



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSTGRADO

### MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

#### MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO

**Título:**

---

**APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE  
A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia ficus-  
indica*) Y ACEITE ESENCIAL DE MATICO (*Buddleja  
globosa*) PARA LA CONSERVACIÓN DE LA MORA DE  
CASTILLA (*Rubus glaucus*).**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Agroindustria  
con mención en Tecnología de Alimentos

**Autora:**

Rodríguez Andachi Evelin Abigail

**Tutor**

Arias Palma Gabriela Beatriz, Mg.

**LATACUNGA – ECUADORA**

**2023**

## APROBACIÓN DE LA TUTORA

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*) para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*)”, presentado por Evelin Abigail Rodríguez Andachi, para optar por el título Magister en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos.

## CERTFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, noviembre, 17, 2023



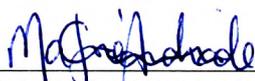
---

Mg. Gabriela Beatriz Arias Palma  
C.C: 1714592746

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*) para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*)”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magister en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, noviembre, 17, 2023



---

PhD. María José Andrade Cuvi  
C.C: 1712338373  
**Presidente del tribunal**



---

Mg. Vicente Guerrón  
C.C: 0921044426  
**Miembro 2**



---

Mg. María Morales  
C.C: 1803691144  
**Miembro 3**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis es el resultado de mucho esfuerzo y dedicación, por lo que quiero agradecer en primer lugar a Dios por guiarme y darme fortaleza para culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mi querido abuelito Isaías Rodríguez, que desde el cielo ha sido mi ángel guardián y me ha cuidado en cada paso que he dado. Todo mi esfuerzo es para hacerte sentir orgulloso de tu nieta.

A mis amados padres, Milton y Rosita, que, con su amor incondicional, consejos y apoyo me han permitido llegar hasta aquí y convertirme en la persona que soy. Este logro es de ustedes también. ¡Los amo!

A mis hermanos Paola, Anabel, Maykel y mi cuñado Daniel que siempre han estado ahí para darme una palabra de aliento y nunca dejaron de creer en mí. Son mi mayor motivación para seguir adelante.

A mi querida sobrina Yarita, para que veas en este logro un ejemplo a seguir y sepas que puedes cumplir tus sueños si te lo propones.

Por ustedes y para ustedes con mucho amor.

*Evelin A. Rodríguez A.*

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme la oportunidad de formarme y crecer profesionalmente. A su excelente plana docente que me transmitió valiosos conocimientos.

Y de manera especial, a mi tutora, Magister Gabriela Arias, y a mi cotutor Químico Orlando Rojas, por su orientación y dedicación durante todo el desarrollo de esta tesis. Sus enseñanzas, paciencia y motivación han sido fundamentales para culminar con éxito mis estudios de maestría. Les estaré eternamente agradecida por su apoyo incondicional.

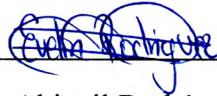
A Dios por permitirme disfrutar de lo maravilloso de la vida, por darme fuerza y sabiduría para levantarme de todas las caídas que he pasado, por ser el aliento cuando más lo necesité durante todo este trayecto.

*Evelin A. Rodríguez A.*

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, noviembre, 17, 2023



---

Evelin Abigail Rodríguez Andachi  
C.C.: 1208491256

## RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de auditoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, noviembre, 17, 2023



---

Evelin Abigail Rodríguez Andachi  
C.C.: 1208491256

## AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*) para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*)”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, noviembre, 17, 2023



---

PhD. María José Andrade Cuvi  
C.C.: 1712338373

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**Título:** “Aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*) para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*)”.

**Autor:** Evelin Abigail Rodríguez Andachi

**Tutor:** Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.

#### RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo el propósito de evaluar la aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*) para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*). Para llevar a cabo el estudio se estableció un diseño factorial A x B para determinar las concentraciones óptimas de mucílago de nopal y el aceite esencial de matico; se fijaron 86 % de mucílago de nopal y, 10 % de aceite de matico, junto con un 0,10 % de pectina. Además, se incluyeron glicerol como plastificante al 10 %, carboximetilcelulosa al 1 %, 0,10 % de tween 80, y se completó la formulación con un 3,8 % de agua destilada. Al evaluar los parámetros fisicoquímicos a los 15 días, el tratamiento 1 fue el que más se destacó arrojando los siguientes resultados: pérdida de peso 5,36%, una concentración de sólidos solubles de 13,7% grados Brix, un pH de 3,02, una acidez titulable con un valor de 2,12%, con un índice de madurez de 6, además de un color visual puntuado en 6, por último éste tratamiento presentó mohos a los 15 días. Por lo tanto, el Recubrimiento comestible es una buena alternativa y oportunidad para los agricultores al igual que los comerciantes que trabajan con este fruto altamente perecedero; La adopción de esta técnica tiene el potencial de proporcionar notables ventajas en lo que respecta a la preservación y la mejora de la calidad del producto definitivo.

**Palabras clave:** Recubrimiento, almacenamiento, color, madurez, aplicación

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**POSTGRADUATE DIRECTION**  
**MASTER'S DEGREE IN AGRIBUSINESS WITH A MENTION IN FOOD**  
**TECHNOLOGY**

**Title:** “Application of an edible coating based on cactus mucilage (*Opuntia ficus-indica*) and matico essential oil (*Buddleja globosa*) for the conservation of blackberry (*Rubus glaucus*)”.

**Author:** Evelin Abigail Rodríguez Andachi

**Tutor:** Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.

**ABSTRACT**

The purpose of this research project was to evaluate the application of an edible coating based on cactus mucilage (*Opuntia ficus-indica*) and matico essential oil (*Buddleja globosa*) for the conservation of blackberry (*Rubus glaucus*). To carry out the study, an A x B factorial design was established to determine the optimal concentrations of nopal mucilage and matico essential oil; 86% of cactus mucilage and 10% of matico oil were fixed, along with 0.10% of pectin. Additionally, 10% glycerol, 1% carboxymethylcellulose, 0.10% tween 80 were included as a plasticizer, and the formulation was completed with 3.8% distilled water. When evaluating the physicochemical parameters after 15 days, treatment 1 was the one that stood out the most, claiming the following results: weight loss 5.36%, a concentration of soluble solids of 13.7% Brix degrees, a pH of 3.02, a titratable acidity with a value of 2 .12%, with a maturity index of 6, in addition to a visual color rated at 6, finally, this treatment presented molds after 15 days. Therefore, Edible Coating is a good alternative and opportunity for farmers as well as merchants who work with this highly perishable fruit; the adoption of this technique has the potential to provide notable advantages in terms of preserving and improving the quality of the final product.

**Keywords:** Coating, storage, color, maturity, application

Erika Cecilia Borja Salazar con cédula de identidad número: 0502161094 Licenciada en: Ciencias De La Educación Especialización Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-07-747814; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*) para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) de: Evelin Abigail Rodríguez Andachi, aspirante a magister en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos.

Latacunga, noviembre 14, 2023



Mg. Erika Cecilia Borja Salazar  
C.C. 0502161094

## ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DE LA TUTORA.....	ii
APROBACIÓN TRIBUNAL .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA .....	vi
RENUNCIA DE DERECHOS.....	vii
AVAL DEL PRESIDENTE.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
INFORMACIÓN GENERAL:.....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
JUSTIFICACIÓN .....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	7
Hipótesis nula.....	7
Hipótesis alternativa.....	7
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos .....	8
CAPÍTULO I.....	9

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
1.1. Recubrimiento comestible.....	11
1.1.1. Técnicas utilizadas para la elaboración de los recubrimientos comestibles	12
1.1.1.1. Por eliminación del disolvente .....	12
1.1.1.2. Por gelación térmica.....	13
1.1.1.3. Por Solidificación.....	13
1.1.1.4. Por el método de “Casting” .....	13
1.1.1.5. Por “electrospraying” (Pulverización electrohidrodinámica) .....	13
1.1.1.6. Por Microfluidización .....	13
1.1.2. Requisitos del recubrimiento comestible .....	14
1.2. Mucílago de nopal ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) .....	14
1.2.1. Clasificación de los mucílagos.....	15
1.2.1.1. Los mucílagos neutros.....	15
1.2.1.2. Los mucílagos ácidos .....	15
1.2.2. Composición del mucílago.....	15
1.2.3. Solubilidad del mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> .....	15
1.3. Aceite esencial de matico.....	16
1.3.1. Composición química del aceite esencial de matico.....	16
1.4. Mora de castilla ( <i>Rubus glaucus</i> ).....	16
1.4.1. Taxonomía.....	17
1.4.1.1. Composición química del fruto .....	18
1.4.1.2. Índices de cosecha de la mora .....	18
CAPÍTULO II .....	21
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
2.1. Tipos de investigación.....	21
2.1.1. Investigación bibliográfica.....	21

2.1.2. Investigación cuantitativa .....	21
2.1.3. Investigación descriptiva.....	22
2.1.4. Investigación experimental .....	22
2.2. Técnicas de investigación: .....	23
2.2.1. La observación: .....	23
2.3. Materiales usados en la investigación .....	23
2.3.1. Materia prima .....	23
2.3.2. Reactivos .....	23
2.3.3. Materiales .....	24
2.3.4. Materiales de laboratorio.....	24
2.3.5. Equipos.....	24
2.4. Análisis físico químicos al mucílago de nopal y la mora de castilla .....	24
2.4.1. Extracción del mucílago de nopal .....	24
2.4.2. Mora de castilla .....	25
2.4.3. Capacidad antioxidante del aceite esencial de matico en función a las metodologías de FRAP y ABTS. ....	25
2.5. Elaboración de los recubrimientos comestibles con mucílago de nopal a diferentes concentraciones de aceite esencial de matico.....	27
2.5.1. Caracterización del recubrimiento formado .....	27
2.5.1.1. Viscosidad .....	27
2.5.1.2. pH.....	27
2.5.1.3. Sólidos solubles.....	27
2.5.1.4. Grosor.....	28
2.5.1.5. Aplicación del recubrimiento comestible en la mora de castilla.....	28
2.5.1.6. Diagrama de flujo de la formulación del recubrimiento comestible.....	28
2.5.1.7. Diagrama de flujo de la aplicación del recubrimiento comestible .....	29

2.5.2. Evaluación de los parámetros de calidad de la mora durante los 15 días de almacenamiento con el recubrimiento comestible .....	29
2.5.3. Estudio del tiempo de conservación de la mora con el recubrimiento comestible mediante propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y determinar el mejor tratamiento. ....	30
2.5.3.1. Propiedades fisicoquímicas .....	30
2.5.3.2. Propiedades microbiológicas .....	30
2.6. Diseño experimental.....	31
2.7. Factores de Estudio .....	31
CAPÍTULO III.....	33
3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
3.1. RESULTADOS.....	33
3.1.1. Análisis físico químicos al mucílago de nopal y la mora de castilla .....	33
3.1.1.1. Caracterización física y química del mucílago de nopal.....	33
3.1.1.2. Caracterización fisicoquímica de la mora .....	34
3.1.2. Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico.....	34
3.1.3. Elaborar recubrimientos comestibles con mucílago de nopal a diferentes concentraciones de aceite esencial de matico a dos tiempos de inmersión.....	35
3.1.3.1. Caracterización del recubrimiento comestible .....	36
3.1.4. Evaluación de los parámetros de calidad de la mora durante los 15 días el almacenamiento con el recubrimiento comestible .....	37
3.1.4.1. Pérdida de peso .....	37
3.1.4.2. Sólidos solubles (°Brix) .....	39
3.1.4.3. pH.....	41
3.1.4.4. Acidez titulable % m/m (ácido cítrico) .....	43
3.1.4.5. Índice de madurez .....	45
3.1.4.6. Madurez (color visual) .....	48

3.1.4.7. Presencia de hongos .....	49
3.2. Discusión de resultados.....	51
CONCLUSIONES .....	57
RECOMENDACIONES .....	58
3.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
3.4. ANEXOS .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Propiedades del recubrimiento comestible.....	12
<b>Tabla 2</b> Clasificación taxonómica de la mora de castilla .....	18
<b>Tabla 3</b> Composición química de la mora de castilla contenido de cada 100 g....	18
<b>Tabla 4</b> Calibres de la mora de castilla .....	19
<b>Tabla 5</b> Requisitos físico químicos de la mora .....	19
<b>Tabla 6</b> Categorías para el índice de afectación por hongos .....	30
<b>Tabla 7</b> Factores de estudio y niveles para la caracterización del recubrimiento comestible .....	31
<b>Tabla 8</b> Tratamientos para la caracterización del recubrimiento .....	32
<b>Tabla 9</b> Caracterización física y química del mucílago de nopal.....	34
<b>Tabla 10</b> Caracterización fisicoquímica de la mora .....	34
<b>Tabla 11</b> Efectividad antioxidante del aceite esencial .....	35
<b>Tabla 12</b> Prueba de Tukey al 5 % de la caracterización del recubrimiento comestible .....	36
<b>Tabla 13</b> Prueba de Tukey al 5 % de las repeticiones de viscosidad, pH, sólidos solubles y grosor .....	37
<b>Tabla 14</b> Pérdida de peso (% m/m) por almacenamiento.....	38
<b>Tabla 15</b> Sólidos solubles (°Brix) .....	40
<b>Tabla 16</b> pH evaluado durante el almacenamiento de las muestras .....	42
<b>Tabla 17</b> Acidez titulable % m/m (ácido cítrico) .....	44
<b>Tabla 18</b> Índice de madurez .....	46
<b>Tabla 19</b> Madurez de la mora de castilla durante su almacenamiento.....	48
<b>Tabla 20</b> Presencia de hongos en las muestras.....	49
<b>Tabla 21</b> Características del mejor tratamiento.....	50

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1</b> Escala de color de la mora de castilla.....	20
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Pérdida de peso (% m/m) por almacenamiento .....	39
<b>Figura 2</b> Sólidos solubles (°Brix).....	41
<b>Figura 3</b> pH de las moras con el recubrimiento comestible durante su almacenamiento.....	43
<b>Figura 4</b> Acidez titulable % m/m .....	45
<b>Figura 5</b> Índice de madurez.....	47
<b>Figura 6</b> Presencia de hongos en las muestras de mora con recubrimiento durante los 15 días de su almacenamiento. ....	50

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Huerta de mora de castilla ubicado en la parroquia Huachi Grande .....	69
<b>Anexo 2</b> Cosecha de la mora de castilla .....	69
<b>Anexo 3</b> Limpieza del nopal .....	70
<b>Anexo 4</b> Análisis del pH de las muestras.....	70
<b>Anexo 5</b> Extracción de aceite esencial de matico .....	71
<b>Anexo 6</b> Mucílago de nopal .....	71
<b>Anexo 7</b> Aplicación del recubrimiento comestible en la mora de castilla.....	72
<b>Anexo 8</b> Moras de Castilla cubiertas con los tratamientos del recubrimiento comestible .....	72
<b>Anexo 9</b> Almacenamiento de las muestras .....	73
<b>Anexo 10</b> Mejor tratamiento .....	73

## **INFORMACIÓN GENERAL:**

### **Título del Proyecto:**

“Aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*) para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*)”.

### **Línea de investigación:**

Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

### **Proyecto de investigación asociado:**

Aplicación de microencapsulado de extractos y aceites esenciales de plantas como agentes conservadores de productos alimenticios.

### **Grupo de investigación:**

### **Tutor de investigación:**

- Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.

### **Estudiante:**

- Evelin Abigail Rodríguez Andachi

## INTRODUCCIÓN

Las pérdidas postcosecha de los productos hortofrutícolas en todo el mundo se deben a daños microbiológicos y fisiológicos, que son causados por factores tecnológicos como una recolección inadecuada, empaques inapropiados y una falta de medios de transporte suficientes (Silva, *et al.*, 2022). Estos factores resultan en un corto período de almacenamiento, ya que estos productos son altamente perecederos debido a su estructura celular y a su intensa actividad metabólica. Ciertos procesos de deterioro pueden causar a los agricultores pérdidas de hasta un 40 % del valor de la cosecha antes de llegar al consumidor (Martínez, *et al.*, 2017). Para mantener la calidad de estos productos, es necesario aplicar tecnologías adecuadas, las cuales dependen del conocimiento de la estructura del fruto, su fisiología y sus transformaciones metabólicas.

Los recubrimientos comestibles son películas semipermeables que actúan como una capa protectora para los alimentos, retardan el envejecimiento, reducen la pérdida de peso y el arrugamiento debido a la deshidratación, también protegen contra factores dañinos, lo que prolonga la vida útil del producto al reducir la humedad, el intercambio de gases, la respiración y las reacciones oxidativas (Fernández, *et al.*, 2015). Además, pueden servir como vehículo para aditivos como antioxidantes, antimicrobianos, colorantes, saborizantes, así como nutrientes y son amigables con el medio ambiente (Fernández, *et al.*, 2017).

La mora de castilla (*Rubus glaucus*), es originaria de los Andes, presenta un potencial agronómico y se cultiva en varios países de América, incluyendo Estados Unidos, México, Guatemala, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú y Chile. Perteneciente al género *Rubus*, esta especie abarca aproximadamente 750 variedades. Además, muestra una amplia diversidad morfológica, que incluye especies leñosas, herbáceas, rastreras y trepadoras (Martínez, *et al.*, 2019).

## JUSTIFICACIÓN

A nivel global, la industria alimentaria se encuentra en un continuo proceso de evolución, donde la investigación y desarrollo son aspectos esenciales para impulsar la innovación y transformar sus productos hacia un enfoque saludable y sostenible (FAO, 2019). En la actualidad, observamos un creciente interés por parte de la sociedad que buscan acceder a alimentos frescos, con un mínimo de procesamiento, caracterizados por su alta calidad, valores nutricionales óptimos y la autenticidad de su origen natural (Alzate, 2019). Este cambio en las preferencias y demandas de los consumidores ha llevado a la industria a adaptarse, promoviendo una mayor transparencia en la cadena de suministro y la adopción de prácticas sostenibles que no solo beneficien a la salud de las personas, sino también al medio ambiente y la sociedad en su conjunto.

Los recubrimientos comestibles son una barrera artificial semipermeable que constituye una cobertura polimérica, retrasan la senescencia, menguan la pérdida de peso y arrugamiento ocasionado por la deshidratación; protegen al producto contra agentes nocivos incrementando su vida comercial al reducir la migración de humedad y solutos, intercambio de gases, respiración, y otras reacciones oxidativas, disminuyendo los desórdenes fisiológicos (Martínez, *et al.*, 2020). Estos recubrimientos también pueden servir como portadores de aditivos beneficiosos, como antioxidantes, antimicrobianos, colorantes, sabores y nutrientes, que sean respetuosos con el medio ambiente.

Los mucílagos son un tipo de fibra soluble de naturaleza viscosa, usados en el área de salud, tratamientos de aguas contaminadas, agricultura, construcción, pinturas y en el área alimenticia, tiene la capacidad de formar redes moleculares y retener fuertemente grandes cantidades de agua, así como de modificar propiedades como viscosidad, elasticidad, textura, retención de agua, además de ser un buen gelificante, espesante, y emulsificante (Villa, *et al.*, 2020).

Los aceites esenciales, gracias a sus notables propiedades antibacterianas, antifúngicas y cicatrizantes, han demostrado un gran potencial en la industria alimentaria. Esto se debe a que pueden proporcionar un sabor distintivo, consistente y uniforme a los alimentos, al tiempo que extienden su vida útil al inhibir el

crecimiento de microorganismos como bacterias y mohos. En ciertos casos, el empleo de aceites esenciales puede resultar más económico que el uso de ingredientes frescos o secos, dado que se necesitan cantidades mucho menores para lograr el mismo efecto de sabor. Además, de sus beneficios para la salud física y emocional, estos aceites pueden desempeñar un papel fundamental en el fortalecimiento del sistema inmunológico y la prevención de enfermedades cuando se incorporan de manera adecuada en la producción de alimentos (Bermúdez, *et al.*, 2019).

La mora es altamente valorada tanto en el mercado nacional como en el internacional, debido a su contenido rico en fibra, vitaminas, minerales, folatos, pigmentos naturales, ácidos orgánicos, polifenoles, ácido benzoico, flavonoides, actividad antioxidante, entre otros (Ramírez, *et al.*, 2013). Posee un sabor agridulce característico lo cual ha diversificado su uso en la preparación de postres, bebidas alcohólicas, pulpas, etc., esto la hace de gran potencial industrial en el Ecuador.

Desarrollar un recubrimiento comestible para la mora es crucial debido a que tiene una vida útil relativamente corta de 3 a 4 días después de la cosecha, lo que limita su disponibilidad y comercialización. Un recubrimiento comestible podría extender su vida útil al proporcionar una capa protectora que ayuda a preservar la frescura y calidad del fruto. Los factores determinantes en la conservación de la mora incluyen la susceptibilidad a la deshidratación, pérdida de firmeza, cambios en el color y la proliferación de microorganismos. Un recubrimiento comestible podría abordar estos problemas al reducir la pérdida de humedad, mantener la textura, prevenir la decoloración y actuar como una barrera contra microorganismos, contribuyendo así a una mayor conservación del producto; un recubrimiento comestible para la mora no solo alargaría su vida útil, sino que también mejoraría su calidad, permitiendo una comercialización más amplia y sostenible del fruto.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Por su propia naturaleza, las frutas tienen periodos de vida muy cortos, esto complica su conservación, disminuyendo significativamente el tiempo de exhibición en comercialización. Los cambios bioquímicos que experimentan tras las operaciones de cosecha y postcosecha ocasionando alteraciones en sus características sensoriales poco agradables para el consumidor, quien escoge estos productos por atributos como su apariencia, aroma y textura.

La mora es una fruta altamente perecedera por su alto contenido de agua, baja acidez y estructura celular delicada. Estas características hacen que sea muy susceptible al crecimiento de bacterias (*Pseudomonas* spp. *Erwinia* spp., etc), hongos (*Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* y *Penicillium* spp. entre otros.) y levaduras (*Candida* spp. y *Saccharomyces* spp.,). Esto provoca daños en la fruta, incluyendo manchas, ablandamiento, pudrición y pérdida de calidad nutricional. Cuando se comercializa a temperaturas superiores a los 5 °C, su durabilidad disminuye, lo que resulta en importantes pérdidas en el mercado (Iza, *et al.*, 2016).

La transcultura ha resultado en una pérdida sustancial de los conocimientos tradicionales sobre especies vegetales de gran importancia para la ciencia y la tecnología del país. Esto afecta a todos los grupos interesados en el uso de la biodiversidad, ya que no se les reconoce su valor económico, sociocultural y ambiental, y no pueden ser aprovechados a nivel industrial. El nopal se utiliza principalmente como cerca natural o adorno visual, así como por su fruto; mientras que el matico ha sido empleado como medicina alternativa, debido a que no existen investigaciones relevantes que proporcionen una comprensión completa de sus diversas contribuciones a la industria.

La comercialización limitada del matico y el nopal se debe en gran medida al desaprovechamiento de sus compuestos bioactivos, resultado del desconocimiento sobre su composición química. La falta de investigaciones exhaustivas ha generado un vacío en la comprensión de los beneficios potenciales que estos productos podrían ofrecer. Tanto el matico como el nopal poseen propiedades únicas y valiosas, desde propiedades antioxidantes hasta posibles aplicaciones medicinales.

El presente proyecto de investigación tiene el propósito de aplicar un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*), para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*), de esta manera se busca extender su tiempo de vida útil y obtener un producto de calidad para su comercialización a precios justo.

## **HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

### **Hipótesis nula**

**H<sub>0</sub>:** El recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*), no influye para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*).

### **Hipótesis alternativa**

**H<sub>1</sub>:** El recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*), influye para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*).

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo general**

- Aplicar un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de matico (*Buddleja globosa*) para la conservación de la mora de castilla (*Rubus glaucus*).

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar el mucílago de nopal y la mora de castilla en función de sus propiedades físico químicas.
- Evaluar las características físico químicas de las formulaciones de recubrimientos comestibles a base de mucílago de nopal y aceite esencial de matico.
- Analizar el efecto del recubrimiento comestible en función de los parámetros de calidad de la mora durante 15 días de almacenamiento, mediante propiedades fisicoquímicas, microbiológicas.

## **CAPÍTULO I**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

Según el estudio realizado por Arias (2022) desarrolló un recubrimiento comestible utilizando inulina de agave y aceite esencial de hierba luisa con el propósito de preservar las frutillas. Llevó a cabo evaluaciones utilizando dos concentraciones de inulina, con y sin la adición del aceite esencial de hierba luisa. El análisis se centró en caracterizar la solución utilizada para formar el recubrimiento, teniendo en cuenta aspectos como la densidad, viscosidad y espesor del recubrimiento comestible resultante. El tratamiento más efectivo fue el del 5 % de inulina de agave y un 0,1 % de aceite esencial de hierba luisa. Bajo condiciones de refrigeración, este tratamiento logró reducir la pérdida de peso en un 53,97 % y mantuvo una variación mínima en la concentración de sólidos solubles, registrando un valor de 10,20 °Brix al final del periodo de almacenamiento. Además, se observó que este tratamiento tuvo un índice de afectación por hongos del 20 %, en comparación con el grupo de control.

Salinas, *et al.*, (2022) investigaron el impacto de dos tipos de recubrimientos en la calidad y los compuestos químicos de las ciruelas (*Prunus salicina L.*) con el objetivo de prolongar su vida útil. Los recubrimientos que aplicaron fueron para el tratamiento 1 (MG), compuesto por un 1% de mucílago y un 0.5% de grenetina, y para el tratamiento 2 (MGC) por un 0.5% de mucílago, un 0.5% de grenetina y un 0.5% de cera de abeja. Durante un período de almacenamiento de 36 días, evaluaron diversos parámetros de calidad, como la pérdida de peso, firmeza, color y daños causados por el frío, así como parámetros químicos, incluyendo los fenoles totales, la capacidad antioxidante y las antocianinas. El recubrimiento de MGC redujo la pérdida de peso en un 3%, la pérdida de firmeza en un 3% y la intensidad respiratoria en un 40% en comparación con las ciruelas sin recubrimiento. Además,

se observó una disminución en los daños causados por el frío, con una pigmentación mínima, pardeamiento interno y una ligera transparencia en las ciruelas recubiertas en comparación con las no recubiertas. Al final del período de almacenamiento, se encontró que las antocianinas y la capacidad antioxidante fueron 2.2 y 1.2 veces mayores en las ciruelas con recubrimiento MGC. La aplicación de recubrimientos puede extender la vida útil de las ciruelas al preservar su calidad postcosecha, además, representar una alternativa tecnológica viable para ampliar la comercialización de la fruta.

Mora, *et al.*, (2021) llevaron a cabo una revisión bibliográfica centrada en investigaciones recientes sobre recubrimientos comestibles, explorando sus diversos componentes y su impacto en la preservación de productos hortofrutícolas. Se resaltó la relevancia de estos recubrimientos, sus ventajas en la conservación y las oportunidades que ofrecen para su desarrollo. En respuesta a las crecientes pérdidas postcosecha, las investigaciones se han orientado hacia la conservación de la calidad físico-química, organoléptica y microbiológica de productos hortofrutícolas. El enfoque principal ha sido encontrar soluciones innovadoras que prolonguen la vida útil de frutas y hortalizas destinadas al consumo fresco. Los recubrimientos comestibles, aplicados directamente sobre los productos, cumplen esta función al restringir la migración de gases como el oxígeno y el dióxido de carbono, preservar los compuestos volátiles responsables del aroma y actuar como portadores de agentes antimicrobianos que inhiben el crecimiento de microorganismos en la superficie de los alimentos. Esto, a su vez, ralentiza el proceso de maduración. Las tendencias de investigación en el ámbito postcosecha responden a las preferencias del consumidor actual, quien busca alimentos más frescos, considerados "naturales" y libres de aditivos sintéticos, además de productos con una apariencia atractiva al momento de la compra. Por último, se destaca el interés creciente en la valorización de residuos de la agroindustria como fuente de componentes utilizables en la fabricación de recubrimientos comestibles, contribuyendo así a la minimización del impacto ambiental.

Villegas y Albarracín (2016) llevaron a cabo un estudio en el que aplicaron un revestimiento a base de hidroxipropil metilcelulosa con la inclusión de cera de abejas en moras de castilla, con el objetivo de evaluar su influencia en la

preservación de esta fruta. Durante un período de 15 días y a una temperatura de 4°C, examinaron las propiedades fisiológicas, así como propiedades fisicoquímicas. A partir del tercer día de almacenamiento, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los diversos tratamientos. Los recubrimientos comestibles utilizados en las moras de castilla tuvieron un efecto positivo en las propiedades evaluadas, destacándose los tratamientos 3 y 4 como los más efectivos. En términos generales, la aplicación del revestimiento logró prolongar la vida útil de las moras de castilla.

### **1.1. Recubrimiento comestible**

Es una matriz transparente continua, comestible y delgada, que se forma alrededor de un alimento, típicamente sumergiendo el alimento en una solución que crea esta capa. Su propósito es conservar la calidad del alimento y actuar como una especie de envoltura. (Fernández, *et al.*, 2015). Las soluciones que se utilizan para crear el recubrimiento pueden estar compuestas por un polisacárido, un componente de naturaleza proteica o lipídica, o una combinación de estos elementos. Actúa como una barrera que limita la transferencia de gases y vapor de agua en la preservación del alimento frente a diversas sustancias (Cevallos, *et al.*, 2023).

Los recubrimientos comestibles (RC) son considerados una tecnología respetuosa con el medio ambiente, ya que reduce la necesidad de usar envases tradicionales hechos de películas plásticas. Además, son biopolímeros naturales y biodegradables, lo que significa que pueden ser obtenidos a partir de fuentes naturales o derivados de subproductos de la industria agroalimentaria. Además de su función como revestimientos, pueden actuar como envases activos cuando se les añaden aditivos naturales con propiedades antimicrobianas y antioxidantes, lo que ayuda a prevenir la oxidación y el deterioro de los alimentos (De Ancos, *et al.*, 2015).

Asimismo, los recubrimientos comestibles pueden servir como un medio para mejorar las características nutritivas y beneficiosas para los productos vegetales mínimamente procesados al incorporar compuestos bioactivos. Para conservar su naturaleza de recubrimiento comestible natural, es importante que

estos sean aprobados para su uso en alimentos de acuerdo con las regulaciones vigentes en cada país (De Ancos, *et al.*, 2015).

También los Recubrimientos comestibles pueden ser utilizados como un vehículo para incrementar las propiedades nutricionales y saludables del vegetal mínimamente procesado por la incorporación de compuestos bioactivos. Para mantener su carácter de recubrimiento comestible natural, estos aditivos deben de ser también aditivos naturales aprobados para su uso alimentario por la legislación de cada país.

Poseen diversas propiedades que contribuyen a su funcionalidad y aplicación en la industria alimentaria. Estas propiedades varían según la composición específica del recubrimiento y su aplicación en productos alimentarios particulares. Entre estas propiedades destacan (Tabla 1):

**Tabla 1** *Propiedades del recubrimiento comestible*

<b>Propiedad</b>	<b>Descripción</b>
De barrera	Deben presentar en gran medida esta propiedad contra gases y vapores, debido a que ciertos ambientes ajenos a los alimentos pueden incurrir en algunos procesos no beneficiosos como: la oxidación, pérdida de aromas, aumento o disminución de la humedad lo cual puede llegar a acelerar su descomposición ya sea por deshidratación o por putrefacción, alterando de esta manera la calidad final del alimento o producto.
Mecánicas	Permiten determinar la durabilidad de la película o recubrimiento, al ser combinada con otros compuestos, como los lípidos, plasticantes, etc., es donde el recubrimiento adquiere este tipo de propiedad
De solubilidad	Si se desea que proporcione resistencia a la humedad e integridad al alimento que cubre, se debe emplear Recubrimiento comestible insoluble, por otro lado, si es soluble se requiere que contenga algún ingrediente específico.

**Fuente:** (Soto, 2020)

### **1.1.1. Técnicas utilizadas para la elaboración de los recubrimientos comestibles**

#### **1.1.1.1. Por eliminación del disolvente**

En este procedimiento se establece y mantiene una estructura molecular a través de interacciones físicas y químicas. La solución que contiene el hidrocoloide comestible se mezcla con un disolvente que incluye aditivos como plastificantes, agentes de reticulación o solutos. Luego, se elimina el disolvente, lo que resulta en

la formación de una fina capa que se seca y puede ser retirada posteriormente (Solano, *et al.*, 2018).

#### **1.1.1.2. Por gelación térmica**

Mediante la aplicación de calor en este proceso, se logra la creación de un gel firme y duradero. Este enfoque se aplica principalmente en películas y recubrimientos que están compuestos de proteínas. Describe como un proceso en el que el calentamiento provoca la desnaturalización de las moléculas de proteínas, lo que resulta en la formación de una estructura sólida y estable a través de la interacción entre estas partículas (Solano, *et al.*, 2018).

#### **1.1.1.3. Por Solidificación**

En este procedimiento, las macromoléculas se mezclan con el plastificante hasta lograr una mezcla homogénea, la cual se vierte en capas delgadas sobre moldes (Solano, *et al.*, 2018).

#### **1.1.1.4. Por el método de “Casting”**

Después de completar la disolución de los elementos que componen la película, se procede a la evaporación del disolvente bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, lo que conduce a la creación de la película (Solano, *et al.*, 2018).

#### **1.1.1.5. Por “electrospraying” (Pulverización electrohidrodinámica)**

Se trata de un proceso de atomización del líquido que constituye la película utilizando fuerzas eléctricas. En este método, el líquido se expulsa a través de una boquilla que tiene un alto potencial eléctrico. La principal ventaja de esta técnica radica en que las gotas resultantes son extremadamente diminutas, llegando a tener un tamaño de partícula de incluso nanómetros, y es posible regular en cierta medida tanto su carga eléctrica como su tamaño mediante manipulación eléctrica (Solano, *et al.*, 2018).

#### **1.1.1.6. Por Microfluidización**

Es un procedimiento en el cual las dispersiones son dirigidas a través de microcanales, lo que facilita la producción de nanopartículas que mejoran las

propiedades físicas de la película. Luego, se emplea el método de vertido para crear la película (Monroy, *et al.*, 2014).

### **1.1.2. Requisitos del recubrimiento comestible**

Los recubrimientos comestibles deben cumplir con una serie de requisitos fundamentales para ser efectivos en la industria alimentaria. Estos incluyen una destacada eficiencia tanto en términos mecánicos como en su capacidad de actuación como barrera (Solano, *et al.*, 2018). Además, deben garantizar la estabilidad en aspectos bioquímicos, fisicoquímicos y microbiológicos, así como estar libres de cualquier sustancia tóxica para la seguridad de los consumidores. Su aplicación debe ser sencilla desde el punto de vista tecnológico y no deben contener contaminantes en su composición (Fernández, *et al.*, 2015). Es esencial que sean asequibles tanto en términos de materiales como en los procesos de producción.

Los recubrimientos comestibles deben ser seguros para su ingestión por parte del consumidor y, al mismo tiempo, contribuir a la reducción de residuos y la protección del medio ambiente. Además de preservar o incluso mejorar las características organolépticas, mecánicas y nutricionales de los alimentos, estos recubrimientos brindan una protección individual a pequeñas porciones de alimento y son adecuados para su uso en productos alimenticios heterogéneos, actuando como una barrera eficaz entre sus diversos componentes (Agapito, 2019).

### **1.2. Mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)**

Es un biopolímero con propiedades viscosas y elásticas, se encuentra de manera natural en los cladodios de las plantas de *Opuntia ficus-indica* desde sus etapas más tempranas de crecimiento. Desempeña un papel fundamental en la retención y gestión del agua en estas plantas, lo que resulta en una mayor resistencia a condiciones de sequía y aridez (Muñoz, 2016).

Además, esta sustancia también ha sido objeto de interés en la industria alimentaria debido a sus propiedades gelificantes y estabilizadoras, lo que la convierte en un aditivo potencialmente valioso en la formulación de alimentos (Rubiano, *et al.*, 2022).

El mucílago de nopal es valorado por su versatilidad en diversas industrias. En la alimentación, actúa como retentor de agua y espesante, y se utiliza en la encapsulación de ácidos grasos esenciales. Además, se ha explorado su uso en la industria farmacéutica debido a sus beneficios gastrointestinales, y encuentra aplicaciones en la industria cosmética, construcción y pinturas, gracias a su capacidad para modificar la viscosidad. (Barrón, *et al.*, 2022).

### **1.2.1. Clasificación de los mucílagos**

#### **1.2.1.1. Los mucílagos neutros**

Están formados por polímeros heterogéneos de manosa con diversos componentes añadidos. Los tipos más comunes son: glucomananas, polímeros de manosa con enlaces; galactomananas, polímeros de manosa con galactosa variable en semillas de varias familias botánicas; galactoglucomananas, cadenas de glucosa y manosa con galactosa que reemplaza algunas manosas en semillas (Villa, *et al.*, 2020).

#### **1.2.1.2. Los mucílagos ácidos**

Estos mucílagos se agrupan en tres familias botánicas: Plantaginaceae, Malvaceae y Linaceae. Estas plantas se utilizan como laxantes mecánicos porque los mucílagos, al absorber agua en el colon, aumentan el volumen, la humedad y la acidez del bolo fecal, lo que estimula el movimiento intestinal y facilita la evacuación. (Villa, *et al.*, 2020).

### **1.2.2. Composición del mucílago**

Los polisacáridos mucilaginosos se componen predominantemente de arabinosa (10.1-44.0%), xilosa (5.1-22.1%), galactosa (20.4-33.0%), ácido galacturónico (0.18-18.5%), y ramnosa (4.5-15.70%). La estructura del mucílago exhibe una cadena principal lineal que presenta repeticiones de ácido  $\beta$ -(1-4)-D-galacturónico y  $\alpha$ -(1-2)-L-ramnosa, las cuales se encuentran enlazadas con cadenas laterales que consisten en oligosacáridos  $\beta$ -(1-6)-D-galactosa unidos a O-(4) de L-ramnosa, además de otros residuos (Luna, *et al.*, 2023).

### **1.2.3. Solubilidad del mucílago de *Opuntia ficus indica***

Los polisacáridos extraídos de las plantas muestran una tendencia a expandirse al ser sumergidos en agua, y en algunos casos, pueden formar

suspensiones coloidales altamente viscosas o incluso masas gelatinosas. El género *Opuntia*, perteneciente a la familia de las cactáceas, se destaca por producir un hidrocoloide que presenta similitudes con una estructura en forma de red, capaz de retener considerables cantidades de agua (García, 2013).

### **1.3. Aceite esencial de matico**

El aceite esencial de matico, es ampliamente conocido por sus propiedades antibacterianas, antifúngicas, insecticidas y antivirales, por lo que estos efectos biológicos, están relacionados principalmente con los principios activos terpenos y fenilpropanoides (Bedon & Leon, 2022).

Se ha utilizado el aceite de matico en la fabricación de pasta dental, donde se han observado efectos terapéuticos que actúan como complemento en el tratamiento periodontal. Asimismo, se han creado jabones con propiedades antibacterianas, antiinflamatorias, antibióticas y cicatrizantes, gracias a la presencia de compuestos orgánicos como flavonoides y taninos (Espinoza *et al.*, 2020; Sanín, 2015). Además, se ha desarrollado un óleo con propiedades hidratantes, antioxidantes, regeneradoras, rejuvenecedoras, con capacidad para atenuar cicatrices y reducir el acné (Aguilar, 2022).

#### **1.3.1. Composición química del aceite esencial de matico**

Se ha detectado 17 compuestos volátiles de los cuales se encuentran en mayor proporción Germacreno-D con 32,37 % y 1,14-Epoxiherberteno con 24,73 % también existe la presencia de Alfa-Terpineno, Beta-Elemento, Biciclo [4,4,0] Dec-1-Beta-Cubebeno, Alfa-Amosfeno, Germacreno-D, Germacreno-B, Delta-Cadineno, Selin-4,7 (11)-Dieno, Alfa-Cubebeno, 1,14-Epoxiherberteno, Beta-Mirceno, 2-Acetil-8-Metoxi-5,6-DI Ácido Bencenpropanoico, (12Z)-Abienol, 1,3-Heptadieno, 2,3-Dimetil, 2,4 Heptadieno, 2,6-Dimetil (Bedon & Leon, 2022).

### **1.4. Mora de castilla (*Rubus glaucus*)**

En Ecuador, los puntos de venta más destacados para esta fruta son los mercados y los centros de venta de alimentos y productos diversos, donde los puestos individuales juegan un papel importante (Iza, *et al.*, 2016). La mora de castilla es una fruta que contiene aproximadamente un 85% de agua y materia seca,

compuesta principalmente por carbohidratos, compuestos nitrogenados y minerales, entre otros nutrientes esenciales. Su pulpa, que representa entre el 62 y el 74% del total de la fruta, es la parte más valorada desde el punto de vista comercial (Becerra, *et al*, 2019).

La planta es perenne, arbustiva, con tallos rastreros o semierguidos y produce frutos en forma de drupas con semillas. Se adapta a altitudes de 1200-3500 m, temperaturas 16-18°C, humedad 70-80% y precipitación anual de 1200-1700 mm (González, *et al*, 2019).

Es de fruto no climatérico, por lo que no madura con etileno, pero es altamente perecedero. Su pulpa se ablanda rápidamente después de la cosecha, limitando su vida útil. En condiciones de 0-1 °C y 80-95 % de humedad relativa, dura solo 3-5 días, con pérdidas de hasta el 80%. A temperaturas >5 °C, se deteriora aún más en 1-2 días, con cambios como reblandecimiento, coloración intensificada, deshidratación y moho, dependiendo de factores como temperatura, carga microbiana y daños en el fruto (Guzmán, *et al.*, 2018).

El cultivo de mora se enfrenta a diversas plagas que impactan diversos componentes de la planta, incluyendo raíces, tallos, hojas, flores y frutos. Esto resulta en una disminución en la calidad de la fruta y una reducción en la cantidad producida. Por lo tanto, es esencial adoptar medidas preventivas, de monitoreo y de control dentro de un enfoque de gestión integral del cultivo (Martínez, *et al.*, 2019).

#### **1.4.1. Taxonomía**

La mora de castilla, es científicamente conocida como "*Rubus glaucus*," pertenece al reino Plantae y al filo Angiospermae (plantas con flores). Dentro del filo, se encuentra en la clase Magnoliopsida, que incluye muchas plantas con hojas compuestas y flores bien desarrolladas. En cuanto a la familia, la mora de castilla es miembro de Rosaceae, la misma familia que incluye a las rosas, manzanas y peras.

En la tabla 2, se describe la clasificación taxonómica de la mora de castilla, la mora de castilla es conocida por sus frutos como por sus propiedades nutritivas.

**Tabla 2** *Clasificación taxonómica de la mora de castilla*

Reino	Vegetal
División	Antofita
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Arquiclamídea
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Genero	Rubus

**Fuente:** (Rivadeneira, 2016)

#### 1.4.1.1. Composición química del fruto

La composición química de la mora de castilla puede variar ligeramente según factores como la madurez de la fruta y las condiciones de crecimiento, en la tabla 3, se describen la composición química de la mora de castilla que contiene en 100 g.

**Tabla 3** *Composición química de la mora de castilla contenido de cada 100 g*

Compuesto	Contenido g
Humedad	83,70
Proteína	1,00
Lípidos	0,10
Carbohidratos	14,60
Ceniza	0,60
Calcio	0,042
Fosforo	0,01
Hierro	0,017

**Fuente:** (Vargas & Zamora, 2023)

La mora de castilla es alta en humedad, de gránulos jugoso y refrescante. Aunque tiene bajos niveles de proteínas y grasas, lo típico en frutas, su contenido en carbohidratos la convierte en una fuente rápida de energía gracias a azúcares naturales como glucosa y fructosa. También aporta minerales como calcio, fósforo y hierro que benefician la salud ósea y funciones metabólicas.

#### 1.4.1.2. Índices de cosecha de la mora

El calibre de las frutas se establece a partir de la medición del diámetro y la longitud de la fruta, expresados en milímetros (mm). En la tabla 4, se describen los calibres de la mora de castilla especificados en la normativa INEN 2427 frutas frescas: mora requisitos (2010).

**Tabla 4** *Calibres de la mora de castilla*

<b>Calibre</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>
Grande	> 25	> 25
Mediano	25 - 18	25-20
Pequeño	< 18	<20

**Fuente:** (INEN 2427, 2010)

**Requisitos específicos:**

Los requisitos físico químicos de la mora de detallan en la tabla 5. Criterios rigurosos para los granos del fruto de la mora, los cuales deben cumplir con tolerancias específicas y los siguientes requisitos: deben conservar su integridad y la forma característica de la variedad, presentar una apariencia fresca y una consistencia firme, estar libres de daños ocasionados por insectos o enfermedades, excluyendo aquellos afectados por pudrición o deterioro que los hagan inapropiados para el consumo, deben estar completamente limpios, sin olores, sabores ni partículas extrañas visibles, prácticamente sin magulladuras y sin signos anormales de humedad exterior; las drupas deben estar bien desarrolladas, llenas y firmemente unidas al fruto; y, finalmente, los frutos deben conservar su cáliz y presentar una coloración uniforme y acorde con su grado de madurez. (INEN 2427, 2010).

**Tabla 5** *Requisitos físico químicos de la mora*

	<b>Madurez de consumo</b>	
	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>
Acidez titulable % (ácido cítrico)	-	1,8
Sólidos solubles totales, °Brix	9,0	-
Índice de madurez °Bx / acidez titulable	5,0	-

**Fuente:** (INEN 2427, 2010)

**Requisitos complementarios:**

El desarrollo y condición de las moras deben ser tales que les permitan:

Soportar el transporte y la manipulación; Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino. Para su comercialización se debe tener en cuenta que el fruto no es climatérico. La mora debe ser recolectada en los grados de color 3 y 4. Condiciones de almacenamiento (Ilustración 1). Para evitar daños, el fruto no debe exponerse al sol. Las áreas de transporte y almacenamiento deben mantenerse frescas y

ventiladas. La comercialización de este producto debe sujetarse con lo dispuesto en la Ley de Calidad (INEN 2427, 2010).

**Ilustración 1** *Escala de color de la mora de castilla*



**Fuente:** (INEN 2427, 2010)

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la Carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi, situado en el sector de Salache Bajo, en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi.

#### **2.1. Tipos de investigación**

##### **2.1.1. Investigación bibliográfica**

Es un proceso que implica la búsqueda, selección y revisión de información relevante y confiable de fuentes escritas y publicadas, como libros, revistas académicas, artículos, tesis, informes y otros documentos impresos o electrónicos. La calidad y la pertinencia de las fuentes consultadas son fundamentales para la validez y la credibilidad de cualquier investigación (Martín & Lafuente, 2017).

La investigación bibliográfica fue una herramienta esencial en el proceso de indagación y adquisición de conocimiento para la elaboración de la fundamentación teórica, mediante la evaluación y análisis de fuentes de alta confiabilidad, como libros, artículos científicos, tesis, entre otros; establecimos una sólida base informativa que respaldó el estudio del proyecto. Esta base proporcionó un contexto teórico, orientación para la formulación de hipótesis y objetivos de estudio, así como información relevante sobre la inferencia estadística, la manipulación de variables y otros aspectos esenciales.

##### **2.1.2. Investigación cuantitativa**

Se basa en la recopilación y el análisis de datos numéricos y estadísticos para comprender fenómenos sociales, comportamientos humanos y relaciones causales. Este tipo de investigación se caracteriza por su énfasis en la objetividad, la medición y el uso de métodos estructurados y estandarizados (Sánchez, 2019).

Mediante la aplicación de técnicas estadísticas, se llevó a cabo la medición y cuantificación de los fenómenos, relaciones y variables de los resultados de la investigación. Este enfoque generó resultados con alto grado de objetividad y reproducibilidad, lo que posibilitó la formulación de inferencias y generalizaciones precisas. La investigación de tipo cuantitativo se reveló como un elemento esencial en la evaluación de hipótesis, en la identificación de patrones y tendencias, además de proporcionar una sólida base para la toma de decisiones informadas.

### **2.1.3. Investigación descriptiva**

Se enfoca en describir y caracterizar de manera precisa y detallada un fenómeno, evento, situación o grupo de interés. Su objetivo principal es proporcionar una imagen clara y completa de lo que se está estudiando, sin intentar establecer relaciones causales o explicativas (Ochoa & Yunkor, 2019).

La investigación descriptiva estuvo centrada en la recopilación y presentación sistemática de datos e información, con el propósito de describir, caracterizar, así como comprender el fenómeno que estudiamos. A través de técnicas como observaciones y análisis documental, buscó revelar las características esenciales de lo que se estudió sin modificarlo. Este enfoque es fundamental para obtener una visión, se la aplico en los resultados, conclusiones, en detallada y precisa de los elementos involucrados, lo que puedo servir de base para investigaciones posteriores o para la toma de decisiones informadas en diversos campos.

### **2.1.4. Investigación experimental**

Se centra en el estudio controlado de variables para determinar relaciones causales entre ellas. En este tipo de investigación, el investigador manipula deliberadamente una o más variables independientes para observar el efecto que tienen sobre una variable dependiente (Zurita, et al., 2018).

En este proceso, manipulamos deliberadamente las variables independientes para observar y medir sus efectos en la variable dependiente, fue usada en la parte experimental de la investigación para obtener los datos del estudio. Esto permitió establecer relaciones causales, probar hipótesis y generar evidencia empírica sólida.

Los experimentos proporcionaron un marco riguroso para validar las teorías y descubrir nuevos conocimientos.

## **2.2. Técnicas de investigación:**

### **2.2.1. La observación:**

La técnica de observación es un método de recopilación de datos en el que el investigador observa y registra directamente el comportamiento, las actividades o los eventos de interés de los sujetos o fenómenos que está estudiando. Es útil para obtener información detallada y precisa sobre situaciones que ocurren en entornos naturales y en tiempo real (Rekalde, et al., 2014).

Desempeñó un rol esencial en toda la investigación, ya que permitió obtener información valiosa a través de la observación de eventos y comportamientos de los fenómenos relevantes para el estudio. Esta técnica permitió registrar minuciosamente los datos observados, los cuales constituyeron una rica fuente de información que más tarde se analizó en detalle. En consecuencia, esta fase de observación simplificó notablemente la ejecución del estudio al proporcionarnos un conjunto sólido de datos empíricos sobre los cuales sustentamos las conclusiones y argumentos. Además, no solo contribuyó a enriquecer la comprensión del problema en cuestión, sino que también ayudó a identificar posibles soluciones y respuestas a las interrogantes planteadas en el estudio.

## **2.3. Materiales usados en la investigación**

En el transcurso de la investigación, se utilizó una amplia variedad de materiales de laboratorio para llevar a cabo los procedimientos experimentales de manera precisa y confiable.

### **2.3.1. Materia prima**

- Aceite de matico
- Nopal
- Mora de castilla

### **2.3.2. Reactivos**

- Agua destilada
- Cloruro Férrico
- TPTZ
- Acetato de sodio
- Carbonato de sodio
- ABTS
- Ácido acético
- Etanol al 99.8%
- Sal de Mohr

- Ácido clorhídrico
- Ácido gálico
- Hipoclorito de sodio
- Tween 80
- Sulfato de sodio

### **2.3.3. Materiales**

- Bandejas de polietileno
- Bols de acero inoxidable
- Colador
- Cuchillos
- Marcador permanente
- Papel industrial
- Papel filtro
- Papel aluminio
- Pectina

### **2.3.4. Materiales de laboratorio**

- Balones aforados de vidrio de 5 mL
- Balones aforados de 10 mL
- Bureta de vidrio de 1000 mL
- Cajas Petri
- Gradilla
- Matraz Erlenmeyer de vidrio de 500mL
- Pipeta volumétrica de vidrio de 10 mL
- Pinzas
- Papel filtro
- Papel aluminio
- Pectina

### **2.3.5. Equipos**

- Balanza XSR
- Refractómetro HANNA
- Licuadora Oster
- Potenciómetro digital Eisco
- Espectrofotómetro GENESYS 20 Modelo 4001/4j

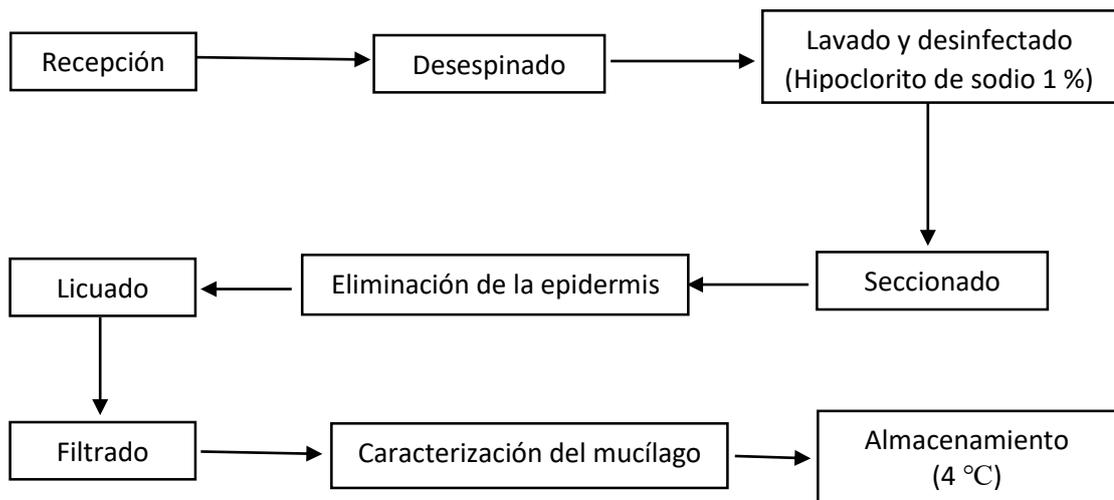
## **2.4. Análisis físico químicos al mucílago de nopal y la mora de castilla**

### **2.4.1. Extracción del mucílago de nopal**

Para extraer el mucílago, se utilizaron nopales que no excedieran los dos años de edad. Se procedió a eliminar las espinas de las pencas con la ayuda de un cuchillo, y luego se lavaron mediante una inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 0,1 % (m/v) durante 15 minutos. Posteriormente, las pencas, ya escurridas, se pelaron y trocearon para facilitar su licuado. La pulpa resultante se sometió a un

calentamiento a 80 °C durante 20 minutos, con agitación intermitente, para luego eliminar los sólidos a través de una filtración que se llevó a cabo a 5 °C durante un período de 24 horas, con el fin de obtener un líquido viscoso de tonalidad verde amarillenta. Se procedió a la caracterización del extracto de mucílago mediante la medición de sólidos solubles por refractometría, acidez valorable, pH, contenido polifenoles totales y contenido de carbohidratos totales.

### **Secuencia de la extracción del mucílago de nopal**



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

### **2.4.2. Mora de castilla**

La mora empleada en el estudio se obtuvo en la parroquia Huachi Grande, en el cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, fue cosechada por la mañana y trasladada de inmediato al laboratorio, para llevar a cabo la experimentación. La selección de las moras se basó en su índice de madurez, utilizando su color como criterio principal. Se eligieron aquellas moras que mostraban una tonalidad rojo intenso en su superficie, cumpliendo con las pautas establecidas en la norma NTE INEN 2427 para frutas frescas, que establece los requisitos de calidad para las moras de castilla.

### **2.4.3. Capacidad antioxidante del aceite esencial de matico en función a las metodologías de FRAP y ABTS.**

El procedimiento FRAP se basó en la conversión del hierro férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ) presente en el reactivo FRAP a su forma ferrosa ( $\text{Fe}^{+2}$ ) mediante la presencia de

antioxidantes. El reactivo FRAP constó de un buffer ácido acético-acetato de sodio (pH 3,6), TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina) y  $\text{FeCl}_3$ .

Este proceso dio lugar a una coloración azul cuya intensidad es directamente proporcional a la capacidad reductora de la muestra, formándose un complejo ferroso-TPTZ. Esta coloración puede cuantificarse mediante colorimetría a una longitud de onda de 593nm, utilizando un estándar de sulfato ferroso como referencia.

Para analizar las muestras, se mezclaron 900  $\mu\text{L}$  de solución FRAP, 30  $\mu\text{L}$  de muestra y 120  $\mu\text{L}$  de agua destilada. La solución FRAP se compone de 25 ml de solución de buffer ácido acético-acetato de sodio (pH 3,6), 2,5 ml de solución de TPTZ 10 [mM] diluida con HCl 40 [mM] y 2,5 ml de solución de  $\text{FeCl}_3$  20 [mM]. La absorbancia se midió a una longitud de onda de 593 nm utilizando el espectrofotómetro. En cada lectura se tomó en cuenta la absorbancia de la muestra de referencia. Finalmente, se comparó la absorbancia final de las muestras con la curva estándar de Trolox (100-1000  $\mu\text{mol/L}$ ) disuelto en etanol al 96% (Rioja, *et al.*, 2018).

Este procedimiento se fundamentó en determinar la disminución en la intensidad del color del radical  $\text{ABTS}^+$  como resultado de su conversión a ABTS debido a la acción de antioxidantes. El radical catiónico  $\text{ABTS}^+$  es un compuesto de color verde-azulado que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se forma a través de una reacción de oxidación entre el ABTS (2,2'-azino-bis- (3-etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio) y el persulfato de potasio. De esta manera, el grado de disminución en el color, expresado como porcentaje de inhibición del radical  $\text{ABTS}^+$ , está correlacionado con la concentración de antioxidantes.

En el análisis se emplearon 100  $\mu\text{L}$  de la muestra y 1 mL de la solución del radical  $\text{ABTS}^+$ . Para preparar esta solución, se mezclaron 5 ml de una solución ABTS 7 [mM] con 88  $\mu\text{L}$  de una solución de persulfato de potasio 140 [mM]. Luego, se diluyó en un buffer ácido acético-acetato de sodio (pH 5) hasta alcanzar una absorbancia de aproximadamente 0,7 nm. Las mediciones se llevaron a cabo a una longitud de onda de 734 nm después de 3 minutos de reacción y a temperatura ambiente. Los resultados se representaron a través de la construcción de una curva

de referencia utilizando trolox como antioxidante (0-200  $\mu\text{mol/L}$ ) [12] (Rioja, *et al.*, 2018).

## **2.5. Elaboración de los recubrimientos comestibles con mucílago de nopal a diferentes concentraciones de aceite esencial de matico.**

Para aplicar los recubrimientos, se elaboraron mezclas de mucílago de nopal y pectina en una proporción del 10 % m/m, empleando agitación mecánica durante un período de 2 horas a una temperatura de 20 °C. Posteriormente, se incorporaron al 0,1 % m/m Tween 80 y aceite esencial de matico variando su cantidad de 0 a 0,10 % m/m. La emulsión resultante se preparó mediante agitación a una velocidad de 12,000 revoluciones por minuto durante 5 minutos. Se llevaron a cabo cuatro tratamientos distintos, cada uno con composiciones específicas.

### **2.5.1. Caracterización del recubrimiento formado**

#### **2.5.1.1. Viscosidad**

Se midió la viscosidad de todas las formulaciones utilizando un reómetro Brookfield con un rotor 4 a una velocidad de 50 rpm, para lo cual se colocó 50 ml de las muestras en vasos de precipitación a una temperatura ambiente de 19,6 °C, se puso en el equipo y nos arrojó como resultado la viscosidad de los recubrimientos (Arias, 2022).

#### **2.5.1.2. pH**

Se tomaron 10 gramos de la muestra y se mezclaron de manera uniforme con 100 mL de agua destilada, utilizando un medidor de pH digital que había sido previamente calibrado utilizando una solución buffer de pH 7 a una temperatura de 25 °C (Capelli, *et al.*, 2019).

#### **2.5.1.3. Sólidos solubles**

Se empleó un refractómetro digital automático de la marca HANNA para medir los sólidos solubles de acuerdo a la normativa INEN 2173 (2013) que se refiere a los productos vegetales y de frutas en la determinación de sólidos solubles a través del método refractométrico. Se colocó una pequeña porción de la muestra en el prisma y se procedió a registrar la lectura correspondiente.

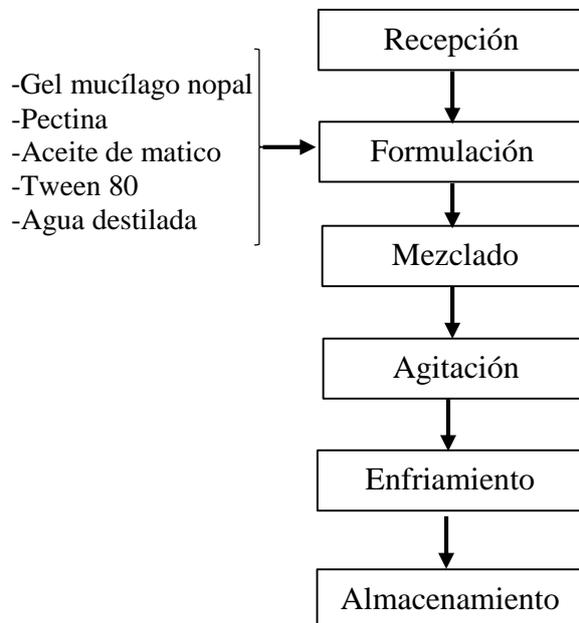
#### 2.5.1.4. Grosor

Mediante inspección visual se evaluó la cobertura del recubrimiento alrededor de toda la superficie de la mora. Posteriormente se cortó un segmento de cada fruta con un cúter y se utilizó un micrómetro (Starrett N° 732) para medir el espesor del recubrimiento en ambos lados del trozo. Este proceso se repitió para tres trozos de cada tratamiento, y los resultados se presentaron como el espesor promedio en milímetros (Treviño, 2016).

#### 2.5.1.5. Aplicación del recubrimiento comestible en la mora de castilla

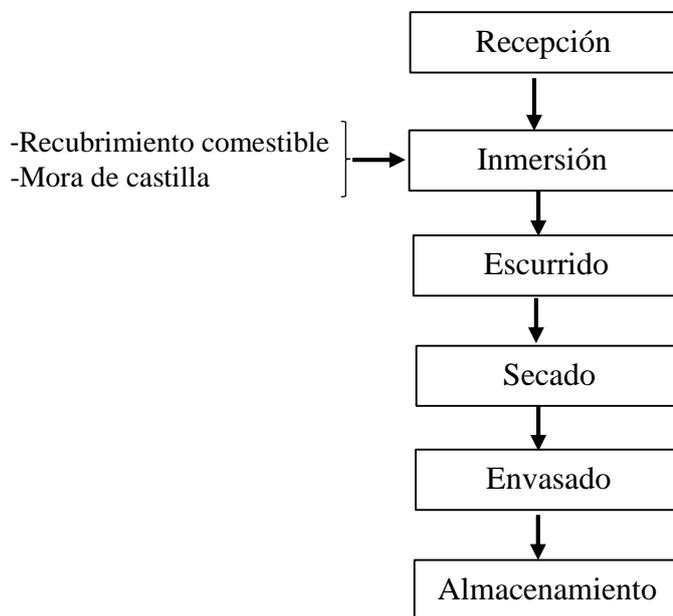
Por otro lado, las moras seleccionadas se sometieron a un proceso de lavado y desinfección mediante una solución de hipoclorito de sodio y agua, con una concentración de 100 ppm. Posteriormente, se sumergieron en el recubrimiento comestible durante 30 segundos, se permitió el escurrimiento durante 15 minutos y, finalmente, se secaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 8 °C durante una hora.

#### 2.5.1.6. Diagrama de flujo de la formulación del recubrimiento comestible



Elaborado por: Autora (Rodríguez, 2023)

### 2.5.1.7. Diagrama de flujo de la aplicación del recubrimiento comestible



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

### 2.5.2. *Evaluación de los parámetros de calidad de la mora durante los 15 días de almacenamiento con el recubrimiento comestible*

Las moras se guardaron en envases de polietileno con agujeros para evitar la creación de una atmósfera adicional a la generada por el recubrimiento comestible. Fueron almacenadas a 8°C, con el propósito de evaluar el impacto de los tratamientos de recubrimiento comestible formulados en la conservación de las moras de castilla, se llevaron a cabo análisis físicos y químicos durante el período de almacenamiento en los días 1, 4, 7 y 10. Cada tratamiento se evaluó utilizando 20 frutas.

**2.5.3. Estudio del tiempo de conservación de la mora con el recubrimiento comestible mediante propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y determinar el mejor tratamiento.**

**2.5.3.1. Propiedades fisicoquímicas**

**Pérdida de peso**

El porcentaje de pérdida de peso total se examinó como una variable numérica basándose en el resultado obtenido a través de la ecuación 2 de la pérdida de peso (Ugarte, *et al.*, 2020).

$$\%PTP = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso actual}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad \text{Ec.2 Pérdida de peso}$$

Estas técnicas son fundamentales en la caracterización y control de calidad de productos, especialmente en la agricultura para evaluar la madurez de frutas y en la industria alimentaria para asegurar la consistencia y seguridad de los productos procesados.

**2.5.3.2. Propiedades microbiológicas**

La evaluación del grado de afectación por hongos en las moras de castilla se llevó a cabo utilizando una escala descriptiva detallada en la Tabla 6, con el propósito de categorizar visualmente los frutos que presentaban evidencia de infección por hongos. El cálculo correspondiente se ejecutó empleando la técnica de Orieda (Arias, 2022).

**Tabla 6** Categorías para el índice de afectación por hongos

Categoría	Número de frutos afectados
0	Frutos sanos
1	< 2
2	3 – 4
3	5 – 6
4	7 – 8
5	> 8

**Fuente:** (Arias, 2022)

## 2.6. Diseño experimental

Se llevó a cabo un experimento factorial A x B con una sola repetición, donde se evaluaron cuatro formulaciones distintas del recubrimiento comestible aplicado en la mora de castilla, variando las concentraciones de mucílago de nopal y aceite esencial de matico en cada formulación. Las muestras se distribuyeron en lotes de manera apropiada y se almacenaron en condiciones de refrigeración (8 °C) durante un período de 15 días. Con el objetivo de evaluar la interacción entre los factores estudiados, se aplicó un diseño de bloques al azar. Los datos recopilados fueron analizados utilizando el software estadístico Statgraphics.

## 2.7. Factores de Estudio

Se analizaron dos variables independientes: la concentración de mucílago de nopal (Factor A) y la cantidad de aceite esencial (EO) de matico (factor B). La variable respuesta del estudio fue el rendimiento de los parámetros del modelo codificado para la conservación de la mora de castilla (tabla 7).

**Tabla 7** Factores de estudio y niveles para la caracterización del recubrimiento comestible

<b>FACTORES</b>	<b>U.M.</b>	<b>TIPO</b>	<b>NIVEL</b>
Concentración de mucílago de nopal	%	Numérico	86,0 88,0
Concentración EO de matico	%	Numérico	0,0 0,1

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

A partir de la combinación de los factores mencionados, se crearon un total de cuatro tratamientos, cada uno de los cuales cuenta con su respectiva réplica, tal como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8** *Tratamientos para la caracterización del recubrimiento*

<i>Tratamiento</i>	<i>Mucílago de nopal (% m/m)</i>	<i>Aceite esencial de matico (% m/m)</i>
<i>T1</i>	<i>86,00</i>	<i>0,00</i>
<i>T2</i>	<i>88,00</i>	<i>0,00</i>
<i>T3</i>	<i>86,00</i>	<i>0,10</i>
<i>T4</i>	<i>88,00</i>	<i>0,10</i>

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1. RESULTADOS

##### 3.1.1. *Análisis físico químicos al mucílago de nopal y la mora de castilla*

###### 3.1.1.1. **Caracterización física y química del mucílago de nopal**

En la tabla 9 se presenta la caracterización física y química del mucílago de nopal. La muestra posee una capacidad antioxidante reductora del hierro de aproximadamente 12,21  $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ , con una desviación estándar de 0,11, lo que indica una consistencia relativamente baja en esta medida. El contenido de polifenoles totales es de alrededor de 12,01 mg/g, con una desviación estándar de 0,21, mostrando cierta variabilidad en esta característica. En cuanto a los sólidos totales, la muestra presenta un promedio de 30,12% m/m, con una desviación estándar de 0,31, indicando una consistencia moderada en este parámetro. La acidez, expresada en porcentaje m/m de ácido cítrico, es en promedio del 0,11%, con una desviación estándar de 0,02, mostrando una estabilidad relativamente baja en este aspecto. En relación a los sólidos solubles medidos en grados °Brix, la muestra presenta un promedio de 28,2, con una desviación estándar de 0,1, lo que indica una consistencia moderada en esta medición. Por último, el pH promedio es de 6,56, con una desviación estándar de 0,05, sugiriendo una estabilidad relativamente baja en esta característica.

**Tabla 9** Caracterización física y química del mucílago de nopal

<b>Parámetro</b>	<b>Media (Desviación estándar)</b>
Capacidad antioxidante reductor del hierro ( $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra)	12,21 (0,11)
Contenido Polifenoles totales (mg/g)	12,01 (0,21)
Sólidos totales (% m/m)	30, 12 (0,31)
Acidez (% m/m de ácido cítrico)	0,11 (0,02)
Sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	28,2 (0,1)
pH	6,56 (0,05)

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

### 3.1.1.2. Caracterización fisicoquímica de la mora

La tabla 10 muestra la caracterización fisicoquímica de la mora, revelando 3,02 % m/m de acidez titulable, un pH de 2,54. El contenido de sólidos solubles en la muestra es de 9,20  $^{\circ}\text{Brix}$ , registró una madurez de 3,04 y una madurez visual de 4. Estos resultados en conjunto proporcionan información detallada sobre la composición y estado de la muestra, lo cual es crucial para evaluar su calidad puesto que van a influir directamente en los resultados de la investigación.

**Tabla 10** Caracterización fisicoquímica de la mora

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>
Acidez titulable % m/m (ácido cítrico)	3,02
pH	2,54
Sólidos Solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	9,20
Índice de madurez	3,04
Madurez (Color visual)	4,00

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

### 3.1.2. Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico

La tabla 11 presenta los resultados de la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico. En el ensayo ABTS, se nota que a 4 mg/mL, el  $\text{IC}_{50}$  es 0,22 mg/mL, con una desviación estándar de 0,03. Se anticipa una mayor eficacia antioxidante a concentraciones menores (2 mg/mL y 1 mg/mL) dado que el  $\text{IC}_{50}$  disminuye. En el ensayo FRAP, que evalúa la capacidad reductora del hierro, a 4 mg/mL de la

muestra muestra tiene 112,12  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ , con una desviación estándar de 3,12. A concentraciones de 2 mg/mL y 1 mg/mL, la capacidad reductora es menor, indicando una relación inversa entre la concentración y la capacidad antioxidante medida en este ensayo. La muestra tiene una capacidad antioxidante significativa, que varía dependiendo de la concentración utilizada y el ensayo específico empleado. La desviación estándar indica la variabilidad asociada a estas mediciones.

**Tabla 11** *Efectividad antioxidante del aceite esencial*

<b>ABTS</b> <sup>2</sup>	<b>Concentración</b>	<b>FRAP</b> <sup>3</sup>
<b>IC<sub>50</sub></b> <sup>4</sup> (mg/mL)		<b><math>\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}</math></b>
0,22 (0,03)	4	112,12 (3,12)
	2	45,21 (5,45)
	1	21,11 (3,11)

Actividad antioxidante expresada en IC50

2 ABTS: ensayo de decoloración de cationes radicales

3 FRAP: capacidad para reducir el hierro férrico a ferroso.

4 IC50: compuesto antioxidante total necesario para disminuir el radical ABTS inicial a concentración en un 50%

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

### **3.1.3. Elaborar recubrimientos comestibles con mucílago de nopal a diferentes concentraciones de aceite esencial de matico a dos tiempos de inmersión**

Se creó mezclas compuestas por mucílago de nopal y pectina, en una proporción del 10 % m/m. Este proceso se llevó a cabo mediante agitación mecánica, manteniendo una temperatura de 20 °C y una duración de 2 horas. A continuación, se añadieron al 0,1 % en peso Tween 80 (de Acros Organics, Bélgica) y aceite esencial de matico, variando la cantidad de este último entre 0 y 0,10 % en peso. La emulsión resultante se preparó mediante agitación a una velocidad de 12,000 revoluciones por minuto durante 5 minutos. Se llevaron a cabo cuatro tratamientos distintos, cada uno con composiciones específicas.

### 3.1.3.1. Caracterización del recubrimiento comestible

#### Viscosidad, pH, sólidos solubles y grosor

La Tabla 12 muestra la significancia del análisis de varianza de la regresión y de los coeficientes estimados para la variable respuesta de la viscosidad, pH, sólidos solubles y grosor del recubrimiento comestible. El diseño tiene un nivel de confianza del 95 %, las repeticiones resultan significativos; para todas las repeticiones excepto para el pH, así como para toda la caracterización (viscosidad, pH, sólidos solubles y grosor) en el mucílago. En el aceite no presenta diferencia significativa para todas las características.

Evidenciando de esta manera que la variabilidad de mucílago va a tener una relación directa al determinar la viscosidad.

**Tabla 12** Prueba de Tukey al 5 % de la caracterización del recubrimiento comestible

<b>Variable respuesta</b>	<b>Repeticiones (p-valor)</b>	<b>Mucílago (p-valor)</b>	<b>Aceite (p-valor)</b>
<b>Viscosidad</b>	<0,0001*	<0,001*	0,5527
<b>pH</b>	0,0558	0,0295*	0,3554
<b>Sólidos solubles</b>	0,0001*	0,0001*	0,1447
<b>Grosor</b>	<0,0001*	<0,0001*	0,3689

Valor significativo

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 13 al realizar la prueba de significación de Tukey al 5% se observa cuatro grupos (A,B,C y D) establecidos en forma creciente por el tratamiento estadístico. Para la variable viscosidad se observa 4 grupos diferentes, donde el T3 presenta una mayor viscosidad con respecto a los grupos T1, T2 y T4, respectivamente. En la variable pH el T3 presenta un valor mayor en comparación con T1, T2 y T4. Respecto a los sólidos solubles el T3 presenta una mayor cantidad de compuestos disueltos con relación al T1, T2 y T4. El grosor presentó una mejor respuesta al T3 en comparación T1, T2 y T4. Los

recubrimientos comestibles son capas delgadas y flexibles que se utilizan en la industria alimentaria para cubrir o envolver alimentos. El grosor de la película puede afectar la capacidad de la película para actuar como barrera contra la humedad y gases. Un grosor adecuado puede ayudar a preservar la frescura y la calidad del producto alimenticio (Sora, *et al.*, 2016).

**Tabla 13** Prueba de Tukey al 5 % de las repeticiones de viscosidad, pH, sólidos solubles y grosor

<b>Variable respuesta</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Viscosidad</b>	C	B	D	A
<b>pH</b>	C	A	D	B
<b>Sólidos solubles</b>	C	A	D	B
<b>Grosor</b>	C	A	D	B

Letras iguales representan grupos homogéneos

Orden creciente: A,B,C y D

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

#### **3.1.4. Evaluación de los parámetros de calidad de la mora durante los 15 días el almacenamiento con el recubrimiento comestible**

Es evidente el interés en la actualidad sobre el deterioro de la mora de castilla en forma inevitable durante su proceso de postcosecha y distribución. Existen pocos estudios que aborden con profundidad la cuantificación del periodo de vida útil de la mora de castilla.

##### **3.1.4.1. Pérdida de peso**

En la tabla 14 se muestran los datos obtenidos de la pérdida de peso realizadas en diariamente durante 15 de su almacenamiento. En el día 15, el tratamiento 1 (T1) evidencia ser el mejor debido a que presentó la menor pérdida de peso (5,37 % m/m) de la mora, esto indica que el tratamiento 1 ha logrado mantener la frescura y la integridad de las moras de manera más efectiva en comparación con los otros tratamientos en ese mismo periodo de tiempo.

**Tabla 14** Pérdida de peso (% m/m) por almacenamiento

<b>DIA</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>TESTIGO</b>
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,52	0,51	0,52	0,55	0,73
3	0,86	0,86	0,87	0,85	0,93
4	1,33	1,33	1,34	1,34	1,69
5	1,81	1,81	1,82	1,86	2,11
6	2,54	2,60	2,86	2,96	3,25
7	2,72	3,04	3,46	3,43	5,36
8	2,86	3,35	3,98	4,02	5,02
9	3,05	3,73	4,34	4,52	6,45
10	3,44	4,22	4,82	4,91	6,96
11	3,68	4,82	5,44	5,53	7,68
12	4,03	5,16	5,93	6,02	7,99
13	4,94	5,47	6,35	6,45	8,88
14	5,11	6,01	6,91	7,01	9,46
15	5,36	6,36	7,25	7,35	10,47

**T1:** Mucílago88%+pectina10%+aceite0,10 %+Tween 80 0,10%+agua destilada 1,8 %

**T2:** Mucílago86%+pectina10%+ aceite0,10%+ Tween 80 0,10%agua destilada 3,8 %

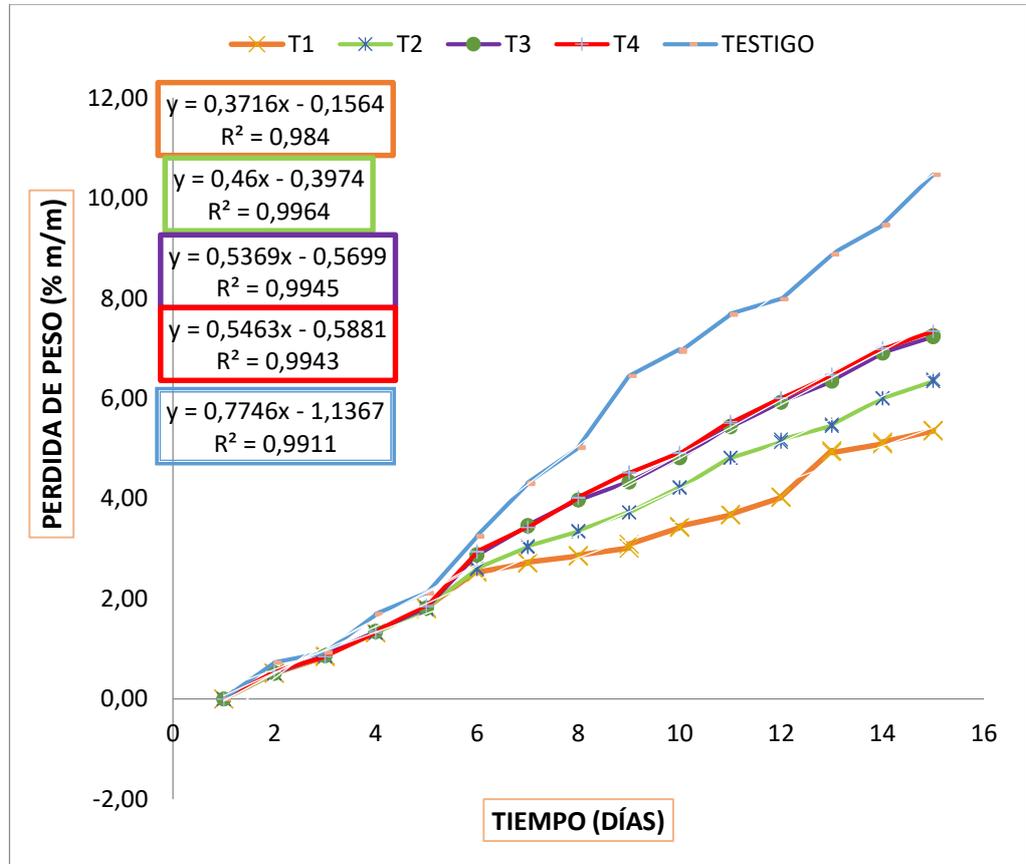
**T3:** Mucílago88%+pectina10%+ aceite0,0%+ Tween 80 0,10%agua destilada 1,9 %

**T4:** Mucílago86%+pectina10%+ aceite0,0%+ Tween 80 0,10%agua destilada 3,9 %

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

En la figura 1 se muestra que a medida que avanzaron los días la pérdida de peso en las muestras de las moras que fueron aplicadas los diferentes tratamientos de los recubrimientos comestibles, aumentaba gradualmente. En el día 15, las mediciones son más altas que en los días anteriores, sin embargo, la muestra con el tratamiento 1 presentó la menor pérdida de peso, a partir del día 7 la muestra con el tratamiento 2,3 y 4 se eleva de manera significativa la pérdida de peso.

**Figura 1** Pérdida de peso (% m/m) por almacenamiento



Elaborado por: Autora (Rodríguez, 2023)

### 3.1.4.2. Sólidos solubles (°Brix)

La tabla 15 presenta los niveles de sólidos solubles (medidos en °Brix) en muestras de moras a lo largo de un periodo de tiempo de 15 días. Los datos están organizados en columnas, donde cada columna representa un día específico de observación. Los tratamientos T1, T2, T3 y T4, así como el grupo de control denominado "TESTIGO", son evaluados en cada día. La muestra TESTIGO, que sirve como control, muestra una variación mínima en los niveles de sólidos solubles a lo largo del experimento.

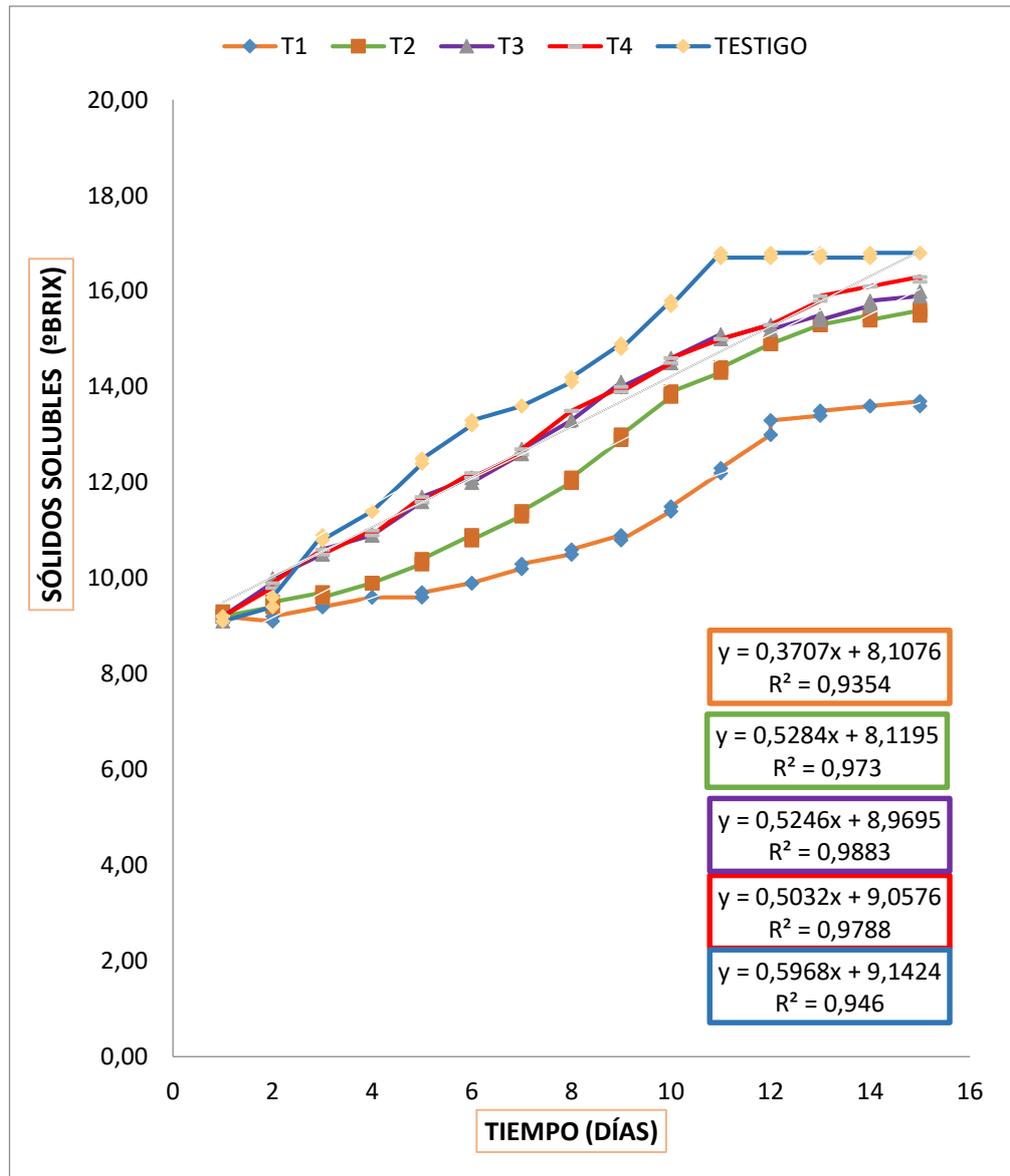
**Tabla 15** *Sólidos solubles (°Brix)*

<b>DIA</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>TESTIGO</b>
1	9,2	9,3	9,2	9,2	9,2
2	9,2	9,5	10,0	9,9	9,5
3	9,4	9,7	10,6	10,6	10,9
4	9,6	9,9	10,9	11,0	11,4
5	9,7	10,4	11,7	11,7	12,5
6	9,9	10,9	12,1	12,2	13,3
7	10,3	11,4	12,7	12,7	13,6
8	10,6	12,1	13,3	13,5	14,2
9	10,9	13,0	14,1	14,0	14,9
10	11,5	13,9	14,6	14,6	15,8
11	12,3	14,4	15,1	15,0	16,8
12	13,2	14,9	15,3	15,3	16,8
13	13,5	15,3	15,5	15,9	16,8
14	13,6	15,5	15,8	16,1	16,8
15	13,7	15,6	16,0	16,3	16,8

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

En la figura 2 se observa la constante de velocidad (°Brix) en una regresión lineal, en la misma se puede identificar un incremento en los niveles de sólidos solubles a medida que pasan los días, esto quiere decir que a medida que avanzaron los días °Brix en las muestras de las moras que fueron aplicadas los diferentes tratamientos de los recubrimientos comestibles se incrementa debido a la senescencia del fruto. En el día 1, el tratamiento 1, 3, 4 y testigo poseen 9,2 °Brix mientras que el tratamiento 2 es de 9,3. A medida que transcurren los días, los valores tienden a incrementarse gradualmente en todos los tratamientos durante los 15 días, el tratamiento 1 alcanzó los 13,7 °Brix, el dos a pesar de haber sido el que mayor °Brix presentó en los tratamientos tuvo reflejó 15,6 °Brix, mientras que el 3 y el 4 fue de 16 y 16,3; el testigo es el que mayor deterioro presentó con 16,8 °Brix

**Figura 2** Sólidos solubles (°Brix)



Elaborado por: Autora (Rodríguez, 2023)

### 3.1.4.3. pH

La tabla 16 proporciona los valores de pH registrados en muestras de moras durante un período de 15 días. Las muestras se dividieron en diferentes tratamientos (T1, T2, T3, T4) y también se incluyó un grupo de control (TESTIGO). En el día 1, los valores oscilan entre 2,52 y 2,54, mientras que en el día 15, los valores varían entre 3,01 y 3,82. Esto sugiere que hay cambios en la acidez o alcalinidad de las muestras de moras a medida que pasa el tiempo y en respuesta a los tratamientos aplicados.

Se observa que los valores de pH varían ligeramente a lo largo del tiempo y entre los diferentes tratamientos.

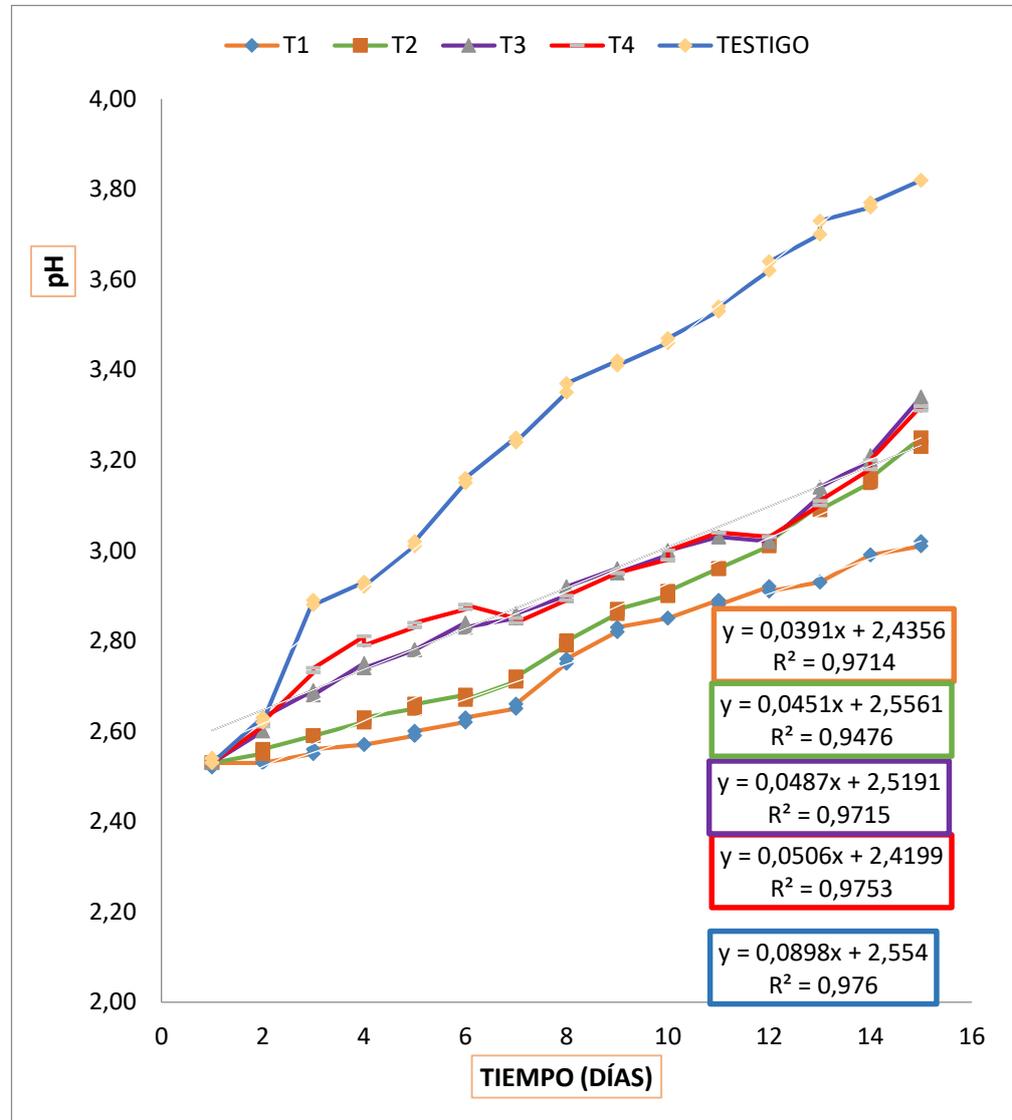
**Tabla 16** *pH evaluado durante el almacenamiento de las muestras*

<b>DIA</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>TESTIGO</b>
1	2,53	2,53	2,54	2,54	2,54
2	2,53	2,56	2,62	2,62	2,63
3	2,56	2,59	2,69	2,74	2,89
4	2,57	2,63	2,75	2,81	2,93
5	2,60	2,66	2,78	2,84	3,02
6	2,63	2,68	2,84	2,88	3,16
7	2,66	2,72	2,86	2,85	3,25
8	2,76	2,80	2,91	2,90	3,36
9	2,83	2,87	2,96	2,95	3,42
10	2,85	2,91	3,00	2,99	3,47
11	2,89	2,96	3,03	3,04	3,54
12	2,92	3,02	3,02	3,03	3,63
13	2,93	3,10	3,13	3,11	3,72
14	2,99	3,16	3,21	3,19	3,77
15	3,02	3,24	3,34	3,32	3,82

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

A medida que avanza en los días, se pueden observar cambios en los valores de pH para cada tratamiento y grupo de control, se observa que los valores de pH varían ligeramente a lo largo del tiempo y entre los diferentes tratamientos, esto quiere decir que a medida que pasan los días el pH se incrementa por la senescencia de la fruta. En el día 1, los valores oscilan entre 2.52 y 2.54, mientras que en el día 15, los valores varían entre 3.01 y 3.82. Esto sugiere que hay cambios en la acidez o alcalinidad de las muestras de moras a medida que pasa el tiempo y en respuesta a los tratamientos aplicados, esto indica que las moras se deterioran rápidamente.

**Figura 3** pH de las moras con el recubrimiento comestible durante su almacenamiento



Elaborado por: Autora (Rodríguez, 2023)

#### 3.1.4.4. Acidez titulable % m/m (ácido cítrico)

La tabla 17 muestra los niveles de acidez titulable para cada día y tratamiento. Los valores están expresados como porcentaje de ácido cítrico en masa. Cada fila representa un día y cada columna corresponde a un tratamiento específico (T1, T2, T3, T4) y el grupo de control (TESTIGO).

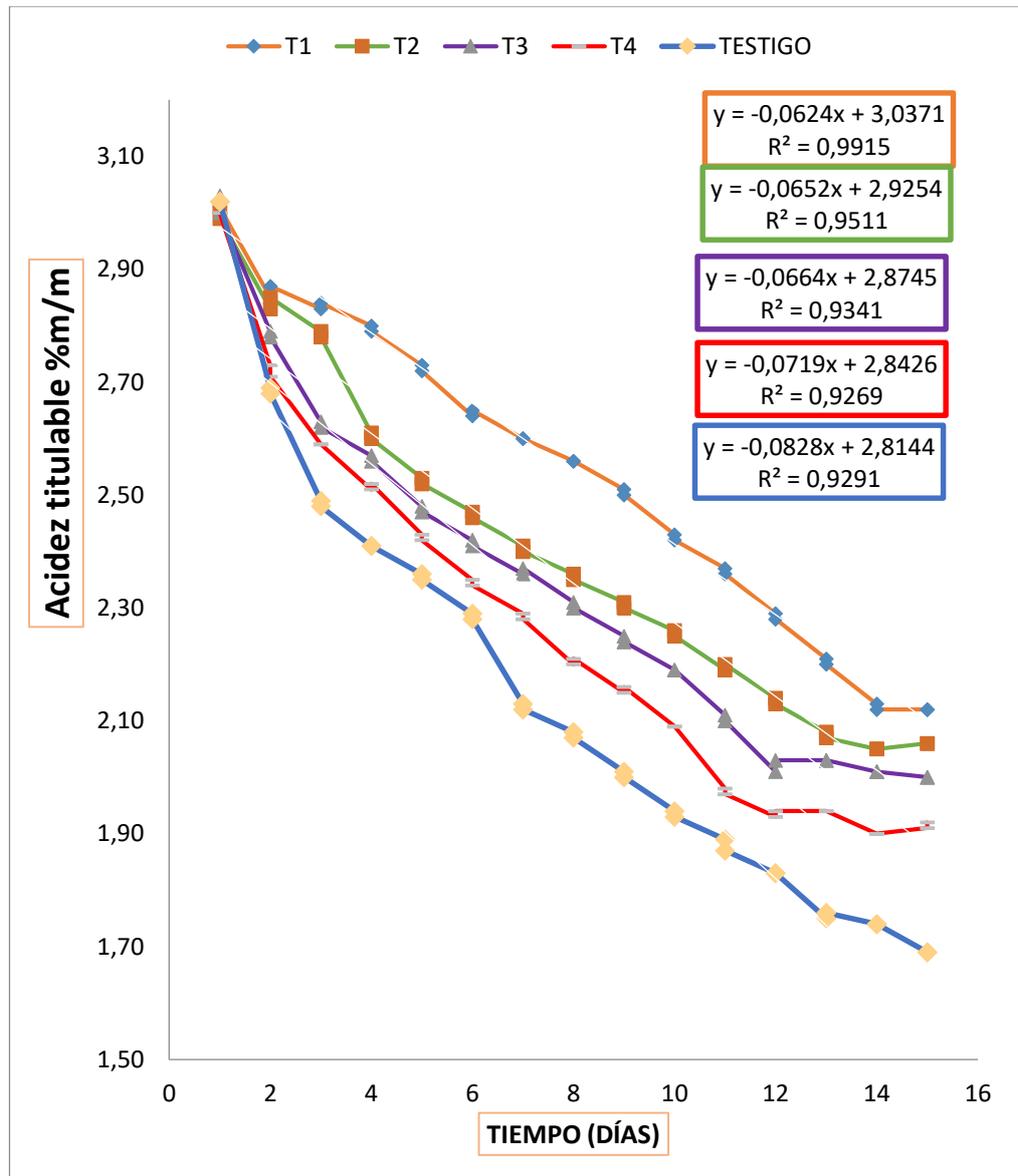
**Tabla 17** Acidez titulable % m/m (ácido cítrico)

<b>DIA</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>TESTIGO</b>
1	3,02	3,00	3,03	3,01	3,02
2	2,86	2,84	2,79	2,72	2,69
3	2,84	2,79	2,63	2,59	2,49
4	2,80	2,61	2,57	2,52	2,41
5	2,73	2,53	2,48	2,43	2,36
6	2,65	2,47	2,42	2,35	2,29
7	2,60	2,41	2,37	2,29	2,13
8	2,56	2,36	2,31	2,21	2,08
9	2,51	2,31	2,25	2,16	2,01
10	2,43	2,26	2,19	2,09	1,94
11	2,37	2,20	2,11	1,98	1,88
12	2,29	2,14	2,02	1,94	1,83
13	2,21	2,08	2,03	1,94	1,76
14	2,13	2,05	2,01	1,90	1,74
15	2,12	2,06	2,00	1,91	1,69

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

En la figura 4 se muestra los niveles de acidez titulable para cada día y tratamiento, a medida que avanzaron los días la acidez titulable en las muestras de las moras que fueron aplicadas los diferentes tratamientos de los recubrimientos comestibles, se minimizó gradualmente. Los valores están expresados como porcentaje de ácido cítrico en masa. La acidez titulable es una medida de la cantidad de ácido presente en una muestra y es importante en la industria alimentaria para determinar la calidad y madurez de ciertos productos, como frutas cítricas.

Figura 4 Acidez titulable % m/m



Elaborado por: Autora (Rodríguez, 2023)

### 3.1.4.5. Índice de madurez

En la tabla 18 se observa un aumento en el Índice de Madurez a medida que pasan los días para todos los tratamientos y el control testigo. Esto indica que las muestras están madurando con el tiempo. Comparando entre los tratamientos (T1, T2, T3, T4), se puede notar que el T4 generalmente tiene valores más altos de Índice de Madurez en comparación con los otros tratamientos. Esto sugiere que el T4 puede estar acelerando el proceso de madurez en comparación con los otros tratamientos. En el día 15, todas las muestras (T1, T2, T3, T4 y testigo) muestran un Índice de

Madurez más alto en comparación con los primeros días. Esto indica que las muestras han alcanzado un mayor grado de madurez a lo largo del período de observación.

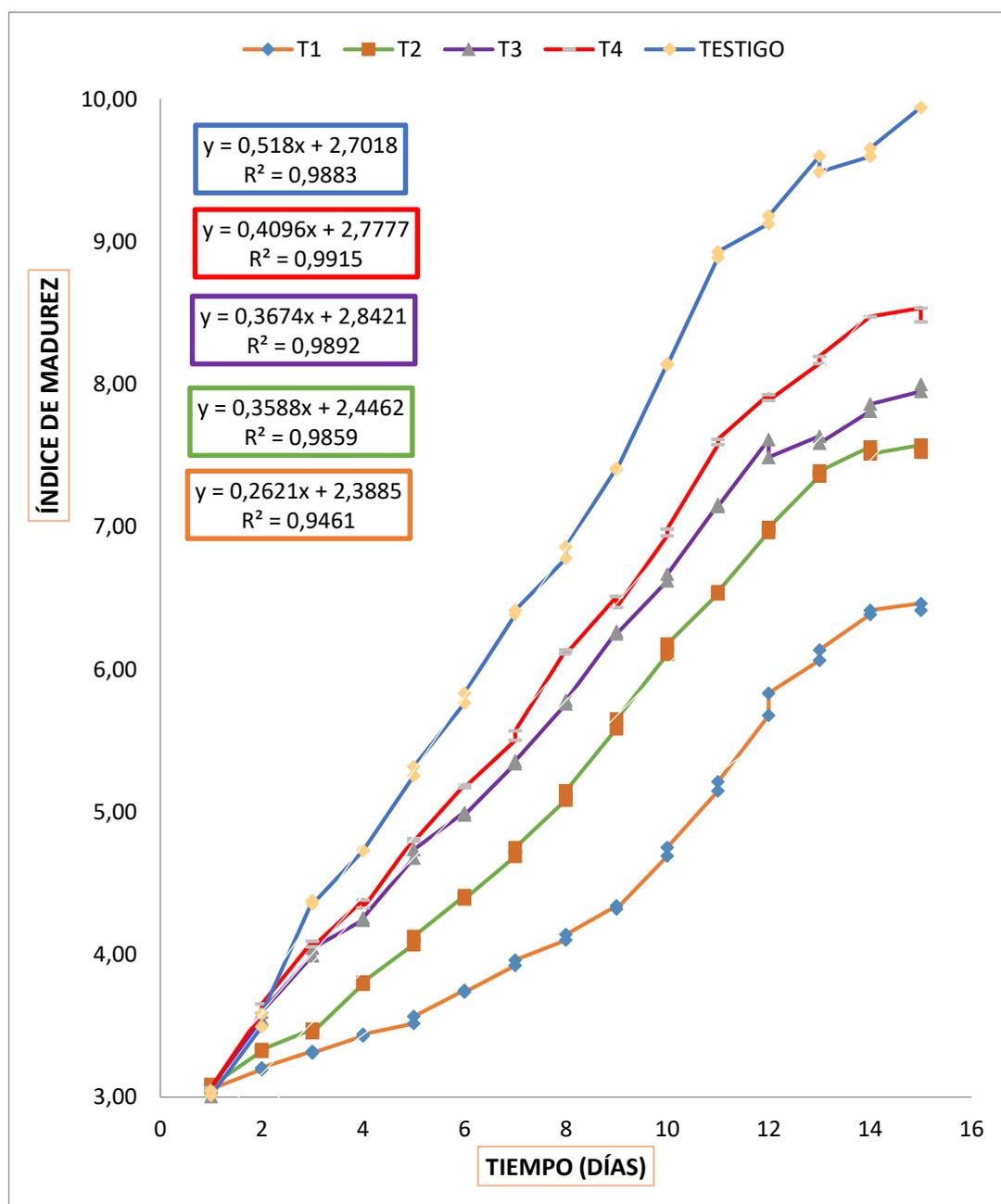
**Tabla 18** *Índice de madurez*

<b>DIA</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>TESTIGO</b>
1	3,06	3,09	3,04	3,06	3,03
2	3,20	3,33	3,57	3,62	3,54
3	3,32	3,46	4,03	4,07	4,36
4	3,44	3,80	4,25	4,36	4,73
5	3,55	4,10	4,70	4,80	5,29
6	3,75	4,41	5,00	5,19	5,80
7	3,94	4,72	5,35	5,54	6,40
8	4,12	5,12	5,77	6,13	6,81
9	4,34	5,62	6,26	6,48	7,41
10	4,72	6,15	6,65	6,97	8,14
11	5,18	6,54	7,15	7,60	8,91
12	5,71	6,98	7,54	7,91	9,16
13	6,09	7,37	7,62	8,17	9,56
14	6,40	7,53	7,83	8,47	9,63
15	6,44	7,55	7,98	8,49	9,94

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

La figura 5 muestra claramente cómo cambia el índice de madurez a lo largo de los días y cómo cada tratamiento (T1, T2, T3, T4 y TESTIGO) se comporta en relación con los demás, mientras pasaba el tiempo la mora empezó su proceso de senescencia y su índice de madurez se incrementaba. En la cual se puede observar que el TESTIGO presenta un deterioro elevado y el tratamiento 1 con en 2 tiene una mínima diferencia de constancia asta el día 3; sin embargo el T1 es el que refleja menor índice de deterioro en el fruto.

**Figura 5** Índice de madurez



En las líneas de la gráfica, se observa que el tratamiento T1 inicia en aproximadamente 3.05 en el primer día, experimenta un aumento constante hasta llegar a alrededor de 6.5 en el día 15. En comparación, el tratamiento T2 comienza ligeramente más alto que T1, cerca de 3.1, y muestra un crecimiento gradual hasta alcanzar aproximadamente 7.5 en el día 15. El T3 inicia alrededor de 3.0 en el primer día, incrementándose de manera constante hasta llegar a aproximadamente

8.0 en el día 15. Por otro lado, el T4 comienza cerca de 3.05 y experimenta un aumento gradual, alcanzando aproximadamente 8.5 en el día 15. Mientras tanto, el tratamiento testigo mantiene una constancia alrededor de 3.0 a lo largo de todo el período.

#### 3.1.4.6. Madurez (color visual)

La Tabla 19 ilustra la progresión de la madurez de moras de castilla a lo largo de un periodo de almacenamiento de 15 días. Durante los dos primeros días, todas las condiciones de almacenamiento muestran una madurez constante de 4, indicando que las moras se mantienen en un estado inicial de madurez. A partir del día 3, en las condiciones T3 y T4, se observa un incremento en la madurez a 5, señalando un avance en el proceso de maduración que se mantiene constante hasta el final del periodo. Es importante destacar que el tratamiento en testigo no incluye el recubrimiento comestible elaborado con mucílago de nopal y aceite esencial de matico.

**Tabla 19** *Madurez de la mora de castilla durante su almacenamiento*

<b>DIA</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>TESTIGO</b>
1	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	5
3	4	4	5	5	5
4	4	5	5	5	5
5	4	5	5	5	5
6	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	6
8	5	5	5	5	6
9	5	5	6	6	6
10	5	5	6	6	6
11	5	6	6	6	7
12	5	6	6	6	7
13	6	6	6	6	7
14	6	6	6	6	8
15	6	6	6	6	8

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

### 3.1.4.7. Presencia de hongos

En la tabla 20 muestra la presencia de los hongos en las muestras estos datos indican que el tiempo en el que se detectó la presencia de hongos varía según el tratamiento, siendo más temprano en los tratamientos T3 y T4 en comparación con T1 y T2. Además, el grupo de control testigo mostró la detección más temprana de hongos en el día 8. Esto sugiere que el tratamiento y las condiciones experimentales pueden influir en la presencia y proliferación de hongos.

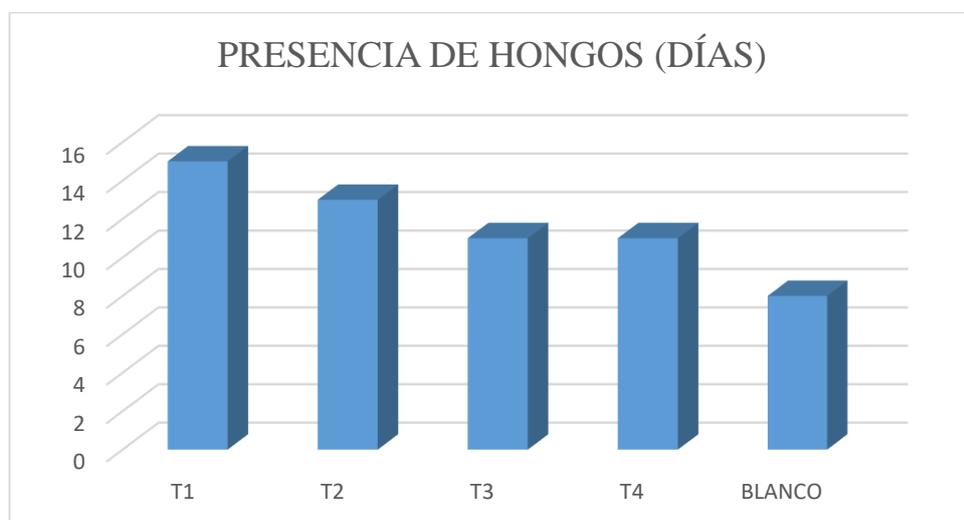
**Tabla 20** *Presencia de hongos en las muestras*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>(Días)</b>
T1	15
T2	13
T3	11
T4	11
TESTIGO	8

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

En la figura 6 se representa resultados sobre la presencia de hongos en diferentes tratamientos a lo largo de un periodo de tiempo (expresado en días). Los tratamientos están etiquetados como T1, T2, T3 y T4, mientras que también se incluye un grupo de control etiquetado como "TESTIGO". Los resultados muestran que: En el tratamiento T1, se detectó la presencia de hongos a partir del día 15; el T2, se detectó la presencia de hongos a partir del día 13. En los tratamientos T3 y T4, se detectó la presencia de hongos a partir del día 11. En el grupo de control "TESTIGO", se detectó la presencia de hongos a partir del día

**Figura 6** Presencia de hongos en las muestras de mora con recubrimiento durante los 15 días de su almacenamiento.



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

En la tabla 21 se expone la caracterización del tratamiento 1 (T1) al cabo de los 15 días de almacenamiento. Con una pérdida de peso 5.35 - 5.37 % m/m este parámetro indica la proporción de peso que se ha perdido en relación al peso inicial del producto, expresado como un porcentaje del peso total. Los sólidos solubles 13.7 - 13.6 °Brix; estos representan la concentración azúcares. Un pH de 3.01 - 3.02 esto indica la acidez o alcalinidad de la muestra, con un rango de valores entre 0 y 14. Un pH de 7 es neutro, mientras que valores menores indican acidez y valores mayores indican alcalinidad. La acidez titulable 2.1 - 2.12 % m/m, es la cantidad de ácido presente en la muestra. Se obtuvo un índice de madurez de 6.46 - 6.42 proporciona una medida de la etapa de madurez del producto. La madurez (color visual) fue de 6 en las dos muestras, este valor refleja la evaluación subjetiva de la madurez del producto basada en su color. Finalmente se obtuvo un tiempo de conservación de 15 días esto indica el tiempo estimado de la conservación en la cual se espera que el producto mantenga sus propiedades y calidad antes de deteriorarse o perder sus características deseadas.

**Tabla 21** Características del mejor tratamiento

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Pérdida de peso (%m/m)	5,36
Sólidos solubles (° Brix)	13,7
pH	3,02

Acidez titulable (% m/m)	2,12
Índice de madurez	6,44
Madurez (color visual)	4
Conservación (días)	15

**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

### 3.2. Discusión de resultados

Según Hernández, *et al.*, (2015) los carotenoides son los principales compuestos responsables de la actividad antioxidante del nopal, el aumento de la viscosidad del mucílago debido al calor contribuye a la retención de estos compuestos. Manzanares, *et al.*, (2022) obtuvieron 13,38  $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$  muestra. Por otro lado, Pérez (Pérez , 2021) manifestó que la cantidad de polifenoles y capacidad antioxidante están influenciadas por factores tanto externos (como el método de extracción y la temperatura) como intrínsecos al alimento (como su nivel de madurez, textura y grosor).

Ponce, *et al.*, (2023) resaltan la notable presencia de polifenoles y polisacáridos en el nopal, componentes reconocidos por sus propiedades antioxidantes, así como por sus potenciales beneficios en el ámbito de la prevención de enfermedades como la diabetes y el cáncer.

Cortina (2020) en su estudio registró un pH de 5,83 en el mucílago y mencionó la importancia de este parámetro como indicador de la estabilidad de un producto mientras que Contreras, *et al* (2016) determinaron que los mucílagos tienen un valor entre 5.5 y 6. Al comparar estos valores con el obtenido en la investigación, podemos observar que es superior al que mencionan los autores. Esto indica que el mucílago es de naturaleza ácida, una característica atribuible a la presencia de derivados ácidos en su estructura (Vera & Manzaba, 2019).

Es importante destacar que hasta el momento no se ha establecido una normativa específica que defina los límites máximos o mínimos para la caracterización de los compuestos fisicoquímicos presentes en el mucílago de nopal. Esta ausencia de regulaciones detalladas subraya la necesidad de investigaciones continuas y estudios especializados que contribuyan a establecer estándares y pautas claras en relación con la composición y propiedades de este componente esencial del nopal. Esta información adicional resulta crucial para garantizar la calidad y la

consistencia en el uso y aplicación del mucílago en diversas áreas, desde la industria alimentaria hasta la farmacéutica y la cosmética.

En su investigación, Ingaroca, *et al.*, (2019) registraron un valor de 147,832  $CI_{50}^4$  (mg/mL). Indicaron que la actividad antioxidante fue considerada como de baja intensidad, y esto se podría atribuir a la presencia de compuestos como 4,7,7-trimetilbicyclo [2.2.1] heptan-3-ona,  $\beta$ -cariofileno, biciclogermacreno, germacreno D y  $\beta$ -ocimeno, así como a los posibles efectos sinérgicos y antagónicos que se producen entre estos elementos. Por otro lado, Bedón y León (2022) obtuvieron 180,24  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g Al}$  compararlo con el valor que obtenido en la investigación es mucho más bajo de lo que manifestaron los autores, esto resalta la necesidad de una comprensión más profunda de los factores que influyen en la actividad antioxidante de los compuestos evaluados.

Según Huaraca, *et al.*, (2021) la composición de los aceites esenciales se ve principalmente influenciada por factores como el origen geográfico, el nivel de precipitación y las condiciones climáticas. Por lo tanto, se puede decir que estos elementos desempeñan un papel crucial en la formación y propiedades de los aceites esenciales, lo que resalta la importancia de considerar el entorno en el que se desarrolla la planta para comprender su composición química además que el rendimiento de los compuestos bioactivos depende de otras condiciones como la técnica de extracción para la obtención del aceite, el tiempo, entre otros.

Hoy en día, hay una clara preferencia de los consumidores por productos naturales, que se caracterizan por no contener componentes sintéticos ni aditivos químicos como neutralizantes, preservantes, antioxidantes, colorantes y saborizantes; por lo que resulta interesante estudiar la actividad antioxidante de los aceites esenciales (AE) de plantas nativas (León, *et al.*, 2015).

La preferencia por lo natural surge del creciente reconocimiento de los beneficios ligados al consumo de sustancias de origen natural, que destacan por sus propiedades saludables y nutritivas. Explorar los aceites esenciales extraídos de plantas nativas no solo amplía la comprensión de sus potenciales ventajas antioxidantes, sino que también responde a la demanda del mercado, reflejando las

actuales preferencias de los consumidores. Sin embargo, existe una carencia de información en cuanto al estudio específico de los aceites de matico.

En el marco de la investigación, se obtuvo información relevante mediante el análisis de la mora de castilla. La acidez titulable (% m/m ácido cítrico) se sitúa en un nivel del 3,02, indicando una acidez moderada, en comparación con la norma INEN 2427 (2010), que establece los requisitos para la mora de castilla, los tratamientos supera los estándares, atribuyéndose esto al índice de madurez durante la cosecha de la mora. El pH registrado es de 2,54, lo cual sugiere que la muestra es ácida al encontrarse por debajo del nivel neutro de pH (7). Esta acidez se debe a la presencia de ácidos orgánicos en la mora.

Los Sólidos Solubles (°Brix) estuvieron en una concentración es de 9,20, lo que indica una concentración moderada. Este valor se refiere a la cantidad de sólidos solubles en una disolución acuosa y a menudo se usa como indicador de la concentración de azúcares. Al compararlo con la norma INEN 2427 (2010) de los requisitos para la mora de castilla se puede que está dentro del parámetro debido a que la cantidad mínima es de 9 porque esta apta para el paladar del ser humano.

El índice de madurez estuvo en 3,04, lo que evidencia que la muestra está en un estado de madurez moderada. Este índice puede variar dependiendo del método específico de medición, pero generalmente indica el nivel de madurez de un de la fruta.

La madurez (Color visual) de la mora presentó un puntaje de 4,00, en términos de madurez según el criterio de evaluación visual. Según Ayala, *et al.*, (2013) la recolección en estados de madurez 4 y 6 no es aconsejable, ya que se caracteriza por presentar un bajo peso y volumen. Además, la fragilidad estructural en estos estados conlleva a problemas como la lixiviación, fermentación y magullado de la fruta de manera recurrente.

Iza, *et al.*, (2016) en su estudio manifestaron que el color en las frutas frescas se origina de diversos compuestos, principalmente pigmentos orgánicos naturales, muchos de los cuales cumplen funciones biológicas importantes en el tejido. Estos pigmentos se clasifican en varias categorías según sus estructuras químicas: (1) las derivadas de los núcleos tetrapirrólicos, como la clorofila que desempeña un papel

esencial en la fotosíntesis, (2) las derivadas del isopreno, como los carotenos y xantofilas, (3) las derivadas del benzopirano, que incluyen antocianinas y flavonoides, y (4) las derivadas de las betacianinas que producen tonos rojos, y las betaxantinas que generan tonos amarillos. Cada una de estas categorías de pigmentos contribuye a la diversidad y vivacidad de los colores observados en las frutas frescas.

Las antocianinas, muestran una notable sensibilidad a las variaciones en el nivel de acidez (pH) (Iza, *et al.*, 2016). Estos compuestos bioactivos, pertenecientes al grupo de los flavonoides, poseen una influencia en la tonalidad y estabilidad del color de la mora.

Según Mora, *et al.*, (2021) los recubrimientos comestibles cumplen diversas funciones esenciales para preservar la calidad de los productos, ralentizando la difusión de gases como el oxígeno y el dióxido de carbono, así como del agua. También tienen la capacidad de retener compuestos volátiles que contribuyen al aroma característico del alimento. Adicionalmente, actúan como portadores de compuestos antimicrobianos que inhiben el crecimiento de microorganismos en la superficie del alimento, lo que resulta en un retraso del proceso de maduración.

Anaya, *et al.*, (2020) en su estudio señalaron que en los últimos años se ha estado buscando el desarrollo, así como la aplicación de recubrimientos comestibles que cumplan con criterios de seguridad, biodegradabilidad y posean propiedades tecnológicas también que sean funcionales. Estos recubrimientos tienen como objetivo principal prolongar la conservación de frutas y hortalizas, ya que estos productos son tejidos vivos que, una vez cosechados, están expuestos a un proceso de deterioro progresivo. Este deterioro es causado tanto por factores intrínsecos, como procesos fisiológicos y bioquímicos, como por factores extrínsecos como el manejo, transporte y almacenamiento. Además, se suma la interacción con microorganismos patógenos que pueden ocasionar diversas enfermedades en estos productos.

Según Chanaguano (2016) el deterioro de las moras se debe principalmente al desarrollo de mohos y levaduras. Las condiciones propicias para el crecimiento fúngico en estas frutas incluyen el alto contenido de agua y de azúcares, así como

otros nutrientes, junto con un bajo pH que restringe el crecimiento de muchas especies bacterianas. Estos factores favorecen la proliferación de hongos, lo que a su vez conduce al deterioro de la fruta.

Según Magaña, *et al.*, (2013) una de las razones principales detrás de la pérdida de peso en las frutas está vinculada con el déficit de presión de vapor (DPV) entre la superficie de la fruta y la atmósfera que la rodea. Esto ocurre porque se crea un gradiente de vapor de agua que eventualmente conduce a la disminución del peso de la fruta.

La variación del pH no mostró un aumento, en el día 1, los tratamientos 1 y 2 tienen un pH de 2,53 mientras que el 3, 4, así como el testigo es de 2,54; al transcurrir los días de almacenamiento se puede observar que el pH se incrementa en el 1 a 3,02 siendo el mejor tratamiento el 2 a 3,24, el tratamiento 3 fue de 3,34 en su pH el 4 de 3,32 y el testigo de 3,82.

En la tabla 19 se puede observar que la mora de castilla con el recubrimiento comestible durante el almacenamiento experimentó una disminución en la acidez titulable al pasar del estado de madurez 4 que fue cosechada al 6, esto se debe a que los ácidos orgánicos actúan como sustratos respiratorios. Moreno y Darquiz (2016) señalan que la acidez titulable en los estados de madurez 5 y 6 para la mora de castilla es de 2.8 y 2.5, respectivamente. Estos resultados sugieren un potencial significativo tanto para el consumo fresco como para su procesamiento industrial. Además, durante el estudio, se observó que en el estado de madurez 6, el índice es de 6.19. Al comparar este valor con los resultados obtenidos, se destacó que solo el tratamiento 1 se asemeja al valor reportado por los autores.

Según Sora, *et al.*, (2016) en su investigación manifestaron que la vida útil de la mora de 3 a 5 días, por lo cual su cosecha y el manejo postcosecha deben ser muy cuidadosos y eficientes, para evitar pérdidas de alrededor de 60% y 70%.

En términos de la conservación de los atributos como firmeza, color y compuestos bioactivos, los resultados obtenidos en el proyecto de investigación son consistentes con la literatura existente. Se ha demostrado que los recubrimientos a base de mucílago de nopal con el aceite de matico pueden preservar estas características, lo cual es crucial tanto para la aceptación del consumidor como para el valor

nutricional de los alimentos. En conjunto, los resultados respaldan la viabilidad y efectividad del recubrimiento comestible en la mora de castilla.

## CONCLUSIONES

- El análisis físico químico del mucílago de nopal reveló una capacidad antioxidante reductora del hierro de 12,21  $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ ; polifenoles totales en 12,01 mg/g, un contenido de sólidos totales del 30,12 % m/m, con un promedio de 0,11 % m/m de ácido cítrico, sólidos solubles de 28,2 °Brix y un pH de 6,56. La mora exhibió una acidez titulable del 3,02 % m/m, un pH de 2,54, sólidos solubles de 9,20 °Brix, una madurez de 3,04 y una madurez visual de 4. Estos hallazgos proporcionan información detallada de la composición y estado de las muestras, establecen una base sólida para evaluar la calidad y potencial de uso de ambos productos en diversas aplicaciones, en cuanto al estudio del aceite esencial de matico se identificó una capacidad antioxidante de 0,22 mg/mL para el ensayo ABTS y 112,12  $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$  para FRAP. Resaltando de esta manera la presencia propiedades antioxidantes en el aceite esencial de matico, sugiriendo su posible utilidad en aplicaciones relacionadas con la salud y la nutrición.
- Las características de las formulaciones de recubrimiento comestible de mucilago de nopal y aceite esencial de matico fueron formuladas, donde el T3 (mucílago 88% + pectina 10% + aceite 0,0% + Tween 0,10% y agua destilada 1,9 %), presentó una mayor viscosidad (16554 cP), pH (6,63) y sólidos totales disueltos (24,30 °Brix) con respecto a los tratamiento T1, T2 y T4. La viscosidad de la disolución permite una mejor adherencia a la fruta y una mejor capacidad del recubrimiento para actuar como barrera contra los factores (humedad, temperatura, microorganismos, etc.) que deterioran la mora de castilla.
- En los parámetros fisicoquímicos evaluados a los 15 días de la aplicación de recubrimiento comestible a la mora de castilla, el tratamiento 1 presento mohos a los 15 días, el 2 a los 13 días mientras que el tratamiento 3 y 4 presentaron mohos a los 11 días, así como el testigo a los 8 días, el tratamiento 1 se destacó por ser la mejor alternativa en el cual la pérdida de peso fue de 5,36 %, sólidos solubles de 13,7 %, un pH de 3,02, la acidez titulable de 2,12% con un índice de madurez y un color visual de 6.

## RECOMENDACIONES

- Fomentar entre los pequeños y medianos productores de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) la adopción de estrategias de protección poscosecha más efectivas a través de capacitaciones. Esto no solo ayudará a reducir las pérdidas de producto, sino que también contribuirá a mitigar las pérdidas económicas que enfrentan estos productores.
- Permitir que el recubrimiento se seque por completo después de su aplicación. Esto previene la acumulación de humedad excesiva y garantiza una mejor adhesión a la fruta, lo que resulta en una mayor efectividad durante el almacenamiento.
- Aplicar el recubrimiento comestible en una mora de castilla en un grado 4 para observar que tanto influye el Recubrimiento Comestible en la calidad del fruto puesto que es climatérico.
- Cosechar la mora de castilla en un recipiente con base de papel para preservar su integridad, dado que su vida útil tras la cosecha se limita a aproximadamente 3 a 4 días.
- Explorar ajustes en la formulación y aplicación de estos recubrimientos para optimizar aún más su desempeño. Asimismo, se podría considerar la evaluación de su impacto en otros aspectos como la textura y sabor de los alimentos tratados

### 3.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agapito, A. (2019). *Elaboración y caracterización de un recubrimiento comestible a partir del hongo *Humphreya coffeatum*. [Tesis de maestría en recursos naturales; Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/3108>*
- Alzate, T. (2019). Dieta saludable. *Scielo*, 21(1), 9-14. doi:<https://doi.org/10.17533/udea.penh.v21n1a01>
- Amaya, P., & Sandoval, J. (2020). *Evaluación de la obtención y uso del aceite esencial de eucalipto (*eucalyptus globulus*) como fungicida. [Trabajos de grado-Ingeniería química; Universidad de América]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8101>*
- Anaya, L., Pérez, A., Ruvalcaba, J., Sánchez, J., Romero, R., & Montalvo, E. (2020). Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. *Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 23, 1-14. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.241>
- Arias, G. (2022). *Diseño de un recubrimiento comestible con inulina de agave (*Agave americana*) y aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) para la conservación de la frutilla (*Fragaria ananassa duch*). [Tesis - Maestría en Agroindustrial, UTC]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8881>*
- Ayala, L., Valenzuela, C., & Bohorquez, Y. (2013). Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*rubus glaucus benth*) en seis estados de madurez. *Inicauca*, 11(2), 10-18. Obtenido de <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/306>
- Barrón, D., Zavala, L., San Juan, P., & Reyes, M. (2022). Evaluación del mucílago de nopal para la encapsulación de *Lactobacillus plantarum* 1449. *Jovenes en la ciencia*, 16, 1-7. Obtenido de

<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3560>

- Becerra, N., Muñoz, A., & Lucero, A. (2019). Obtención de un extracto antociánico a partir del residuo de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth). *Uamerica*, 12(2), 99-112. doi:<https://doi.org/10.29097/2011-639X.298>
- Bedón, K., & León, N. (2022). *Extracción del aceite esencial de matico (Piper aduncum), mediante el método de arrastre de vapor. [Tesis; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9349>
- Bermúdez, M., Granados, F., & Molina, A. (2019). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Psidium guajava* y *Cymbopogon citratus*. *Redalyc*, 30(1), 147-163. doi:<https://doi.org/10.15517/am.v30i1.33758>
- Bernácer, R. (2022). *Antioxidantes*. Obtenido de Webconsultas: <https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/nutrientes/antioxidantes-3971>
- Capelli, A., Suárez, G., & García, C. (2019). Aflatoxinas en alimentos y leche de vacas de 18 establecimientos comerciales de. *Scielo*, 55(212), 52-56. doi:10.29155/VET.55.212.2
- Cevallos, J., Castro, M., Espinoza, G., Ávila, J., López, C., & Bello, I. (2023). Estudio comparativo de dos recubrimientos comestibles a base de biopolímeros y cinamaldehído en la conservación de pepino *Cucumis sativus* L. *Dialnet*, 10(1), 52-67. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8999320>
- Chanaguano, D. (2016). *Estudio de la calidad y comportamiento postcosecha de dos variedades de mora (Rubus glaucus Benth) cosechadas en los estados de madurez 3 y 5. [Tesis; Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24090>

- Contreras, M., Rodríguez, M., Gutiérrez, E., Valderrama, C., Rojas, I., & Rivera, E. (2016). Caracterización fisicoquímica y reológica del mucílago de *Opuntia ficus* en tres diferentes estados de madurez del cladodio. *Elsevier*, 226-234. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2016.03.024>
- Cortina, E. (2020). *Propiedades fisicoquímicas del mucílago de nopal químicamente modificado [Tesis; Universidad Veracruzana]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://cdigital.uv.mx/handle/1944/50800>
- De Ancos, B., González, D., Colina, C., & Sánchez, C. (2015). Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de IV y V gama. *Redalyc*, 16(1), 8,17. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864002>
- FAO. (2019). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura*, 1-256. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf>
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández, D., Ocampo, A., García, A., & Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *SciELO*, 24(3), 52-57. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542015000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008)
- Fernández, N., Echeverría, D., Mosquera, S., & Paz, S. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Unicauca*, 15(2), 134-141. doi:[https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)134-141](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)134-141)
- García, B. (2013). *Mucílago de nopal (Opuntia spp) sobre propiedades micromorfológicas y estructurales del suelo en trigo. [Tesis; Colegio de postgraduados]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/1969>
- González, Y., Manzano, O., & García, O. (2019). Puntos críticos de la cadena productiva de la mora (*Rubus glaucus* Benth), en el municipio de

Pamplona, Colombia. *Uptc*, 10(1), 9-21.

doi:<https://doi.org/10.19053/20278306.v10.n1.2019.10008>

Guzmán, T., Cuenca, K., & Tacuri, E. (2018). Caracterización de la poscosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) tratada con 1-metilciclopropeno. *Scielo*, 27(1), 66-75. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542018000100007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542018000100007)

Harris, G. M. (2020). *Cinética química*. Reverté.

Hernández, J. (2015). *Determinación de los cambios originados por los procesos de asado y freído del nopal verdura (Opuntia ficus-indica) sobre la actividad antioxidante y la concentración de fenoles totales. [Tesis; Instituto Tecnológico de Celaya]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/484>

Huaraca, R., Delgado, M., Tapia, F., & Nolasco, G. (2021). Perfil químico e atividade antioxidante do óleo essencial de espécies nativas dos altos Andes do Perú. *Scielo*, 5(14), 153-165.  
doi:<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.106>

INEN 2427. (2010). Frutas frescas mora requisitos. *Instituto ecuatoriano de Normalización*, 1-12. Obtenido de <https://ia803207.us.archive.org/4/items/ec.nte.2427.2010/ec.nte.2427.2010.pdf>

Ingaroca, S., Castro, A., & Ramos, N. (2019). Composición química y ensayos de actividad antioxidante y del efecto fungistático sobre *Candida albicans* del aceite esencial de *Piper aduncum* L. "Matico". *Scielo*, 85(2), 268-279. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2019000200013](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000200013)

Iza, F., Rojas, X., & Argüello, Y. (2016). Línea base de la calidad de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) en su cadena alimentaria. *Redalyc*, 7(3), 82-94.  
doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n3.107>

- León, G., Osorio, M., Torrenegra, M., & Gil, J. (2015). Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* L. *Scielo*, 49(4), 708-718. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75152015000400011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152015000400011)
- Logroño, P., & Lozano, J. (2019). *Estudio de diversidad química cualitativa y cuantitativa de aceites esenciales provenientes de diferentes variedades de rosas híbridas de té.* [Tesis; Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17406>
- Luna, E., Zegbe, J., Meza, J., & Minjares, R. (2023). Mucílago de nopal (*Opuntia* spp.) y su aplicación como aditivo alimentario: una visión general. *Fitotecnia Mexicana*, 46(1), 51-62. doi:<https://doi.org/10.35196/rfm.2023.1.51>
- Magaña, W., Sauri, E., Corrales, J., & Saucedo, C. (2013). Variaciones bioquímicas-fisiológicas y físicas de las frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenadas en ambiente natural. *Redalyc*, 14(1), 21-30. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81327871005>
- Manzanarez, L., Ruiz, S., Cira, L., Estrada, M., Márquez, E., Del-Toro, C., & Suárez, G. (2022). Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y contenido de fenoles y flavonoides totales de nopal morado (*Opuntia gosseliniana*) en dos etapas de coloración. *cielo*, 24(3), 101-106. doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i3.1662>
- Martín, S., & Lafuente, V. (2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Scielo*, 31(71), 151-180. doi:<https://doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.2017.71.57814>
- Martínez, A., Franco, O., Sánchez, J., Rodríguez, J., & Castañeda, A. (2020). Evaluación de recubrimiento comestible a base de pectina de tejocote en postcosecha de tihuixocote (*Ximenia americana* L., Olacaceae). *Acta*

*Agrícola y Pecuaria*, 6(1), 1-10. Obtenido de  
<http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/101>

Martínez, A., Villacís, L., Viera, W., Jacome, R., Espín, M., León, O., & Santana, R. (2019). Evaluación de nuevas tecnologías de producción limpia de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth), en *Scielo*, 7(1), 63-70. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-38592019000100007](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592019000100007)

Martínez, M., Balois, R., Alia, I., Cortes, M., Palomino, Y., & López, G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Scielo*, 8(19), 4075-4087. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342017001104075](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017001104075)

Monroy, A., Cano, C., Alamilla, L., Hernández, H., & Gutiérrez, G. (2014). optimización acoplada Taguchi-rsm de las condiciones de emulsificación por microfluidización de  $\alpha$ -tocoferol en una matriz de goma arábica y maltodextrina. *Scielo*, 13(3), 679-688. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382014000300003&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382014000300003&script=sci_abstract)

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

Moreno, B., & Deaquiz, Y. (2016). Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus* Macfad). *Scielo*, 65(2), 130-136. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28122016000200004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122016000200004)

Morocco, S. (2017). *Caracterización micro-histológico, físico y químico del aceite esencial de las hojas de matico (Piper aduncum), extraído por arrastre de vapor en un equipo modular. [Tesis- Ingeniería química;*

- Universidad Nacional del Altiplano- Puno*]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5334>
- Muñoz, C. (2016). *Caracterización reológica de mucílago de Opuntia ficus-indica en flujo cortante. [Tesis; Instituto Politécnico Nacional]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/16421>
- NTE INE 2173. (2013). Productos vegetales y de frutas - determinación de sólidos solubles - método refractométrico. *NTE INEN ISO*, 1-5. Obtenido de <https://docplayer.es/10151566-Quito-ecuador-norma-tecnica-ecuatoriana-n-te-inen-iso-2173-2013-extracto.html>
- Ochoa, J., & Yunkor, Y. (2019). El estudio descriptivo en la investigación científica. *Autonoma*, 2(2), 1-19. Obtenido de <http://revistas.autonoma.edu.pe/index.php/AJP/article/view/224>
- Pérez , I. (2021). *Caracterización de los principales componentes del nopal forrajero (Opuntia ficus-indica) deshidratado*. Repositorio institucional. Obtenido de [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/6422](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/6422)
- Ponce, A., Pérez, J., Pérez, E., Portillo, L., García, L., & Contreras, E. (2023). Potencial del nopal para su incursión en la industria de la confitería. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 11(22). Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/11074>
- Ramírez, J., Aristizábal, I., & Restrepo, J. (2013). Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *Redalyc*, 20(3), 172-189. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169829162003>
- Rekalde, I., Vizcarra, M., & Macazaga, A. (2014). La Observación Como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y

fomentar procesos participativos. *Redalyc*, 17(1), 201-220. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70629509009>

Rioja, A., Vizaluque, B., Aliaga, E., Tejeda, L., Book, O., Mollinedo, P., & Peñarrieta, M. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de chenopodium quinoa. *Redalyc*, 35(5), 168-176. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4263/426358213006/html/>

Rivadeneira, M. (2016). *Efecto de trichoderma spp. En el cultivo de mora de castilla (rubus glaucus) plantado en diferentes condiciones ambientales de la granja experimental de Nono.*[Tesis; Universidad De Las Américas]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/6218>

Rubiano , V., Montaña , M., & Silva, N. (2022). Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria. *Ciencia latina*, 6(5), 1-16. doi:[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i5.3498](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3498)

Salinas, V., Trejo, A., Lira, A., & Pascual, S. (2022). Aplicación de recubrimientos comestibles a base de mucílago de nopal, grenetina y cera de abeja en ciruela almacenada en refrigeración. *Redalyc*, 23(2), 181-192. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81373798008>

Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Scielo*, 13(1), 1-21. doi:<http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>

Siancas, J. (2021). *Determinación de la presión de vacío óptima para mejorar el rendimiento y la calidad del aceite esencial de limón sutil (Citrus aurantifolia) obtenido por hidrodestilación.* [Tesis; Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2821>

Silva, J., Mai, K., Meller, J., & Casali, R. (2022). Evaluación de las pérdidas poscosecha de patatas y repollo en un comercio minorista en Três de Maio, Rio Grande do Sul (RS). *Nucleo do Conhecimento*, 2(3), 48-60.

Obtenido de <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/agronomias/poscosecha>

- Solano, L., Alamilla, L., & Jiménez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Ciencias químico biológicas*, 21, 30-42. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Soto, M. (2020). *Películas comestibles para alimentos con propiedades antimicrobianas. [Tesis-Magíster en Alimentos; UTPL]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/20.500.11962/26225>
- Tovar, V. (2018). *Actividad antibacteriana y antioxidante del aceite esencial extraído del tronco y corteza de la especie Handroanthus chrysanthus (Guayacán). [Titulación - Química farmacéutica; Universidad Central de Ecuador]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15263>
- Ugarte, C., Quiñones, Á., Bustos, C., & Vicente, B. (2020). Porcentaje de peso perdido y su recuperación en pacientes bariátricos: un análisis desde la perspectiva temporal. *Scielo*, 47(1), 41-49. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000100041>
- Vargas, F., & Zamora, H. (2023). *Extracción de aceite de semilla de mora castilla (rubus glaucus benth) y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas. [Tesis; Universidad de Guayaquil]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/67135>
- Vera, A., & Manzaba, M. (2019). *Efecto de la relación pulpa - mucílago de melón amargo (momordica charantia) en la concentración final de una leche fermentada. [Tesis; ESPAM ]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/948>
- Villa, D., Osorio, M., & Villacis, N. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dialnet*, 6(2), 503-524. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398459>

Villegas, C., & Albarracín, W. (2016). Aplicación y efecto de un recubrimiento comestible sobre la vida útil de la mora de castilla ( *rubus glaucus benth*). *Scielo*, 23(3), 202-209. doi:<https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v23n3a06>

Zurita, J., Márquez, H., Miranda, G., & Villasís, M. (2018). Estudios experimentales: diseños de investigación para la evaluación de intervenciones en la clínica. *Scielo*, 65(2), 178-186. doi:<https://doi.org/10.29262/ram.v65i2.376>

## ANEXOS

### *Anexo 1 Huerta de mora de castilla ubicado en la parroquia Huachi Grande*



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

### *Anexo 2 Cosecha de la mora de castilla*



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

### **Anexo 3 Limpieza del nopal**



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

### **Anexo 4 Análisis del pH de las muestras**



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

**Anexo 5** *Extracción de aceite esencial de matico*



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

**Anexo 6** *Mucílago de nopal*



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

**Anexo 7** *Aplicación del recubrimiento comestible en la mora de castilla*



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

**Anexo 8** *Moras de Castilla cubiertas con los tratamientos del recubrimiento comestible*



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

**Anexo 9 Almacenamiento de las muestras**



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)

**Anexo 10 Mejor tratamiento**



**Elaborado por:** Autora (Rodríguez, 2023)