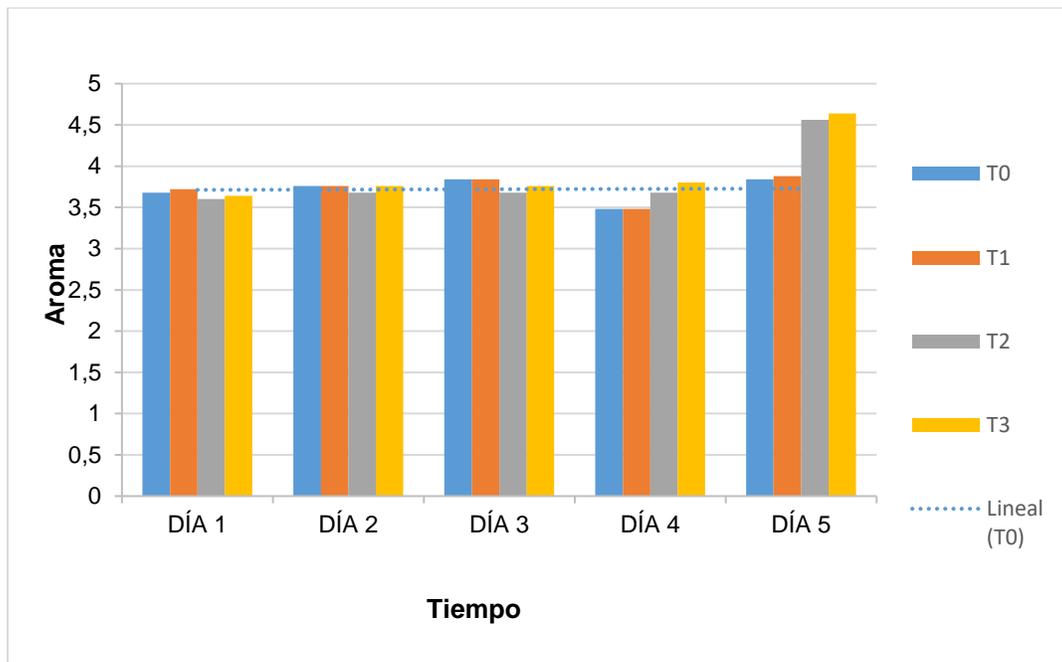
En la tabla se presenta el análisis de varianza de la característica del aroma, no existiendo diferencia significativa ($p > 0.05$) en los tratamientos sin embargo por criterio de los degustadores el mejor tratamiento con un promedio de 3,92 sobre 4 puntos, correspondiente a T3 (3% de solución precursora + 91% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa), seguido por 3,84 correspondiente a T2 (2% de solución precursora + 92% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa), seguido por

3,74 correspondiente a T1 (1% solución precursora + 93% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa), y finalmente 3,72 correspondiente a T0 es T2 (2% de solución precursora + 92% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela +2% de almidón de papa).

Los recubrimientos comestibles se comportan como una barrera semipermeable que reduce el paso de compuestos aromáticos desprendidos por el fruto Han, *et al.* (2004) mejorando en los panelistas la percepción del aroma.

Figura 8

Aroma sensorial vs Tiempo



Nota. El gráfico indica la influencia del aroma sensorial en el tiempo. Autoría propia.

Como se observa en la figura, para el día cero, los degustadores prefirieron el T2 en cuanto al aroma de las frutillas, en el día tres existió una igualdad entre T0, T1 y T3, resultado que se mantuvo hasta el día seis, mientras que en el día nueve T3 fue el preferido por los degustadores y en el día doce T2 y T3 alcanzaron mayor puntuación con una notable diferencia con T0 y T1.

Apariencia general

Tabla 25

Promedio de apariencia general reportado por 5 catadores en frutillas recubiertas al día 12 de refrigeración

Tratamiento	Repetición					Promedio
	1	2	3	4	5	
T0	3,24	3,08	3,12	2,88	2,96	3,24
T1	3,52	3,52	3,4	3,12	3	3,52
T2	3,48	3,76	4,44	3,28	3,16	3,48
T3	3,56	3,6	3,36	3,16	2,96	3,56

Nota. La tabla representa el promedio de apariencia general para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Autoría propia.

Tabla 26

Análisis de varianza de apariencia general sensorial

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Mucilago de Tuna	3	0,809	0,2697	0,02	0,9962
Bloque	4	0,99	0,2470	0,02	0,9993
Error	12	170,382	14,1985		
Total	19	172,18			

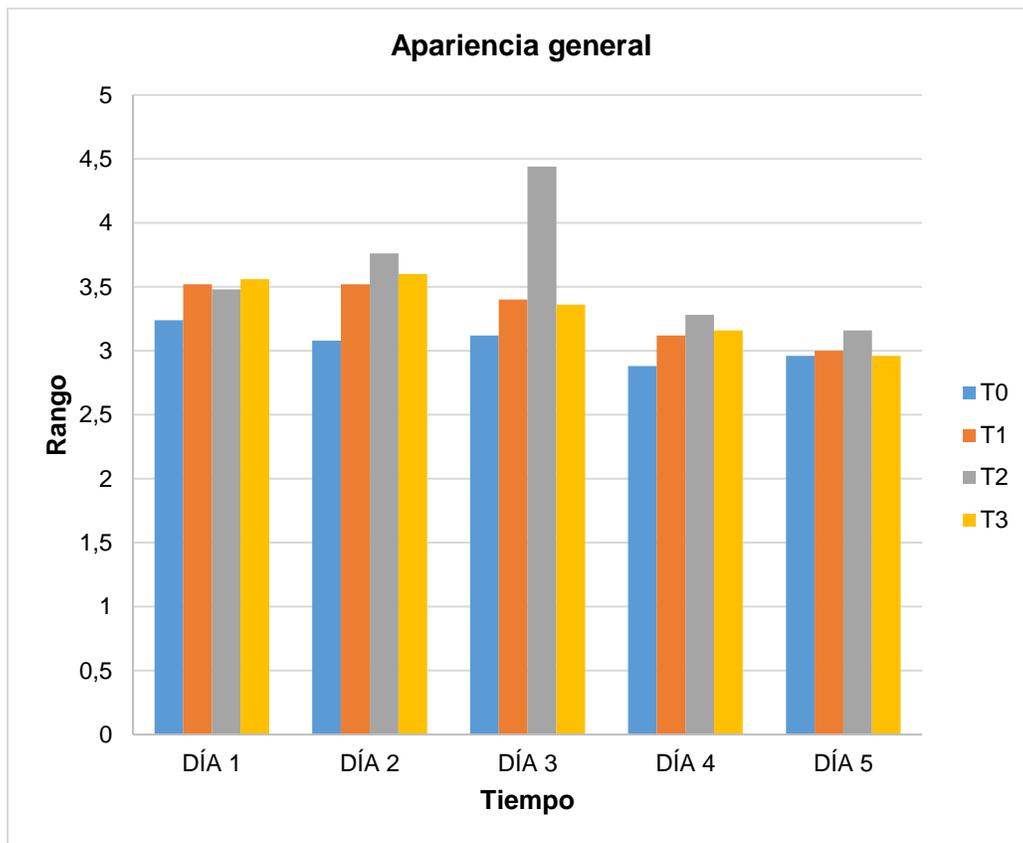
Nota. La tabla representa el análisis de varianza para los diferentes tratamientos (T0 0%, T1 1%, T2 2% y T3 3% Solución Precursora de Mucílago de Cladodio de Tuna). Autoría propia.

En la tabla se presenta el análisis de varianza de la característica de la apariencia general, no existiendo diferencia significativa ($p > 0.05$) en los tratamientos. Sin embargo, por criterio de los degustadores el mejor tratamiento con un promedio de 3,62 sobre 4 puntos es T2 (2% de solución precursora + 92% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa), seguido por 3,33 para fresas correspondiente a T3 (3% de solución

precursora + 91% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa), seguido por 3,31 correspondiente a T1 (1% solución precursora + 93% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa) y finalmente 3,06 correspondiente a T0 (94% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa).

Figura 9

Apariencia general vs tiempo



Nota. El gráfico indica la influencia de la apariencia general en el tiempo. Autoría propia.

Como se observa en la figura en el día cero existió casi una igualdad entre los T1, T2 y T3, en el día tres T2 fue el favorito por los degustadores y esta tendencia se mantuvo hasta el final, siendo el día seis el de mayor puntuación en cuanto a la apariencia general de las frutillas.

Tabla 27

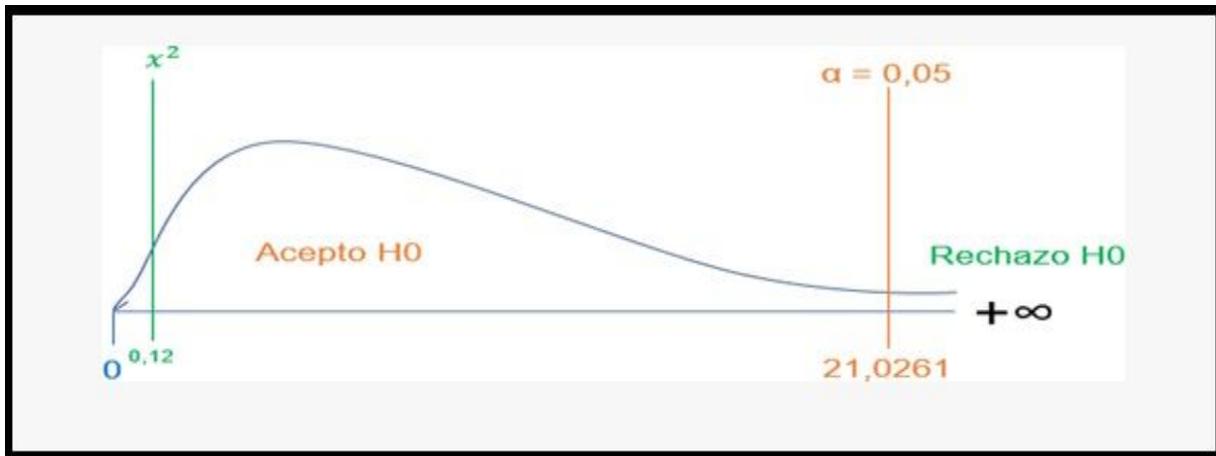
Valores observados – Análisis sensorial sobre cinco puntos

Mucilago de nopal	Dulzor	Sabor Acido	Aroma	Apariencia General	Total
0	3,669	3,144	3,72	3,06	13,593
2%	3,784	3,192	3,74	3,31	14,026
4%	3,680	3,352	3,84	3,62	14,492
6%	3,63	3,288	3,92	3,33	14,168
Total	14,77	12,98	15,22	13,32	52,28

Nota. Los degustadores dieron una numeración más alta en cuanto al dulzor al recubrimiento elaborado con 2% de mucílago de cladodio de tuna, mientras que el sabor ácido, el aroma y la apariencia general proporcionaron una numeración más alta con 4% de mucílago de cladodio de tuna. Autoría propia.

Figura 10

Tabla de contingencia



Nota. De acuerdo con el análisis realizado y con el valor calculad de chi cuadrado, se concluye que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la afirmativa en este estudio, por lo tanto, la concentración de cladodio de tuna no se asocia con las variables sensoriales.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El recubrimiento tuvo un efecto positivo en variables físicas como en el incremento de la vida útil de la frutilla, a partir del porcentaje de pérdida de peso, siendo T3 (3% de solución precursora + 91% de agua + 3% de glicerol + 1% de aceite de canela + 2% de almidón de papa), el tratamiento que actuó de mejor manera en dicha variable permitiendo una vida de anaquel de 6,43 días de almacenamiento a 6 °C ; así mismo presentó el menor valor en cuanto a pérdida de peso con 18,84% y una menor diferencia de color con un valor ΔE de 6,41.
- La vida útil de la frutilla sometida al mejor tratamiento (T3) fue de aproximadamente 6,43 días, superior en 2,28 días de la frutilla control T0 (sin cladodio de nopal); evidenciándose de esta forma que los procesos fisiológicos de maduración continuaron durante el almacenamiento refrigerado (6°C) y el efecto antifúngico del aceite esencial de canela ayudó a retardar la proliferación de microorganismos en la frutilla.
- El tratamiento con el menor porcentaje de cladodio de tuna T1 resultó tener el índice de madurez más alto con un valor de 4,05 y una retención de la firmeza de 3,78 N, existiendo diferencia significativa en la firmeza y como consecuencia manteniendo la calidad de la textura del fruto por más tiempo.
- Los panelistas describieron a los frutos recubiertos con T1 como los más dulces al final de los 12 días de almacenamiento; en cuanto a la apariencia general y el sabor ácido T2 tuvo una mayor aceptación y T3 fue el tratamiento con mayor promedio en cuanto al aroma.

Recomendaciones

- Estudiar la inclusión del mucílago de cladodio de tuna en recubrimientos para otros productos frescos de rápido deterioro y alta demanda para el país como la guayaba y el tomate riñón.
- Hacer una corrida sin ningún tipo de recubrimiento, pero con mayor toma de datos en las variables físicas para verificar la acción de los recubrimientos elaborados sobre la mejora en los criterios de calidad de la frutilla.
- Evaluar microbiológicamente las frutillas recubiertas con la mejor formulación obtenida de solución precursora, agua, glicerol, aceite de canela y almidón de papa a otras temperaturas de almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J. (2017). *La comercialización de la tuna como alternativa de desarrollo de la Asociación de Productores de Guarango y Frutales de la comunidad Chingazo Alto, Parroquia matriz, Frutales de la comunidad Chingazo Alto, Parroquia matriz, Cantón Guano, provincia de Chimborazo*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4354/1/UNACH-EC-FCP-ING-COM-2017-0042.pdf>
- Alcántara, M. (2009). *Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado*. [Tesis de doctorado]. Universidad de Guanajuato Guanajuato, México. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6473/tesisUPV3131.pdf>
- Allegra, A., Sortino, G., Inglese, P., Settanni, L., Todaro, A., & Gallotta, A. (2017). The effectiveness of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on post-harvest maintenance of 'Dottato' fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 12(1), 135-141.
DOI: 10.1016/J.FPSL.2017.04.010
- Andrade, J., Acosta, D., Bucheli, M., & Osorio, O. (2014). Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* S.). *Información Tecnológica*, 25(6), 57-66.
DOI:10.4067/S0718-07642014000600008
- Beltrán, Á. (2012). *Estudio de la vida útil de fresas (fragaria vesca) mediante Tratamiento con luz*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/858/1/AL434%20Ref.%203280.pdf>
- Bernedo, P., & Sierra, E. (2019). *Aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucilago de nopal (opuntia ficus-indica) sobre la calidad del mango (mangifera indica L.)*. [Tesis de pregrado]. Universidad nacional de san agustín. Arequipa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9235>

- Borja, E. (2010). *Estudio de la conservación de fresas (Fragaria vesca) mediante tratamientos térmicos*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/865/1/AL427%20Ref.%203273.pdf>
- Bósquez, L., & Vernon, E. (2005). Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera candelilla. *Mexicana de Ingeniería Química*, 4(2). <https://www.redalyc.org/pdf/620/62040203.pdf>
- Brindis, R., Salinas, R., Brito, H., Gómez, E., Salaya, J., Mercado, J., & Ulín, F. (2020). Efecto del recubrimiento con mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la conservación de Rambután (*Nephelium lappaceum* L.) mínimamente procesado. *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 21(1).
- Cano, A., Jiménez, A. & Cháfer, M. G. (2014). *Effect of amylose:amylopectin ratio and rice bran addition on starch films properties*. National Library of Medicine. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.04.075
- Cavalcante, F., Rangel, M., De Souza, A., Vinhosa, N., Édira, B., Branco, C., & Gonçalves, A. (2015). Produção de revestimento comestível à base de resíduo de frutas e hortaliças: aplicação em cenoura (*Daucus carota* L.) minimamente. *Scientia Agropecuaria*, 6(1), 59-68. DOI: 10.17268/SCI.AGROPECU.2015.01.06
- Chávez, D. (2018). *Diseño del proceso industrial para la obtención de una bebida de hoja de tuna (Opuntia ficus-indica), para la empresa vita tuna*. [Tesis de pregrado]. Universidad Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10515/1/96T00509.pdf>
- Del-Valle, V., Hernández, P., Guarda, A., & Galotto, M. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91(4), 751-756. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.07.002

- Feliziani, E., & Romanazzi, G. (2016). Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management. *Journal of Berry Research*, 6(1), 47-63. DOI:10.3233/JBR-150113
- Fernández, D., Baños, S., Fernández, D., Ocampo, A., García, A., & Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52-56. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008
- Fernández, M. (2019). *Conservación de la guayaba (Psidium guajava L) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (Opuntia ficus indica) con aceite. Conservación de la guayaba (Psidium guajava L) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (Opuntia ficus indica) con aceite. [Tesis de pregrado].* Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29913/1/11%20T.AL.pdf>
- Fernández, M., Echeverría, D., Mosquera, S., & Paz, S. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos en frutas y hortalizas. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15 (2), 134-141. DOI: 10.18684/BSAA(15)134-141
- González, D. (2011). *Estudio de factibilidad de la plantación de fresa en la Escuela Agrícola Panamericana. [Tesis de Pregrado]*, Universidad Zamorano El paraíso, Honduras. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/cfce0cc4-8e09-4fb4-ab66-2687575bf9ba/content>
- Gurrieri, S., Miceli, L., Lanza, C., F, T., Bonomo, R., & Rizzarelli, E. (s.f.). Chemical characterization of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) and perspectives for the storage of its juice. 48(11), 24-31. DOI:10.1021/jf9907844

- Guzmán, L., D. A., Romero, L., & Estrada, J. (2015). Elaboración de una Película Comestible a Base de Colágeno Incorporado con Nisina como Agente Antimicrobiano. *Información Tecnológica*, 26(3), 17-24. DOI:10.4067/S0718-07642015000300004
- Hosseini, S., Masoud, R., Mojgan, Z., & Farhid, F. (2014). Fabrication of bio-nanocomposite films based on fish gelatin reinforced with chitosan nanoparticles. 44(1), 172-18
DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.09.004
- Jiménez, E., & Tipantuña, E. (2018). *Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (Opuntia ficus-indica) empleando como plastificante glicerol para extender la vida útil de la uva negra (vitis vinífera)*. 2018. [Tesis de pregrado], Universidad Técnica de Cotopaxi, Riobamba, Ecuador. Repositorio digital UTC. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8514/1/PC-000338.pdf>
- Llumiquinga, P. (2017). *Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla Fragaria x ananassa (Weston) Duchesne; variedad albión*. [Tesis de pregrado], Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9674/1/T-UCE-0004-17.pdf>
- Majdoub, H., Roudesli, S., Picton, L., Le Cerf, D., Muller, G., & M, G. (2001). Prickly pear nopals pectin from Opuntia ficus-indica physico-chemical study in dilute and semi-dilute solutions. 46(1), 69-79. DOI:10.1016/S0144-8617(00)00284-8
- Tustón, R. (2012). *Sistematización de experiencias del cultivo de frutilla (Fragaria dioica), para la sierra norte de Pichincha*. [Tesis de pregrado], Universidad Politécnica Salesiana Quito, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3759/6/UPS-YT00195.pdf>