

**APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE HIDROXI PROPIL
METIL CELULOSA Y CERA DE ABEJAS, Y SU EFECTO EN LA
CONSERVACIÓN DE MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus* Benth)**

CAMILO VILLEGAS YÉPEZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
PASTO
2015**

**APLICACION DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE HIDROXI PROPIL
METIL CELULOSA Y CERA DE ABEJAS, Y SU EFECTO EN LA
CONSERVACION DE MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus* Benth)**

CAMILO VILLEGAS YEPEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de

Ingeniero Agroindustrial

Asesor

William Albarracín Hernández

Ph. D. Tecnología de Alimentos Universidad Politécnica de Valencia, España

Docente Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Nariño

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

PASTO

2015

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^o del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

M.Sc, Olga Lucía Benavides Calvache

Jurado

M.Sc, William Alexander Díaz López

Jurado

San Juan de Pasto, noviembre del 2015.

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, a mi madre Sonia Mariana Yépez Ordoñez por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi proyecto estudiantil y de vida, a mis abuelos y en general a toda mi familia la cual ha velado por mí durante este arduo camino para convertirme en un profesional. A mis amigos quienes hicieron de mi paso por la Universidad una experiencia inolvidable, a mis compañeros de clase los cuales aportaron en mi vida un granito de conocimiento más para alcanzar este logro, y a todas aquellas personas que con consejos me ayudaron para culminar mi carrera; sin el apoyo de todos ellos no hubiera logrado esta meta.

Camilo Villegas Yépez

AGRADECIMIENTOS

Ph. D. William Albarracín Hernández, por su apoyo indispensable, asesoría y colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

A los ingenieros Olga Lucía Benavides, William Díaz, Margaret Santander, Andrés Cerón, quienes a través de sus aportes contribuyeron en el desarrollo de la investigación.

Grupo de Investigación GAIDA, por el aporte en instalaciones y equipos para la ejecución del proyecto.

Personal de la Planta Piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial por su amabilidad y apoyo.

A todos los profesores, compañeros y en general a cada una de las personas que de una u otra forma hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
2. JUSTIFICACIÓN.....	23
3. OBJETIVOS.....	25
3.1 Objetivo general	25
3.2 Objetivos específicos.....	25
4. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE	26
4.1 Mora de castilla (<i>Rubus glaucus benth</i>)	26
4.2 Métodos de conservación	29
4.3 Películas y recubrimientos comestibles.....	30
4.4 Hidroxipropil Metilcelulosa	32
4.5 Cera de abejas.....	33
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
5.1 Reactivos utilizados en la preparación de los recubrimientos comestibles.....	36
5.2 Preparación de los recubrimientos comestibles.....	36
5.3 Aplicación de los recubrimientos comestibles en mora de castilla	38
5.4 Determinación de las propiedades fisiológicas de la mora de castilla	39
5.4.1 <i>Determinación de la pérdida de peso (% PP)</i>	39
5.4.2 <i>Índice de respiración (IR)</i>	40
5.5 Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la mora de castilla	40

5.1.1	<i>Acidez titulable (AT).</i>	41
5.1.2	<i>Sólidos solubles totales (SST):</i>	42
5.1.3	<i>Determinación del pH.</i>	43
5.1.4	<i>Determinación del índice de maduración (IM).</i>	43
5.1.5	<i>Determinación de la firmeza.</i>	43
5.1.6	<i>Determinación de los parámetros de color.</i>	44
5.2	Determinación de las propiedades sensoriales de la mora de castilla	45
5.2.1	<i>Análisis sensorial.</i>	45
5.3	Determinación de la vida útil de la mora de castilla	47
5.3.1	<i>Estimación de la vida útil mediante la comparación de análisis sensorial de color y cambio de color instrumental.</i>	47
5.4	Diseño experimental	47
5.5	Análisis estadístico	48
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
6.1	Determinación de las propiedades fisiológicas de la mora de castilla	49
6.1.1	<i>Determinación de la pérdida de peso.</i>	49
6.1.2	<i>Tasa de respiración</i>	52
6.2	Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la mora de castilla	54
6.2.1	<i>Determinación del pH.</i>	54
6.2.2	<i>Acidez titulable (AT).</i>	56
6.2.3	<i>Sólidos solubles totales (SST).</i>	58
6.2.4	<i>Índice de maduración (IM).</i>	61
6.2.5	<i>Firmeza.</i>	62

6.3 Análisis Sensorial	72
6.4 Determinación de la vida útil de la mora de castilla	79
6.4.1 <i>Estimación de la vida útil mediante la comparación de análisis sensorial de color y cambio de color instrumental:</i>	79
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFIA	84
ANEXOS	98

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Requisitos de sólidos solubles totales y de acidez titulable según la tabla de color de la mora de castilla.....	27
Tabla 2. Tasas de respiración de la mora a diferentes temperaturas.....	28
Tabla 3. Composición de los recubrimientos comestibles (g/100g, base seca).	48
Tabla 4. Parámetros y orden de cinética del cambio de color y cálculo de vida útil en mora de castilla con y sin recubrimiento almacenada a 4 °C.....	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tabla de color para diferentes estados de madurez de mora de castilla según la norma técnica NTC 4106	27
Figura 2. Mora de castilla en estado de madurez 5.....	35
Figura 3. Recubrimientos comestibles con inclusión de cera de abeja y sin la inclusión de cera de abeja.	37
Figura 4. Balanza analítica. Contenedores utilizados para la aplicación de los recubrimientos comestibles en mora de castilla.....	38
Figura 5. Peso inicial	39
Figura 6. Índice de respiración (IR).....	40
Figura 7. Preparación del jugo de mora para su posterior uso en el cálculo de acidez, sólidos totales y pH.	41
Figura 8. Montaje de la acidez titulable.....	42
Figura 9. Refractómetro de mesa Brixco 3030.....	42
Figura 10. Potenciómetro Tecpel 870.....	43
Figura 11. Texturómetro LLOYD LS1.....	44
Figura 12. Espectrofotómetro Konica Minolta CM5.....	45
Figura 13. Realización pruebas sensoriales, a. Color, b. Sabor, c. Olor/Aroma y d. Textura.....	46

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Área cosechada y producción de mora en Colombia, 1992-2008.....	18
Grafica 2. Comportamiento de la pérdida de peso de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.....	50
Grafica 3. Comportamiento del índice de respiración de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.....	52
Grafica 4. Comportamiento del pH de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.	55
Grafica 5. Comportamiento de la acidez titulable de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.....	57
Grafica 6. Comportamiento de los sólidos solubles totales de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.....	59
Grafica 7. Comportamiento del índice de maduración de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.....	61

Grafica 8. Comportamiento de la firmeza de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente. 64

Grafica 9 Comportamiento del parámetro L* de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente. 65

Grafica 10. Comportamiento del parámetro a* de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente. 67

Grafica 11. Comportamiento del parámetro b* de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente. 68

Grafica 12. Comportamiento del cambio de color de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente..... 70

Grafica 13. Análisis de color en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (P>0,05). 73

Grafica 14. Análisis de olor/aroma en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (P>0,05). 74

- Grafica 15. Análisis de sabor en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0,05$). 76
- Grafica 16. Análisis de textura en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0,05$). 78
- Grafica 17. Punto de corte y determinación de vida útil según el límite de aceptabilidad por los jueces en mora de castilla sin recubrimiento almacenada a 4 °C..... 79

RESUMEN

En la actualidad la incursión de nuevas técnicas para la conservación de frutas frescas que sean económicas y de fácil acceso ha incrementado. Por esta razón, la aplicación de recubrimientos comestibles se ha convertido en una de las técnicas con mayor potencial para la conservación de frutas, por lo cual, se desarrolló un trabajo que tuvo como objetivo desarrollar un recubrimiento formulado con Hidroxipropil metilcelulosa y la inclusión de cera de abeja a diferentes concentraciones y evaluar el efecto sobre la conservación de las propiedades fisiológicas, fisicoquímicas y sensoriales de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) almacenada a temperatura de refrigeración y temperatura ambiente. La pérdida de peso, la firmeza, la acidez titulable y los parámetros de color L*, a* y b* tuvieron un comportamiento decreciente tanto para temperatura ambiente como para temperatura de refrigeración, los recubrimientos comestibles tuvieron un efecto significativo en el control de estos parámetros, además la inclusión de cera de abeja ayudó a un mayor control de las propiedades antes en mención. El índice de respiración, sólidos solubles totales, pH, índice de maduración y cambio de color, tuvieron un comportamiento creciente con el aumento del tiempo de almacenamiento tanto para la temperatura de refrigeración como para la temperatura ambiente, de igual manera, la aplicación de los recubrimientos comestibles tuvieron un efecto positivo controlando el aumento de los parámetros evaluados, se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, el incremento de 40% a 60% de cera de abejas no presentaron diferencias significativas. Por otro lado, los parámetros sensoriales como el color, el olor, el sabor y la textura evaluados en las frutas almacenadas a temperatura de refrigeración tuvieron un descenso en la aceptabilidad de los jueces, no obstante los recubrimientos tuvieron una

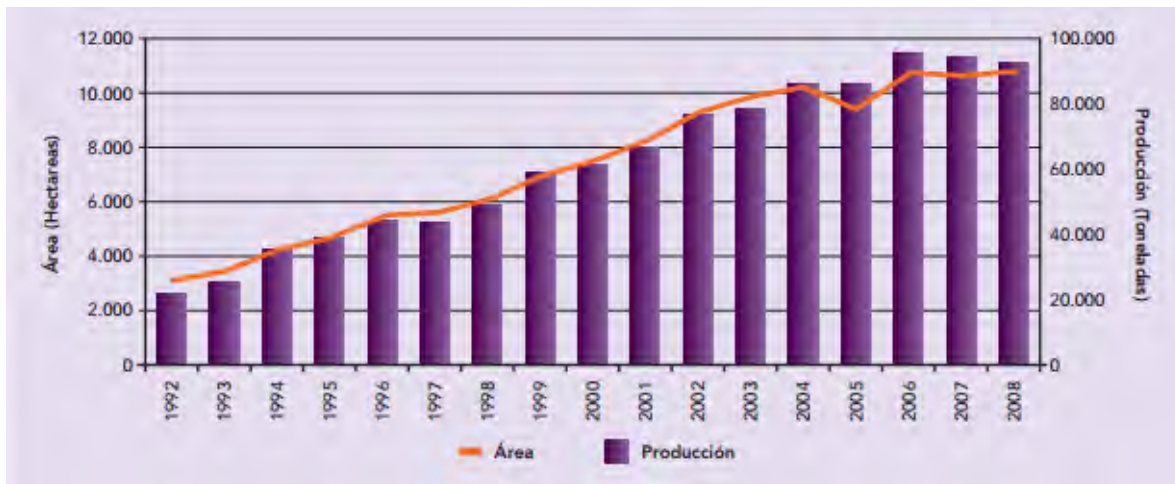
mayor aceptabilidad que el tratamiento control en los cuatro parámetros evaluados. En general, la aplicación de los recubrimientos comestibles logró extender la vida útil de la mora de castilla entre 4 a 10 días con respecto al tiempo de las frutas control.

ABSTRACT

Today the incursion of new techniques for preserving fresh fruits that are economical and readily available has increased. For this reason, the application of edible coatings has become one of the most promising techniques for the preservation of fruit, so a trabo that aimed to develop a formulation with hydroxypropyl methylcellulose coating and the inclusion of wax developed Bee at different concentrations and evaluate the effect on the conservation of physiological, physicochemical and sensory properties of the blackberry (*Rubus glaucus* Benth) stored at refrigerator temperature and room temperature. Weight loss, firmness, titratable acidity and color parameters L^* , a^* and b^* had a downward trend for both room temperature and for cooling temperature, the edible coatings had a significant effect in controlling these parameters further including beeswax helped greater control of the properties in question before. Respiration rate, total soluble solids, pH, maturation index and color change behavior had an increasing with increasing storage time for both the cooling temperature to room temperature, likewise, the application of edible coatings had a positive effect by monitoring the increase of parameters evaluated, significant differences between treatments were presented, however, increased from 40% to 60% beeswax not significantly different. On the other hand, sensory parameters such as color, smell, taste and texture evaluated in fruits stored under refrigeration had a decline in the acceptability of the judge, notwithstanding the coatings had higher acceptability than the control treatment in the four parameters evaluated. In general, the application of edible coatings able to extend the life of the arrears of Castile between 4-10 days with respect to time in control fruits.

INTRODUCCIÓN

La mora es una fruta de gran producción a nivel nacional con 93.094 toneladas para el año 2008 según el anuario de frutas y hortalizas 2004-2008 del Ministerio de Agricultura (Ramírez, 2012). La producción y el área sembrada de mora en Colombia ha tenido un comportamiento creciente según las estadísticas de Agronet (2008) Figura 1. Estadísticas del Ministerio de Agricultura y el Plan Frutícola nacional (PFN) registran para este fruto un permanente crecimiento en el área cultivada y producción, con proyecciones de incremento hasta del 94,1% en área sembrada para el 2026, equivalente a 20.631 hectáreas, comportamiento que evidencia las oportunidades del producto tanto para abastecimiento del mercado interno como para exportación (Grijalba-Rátiva, Calderón-Medellín, & Pérez-Trujillo, 2010).



Grafica 1. Área cosechada y producción de mora en Colombia, 1992-2008.

Fuente: Agronet (2008).

La mora en el Departamento de Nariño, es una fruta muy importante en el desarrollo hortofrutícola de la región, la producción para el año 2012 fue de 3.634,4 toneladas, con un

total de 1.042 unidades productoras, mientras que para el año 2013 la producción fue de 5.677,5 toneladas y las unidades productoras aumentaron a 2.399; se estima que para el año 2014 la producción de mora ascienda a 6.861,8 toneladas (Consolidado Agropecuario Nariño, 2012; 2013).

Esta fruta al ser muy perecedera tiende a deteriorarse con gran facilidad. Este deterioro puede presentarse por varios factores, entre los cuales se encuentran la pérdida de agua, contaminación por microorganismos y daños mecánicos, los que provocan pérdida de su calidad. Las pérdidas poscosecha debidas a esta problemática, equivalen al 50% de la producción, pérdidas que pueden incrementar al 60 o 70% debido a la corta vida útil de esta fruta que es de 3 a 4 días (Alcántara, 2009; Ramírez, Aristizábal, & Restrepo, 2013; Sora, Fischer, & Flórez, 2006). Dichas pérdidas no sólo indican disminución de las características físicas y de calidad de la mora, sino que también implica pérdidas económicas cercanas al 45% para los países en desarrollo, reduciendo la competitividad y restringiendo las posibilidades para el mejoramiento de las condiciones de vida de los actores de la cadena productiva y, en general de la población (García, 2012).

La prioridad para la industria de alimentos, es reducir las pérdidas agrícolas y mantener la calidad de las frutas frescas por un mayor periodo de tiempo, lo cual se logra con la implementación de diferentes métodos de conservación (Velickova, Winkelhausen, Kuzmanova, Alves, & Moldão-Martins, 2013). En la actualidad, la conservación de frutas y verduras se ha convertido en un reto para la industria alimentaria, puesto que este tipo de productos son altamente perecederos y generan muchas pérdidas, que en términos comerciales, causan pérdidas monetarias; para evitar estas pérdidas y alargar la vida útil de frutas y verduras se usa la cadena de frío, método con muchas limitantes en Colombia

debido a los altos costos de energía, lo que lleva a buscar alternativas de solución para este problema (Restrepo & Aristizábal, 2010). Para la industria de los alimentos la calidad y seguridad de los productores es primordial, es por ello que se han estudiado métodos de preservación evitando el uso de aditivos, para asegurar las características nutricionales y los parámetros sensoriales del alimento fresco sin recurrir a altos consumos de energía y sin generar impactos al medio ambiente, puesto que los tratamientos térmicos inciden directamente en la calidad de frutas, y para el caso en particular de la mora, pierde su capacidad antioxidante junto con otras propiedades nutricionales y sensoriales (Kaushik, Kaur, Rao, & Mishra, 2014; Patras, Brunton, Da Pieve, & Butler, 2009; São José, De Andrade, Ramos, Vanetti, Stringheta & Chaves, 2014).

Es así como la aplicación de nuevas tecnologías de conservación como la aplicación de recubrimientos comestibles resulta conveniente para satisfacer las necesidades del consumidor, ya que la calidad del alimento obtenido tras su procesamiento resultaría mínimamente alterada. Algunas investigaciones respaldan el uso de estas tecnologías con el fin de preservar la calidad poscosecha de frutas, dada su complementariedad con la cadena de frío (Chiumarelli & Hubinger, 2012; Del Valle, Hernández-Muñoz, Guarda, & Galotto, 2005; Vu, Hollingsworth; Leroux; Salmieri; & Lacroix, 2011; Xu, Chen, & Sun, 2001).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mora de castilla ha incrementado su producción y área sembrada en Colombia respondiendo al incremento en la demanda del sector agroindustrial así como del consumo de hogares y otros sectores conformado por restaurantes, hoteles, colegios y hospitales. Además, este fruto ha sido priorizado por el gobierno nacional convirtiéndolo en uno de los frutos más significativos para el País. Se destaca la producción y comercialización de mora fresca y pulpa de mora considerando su versatilidad en cuanto a consumo directo o transformación posterior; se destacan las exportaciones a países como Panamá, Costa Rica, España y Estados Unidos (Grijalba-Rativa et al., 2010).

Desde el punto de vista regional, la producción de mora en el departamento de Nariño ha ido en aumento debido a que esta fruta ha sido priorizada tanto por el plan estratégico en C+T+I departamental y por el plan de desarrollo “Nariño mejor 2012-2015”. Para el 2013 el departamento tuvo una producción de mora de alrededor de 4.400 toneladas (tn) con un rendimiento de 4,422tn/ha donde el municipio de Ipiales fue uno de los mayores productores. Sin embargo la agroindustria regional de mora es incipiente y posee pocos niveles de tecnificación, la transformación que los productores le dan al fruto sólo se limita a la cosecha y posterior empaque de las frutas en cajas de cartón para su posterior comercialización. Es así como la inadecuada manipulación se refleja en pérdidas cercanas al 70% del total producido (Siembra, 2014; Sora et al., 2006).

Las pérdidas económicas en la producción y comercialización de la mora, en el plano nacional y regional, obedecen al subdesarrollo del sector agroindustrial, al inadecuado manejo poscosecha y la escasa diversificación en los canales de comercialización. Los procesos fisiológicos de la fruta como la respiración y transpiración

se agravan con los factores mencionados previamente provocando pérdidas de peso, calidad sensorial y nutritiva, y contaminaciones por microorganismos afectando toda la cadena de producción y comercialización por costos de acondicionamiento, transporte, almacenamiento y distribución (Sora et al., 2006).

2. JUSTIFICACIÓN

La prioridad de las industrias de alimentos es reducir las pérdidas agrícolas y mantener la calidad de las frutas frescas por un mayor periodo de tiempo, lo cual se logra con la implementación de diferentes métodos de conservación (Velickova et al., 2013). En la actualidad la conservación de frutas y verduras se ha convertido en un reto para las industrias, debido a que el carácter biológico de dichos productos, implica una naturaleza altamente perecedera, que en términos comerciales, causan considerables pérdidas económicas. Es por eso que los investigadores han trabajado en el uso de tecnologías adecuadas para aumentar la vida útil de este tipo de productos. Dentro de las frutas de interés nacional por su potencialidad industrial se encuentra la mora, fruta caracterizada por ser una rica fuente en vitaminas y minerales que posee gran apuesta institucional para su producción, considerando su bajo costo de cultivo y manutención (Hager, Howard, & Prior, 2008; Jacques, Pertuzatti, Barcia, Zambiazzi, & Chim, 2010).

Entre los métodos de conservación comúnmente utilizados para alargar la vida útil de frutas y verduras, se encuentran tratamientos térmicos bruscos y cadenas de frío, los cuales alteran la calidad sensorial y nutricional del producto, además estas técnicas implican limitantes importantes por costos de inversión y mantenimiento (Restrepo & Aristizábal, 2010). Surge la necesidad de evaluar nuevas tecnologías que tengan en cuenta el alto grado de susceptibilidad de los frutos de mora, conservando características sensoriales y nutricionales. Entre estas nuevas tecnologías se encontró el uso de películas y recubrimientos comestibles, el cual es un sistema de procesamiento que brinda ventajas competitivas al producto a trabajar.

Las películas y recubrimientos comestibles representan un método alternativo para conservar la calidad poscosecha de frutas y verduras ya que permite aumentar la vida útil de los alimentos sin representar una amenaza para el medio ambiente considerando el uso de matrices con naturaleza biodegradable (Chiumarelli & Hubinger, 2014; Del Valle et al., 2005; Vu et al., 2011; Xu et al., 2001).

La incursión en el uso de recubrimientos comestibles ha mostrado su aptitud para aumentar la vida útil de frutas en estado fresco, por lo cual, este trabajo tiene como objetivo analizar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible formulado a partir de Hidroxi Propil Metil Celulosa con la inclusión de cera de abejas sobre las propiedades fisicoquímicas, fisiológicas y sensoriales de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible formulado a partir de Hidroxi Propil Metil Celulosa con la inclusión de cera de abejas sobre las propiedades fisicoquímicas, fisiológicas y sensoriales de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Formular un recubrimiento comestible a base de Hidroxi Propil Metil Celulosa (HPMC) con la inclusión de cera de abeja.

Evaluar el efecto del recubrimiento comestible sobre las propiedades fisicoquímicas (pH, acidez titulable, sólidos solubles totales), fisiológicos (firmeza, pérdida de peso, tasa de respiración y cambio de color) y sensoriales (sabor, olor, color y textura) de los frutos de mora de castilla.

4. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

4.1 Mora de castilla (*Rubus glaucus benth*)

La mora es una fruta no climatérica, por lo cual su madurez de cosecha deber ser igual o muy cercana a la de consumo, ya que una vez separada de la planta no sigue madurando, la madurez de la mora de castilla se aprecia visualmente por su color que varía conforme el fruto se va desarrollando, comenzando en un tono blanco verdoso pasando por rojo para finalmente llegar un color vino tinto como se plasma en la Figura 2. Es un fruto muy deseado en el mercado, es rico en minerales y vitaminas, presenta un gran futuro como producto de exportación en forma congelada y fresca, una vez que se puedan superar los problemas de transporte ya que al ser altamente perecedera requiere cuidados especiales en el proceso poscosecha. Esta fruta tienen un gran contenido de humedad (91%) lo cual la hace muy apetecida, jugosa, frágil al manejo poscosecha, y por lo tanto es un fruto vulnerable al ataque por hongos y otros microorganismos que disminuyen su vida útil (Alzate-Quintero, Mayor-Marín, & Montoya-Barreto, 2010; Antia & Torres, 1998; Reina, 1998).



Figura 1. Tabla de color para diferentes estados de madurez de mora de castilla según la norma técnica NTC 4106

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4106.

El estado de madurez de la mora se confirma por medio de la determinación de los sólidos solubles totales, acidez titulable y el índice de madurez el cual se obtiene de la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales contra el valor máximo de la acidez titulable. Se expresa como °Bx y % de ácido málico, respectivamente (Norma Técnica Colombiana, 1997). Los valores mínimos y máximos de los sólidos solubles totales y los valores de la acidez titulable de acuerdo con la tabla de color se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.

Requisitos de sólidos solubles totales y de acidez titulable según la tabla de color de la mora de castilla

Parámetro	Color	0	1	2	3	4	5	6
°Bx	Mínimo	5,4	5,7	5,9	6,3	6,7	7,2	7,7
	Máximo	5,7	6,1	6,4	6,9	7,3	7,9	8,5
% Acido málico		3,3	3,4	3,5	3,4	3,1	2,8	2,5

Fuente: NTC 4106, 1997.

La vida útil de la mora es muy corta, está entre los 3 a 5 días, razón por la cual la cosecha y el manejo deben ser muy cuidadosos y eficientes. Las pérdidas son muy altas, alrededor de 70%, cuando el manejo no se hace adecuadamente. La fruta se debe almacenar entre 0 a 1 °C, con humedad relativa de 90 a 95% y por un periodo de 4 días, para evitar la deshidratación de los frutos y ofrecer un producto de calidad (Sora et al., 2006).

Las condiciones óptimas de almacenamiento de las moras para ser conservadas de 2 a 14 días son de una temperatura entre -0,5 a 0 °C y una humedad relativa mayor del 90%. El crecimiento del hongo *Botrytis cinérea* puede ser estimulado sobre la mora por la presencia de etileno. La producción de etileno por parte de la mora es ampliamente variable, desde pequeñas cantidades (0,1 $\mu\text{L} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) a altas cantidades (2 $\mu\text{L} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) (Perkins-Veazie, 2004).

La respiración tiene implicaciones en la velocidad de la maduración, en los cambios de calidad y en la duración o conservación de los productos. Cuando las tasas de respiración son altas, los productos tienden a envejecer rápidamente (Antia & Torres, 1998). La tasa de respiración de la mora varía de acuerdo a las temperaturas de almacenamiento, como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2.

Tasas de respiración de la mora a diferentes temperaturas.

Temperatura °C	0	4 a 5	10	15 a 16	20
$\text{mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	18 a 20	31 a 41	62	75	100 a 130

Fuente: Perkins-Veazie, 2004.

En este fruto se han utilizado distintos métodos de conservación con el fin de aumentar su vida útil, esos métodos van desde tecnologías básicas como la aplicación de frío en refrigeración, congelación tradicional o congelación rápida, hasta tecnologías de alta gama como las atmósferas modificadas e irradiaciones que han sido bastante estudiadas. El almacenamiento de frío retrasa procesos fisiológicos como la respiración y la producción de calor vital, lo que lleva a una reducción de las pérdidas de aroma, sabor, color, textura y calidad de otros atributos. Sin embargo la congelación tiene la desventaja de ser un método con alto consumo de energía, además, la mora pierde rigidez y sus características sensoriales debido a la pérdida de agua retenida entre las células, que se origina al momento de descongelar la fruta (Badui-Dergal, 1999; Filgueiras, Chitarra, & Chitarra, 1996; Soliva-Fortuny & Martín-Belloso).

Por otro lado, para evitar los altos costos de estas tecnologías se ha tratado de utilizar la tecnología de los recubrimientos comestibles en este tipo de frutos. Los estudios de aplicación de esta tecnología en mora son muy pocos, entre los cuales se puede encontrar la aplicación de un recubrimiento comestible de alginato de sodio e iones de calcio, en donde se obtuvo que las moras tienen menos pérdidas de peso y acidez, también se encontró la aplicación de un recubrimiento de gel de mucílago de penca de sábila, el cual ayudó a la mora a tener menos pérdidas de color y mantener la firmeza de los frutos por un tiempo mayor a los 5 días (Ayala, Valenzuela, & Bohórquez, 2012; Ramírez et al., 2013).

4.2 Métodos de conservación

En la conservación de frutas y verduras, se han llevado a cabo muchas tecnologías poscosecha con el fin de aumentar su vida útil. Entre los métodos de conservación más comunes están la aplicación de frío que se realiza en cámaras frigoríficas, esta tecnología

tiene diversas aplicaciones como el pre enfriamiento, la refrigeración por aire forzado entre otros; otro método muy utilizado es la tecnología de atmósferas modificadas y/o controladas la cual consiste en aumentar la concentración de CO₂ y disminuir los niveles de O₂, para la conservación de frutas y verduras también se puede aplicar altas temperaturas.

Las tecnologías combinadas o también conocidas como tecnologías de barreras para la conservación de frutas y hortalizas no requieren el uso de equipos, materiales y procedimientos sofisticados y son relativamente simples comparadas a las tecnologías tradicionales de alto costo y no siempre disponibles o accesibles a los productores rurales.

Las tecnologías combinadas pueden ser vistas como tecnologías de conservación intermedia que permiten la reutilización posterior de frutas y verduras semi-procesadas por métodos de procesamiento convencionales para producir jugos, mermeladas, dulces, néctares entre otros productos (Alzamora, Guerrero, Nieto, & Vidales, 2004).

Estas técnicas de conservación, independientes de la cadena de frío, no requieren de equipos sofisticados, son adecuadas para el procesamiento de cosecha, conservan la materia prima fresca y obtienen materiales procesados con atributos organolépticos y alimentarios de buena calidad (Alzamora et al., 2004).

4.3 Películas y recubrimientos comestibles

Las películas y recubrimientos comestibles tienen grandes beneficios en los alimentos ya que actúan como una barrera semipermeable eficaz para el control de los gases presentes en la respiración y el vapor de agua. Y pueden crear una atmósfera modificada capaz de retrasar la senescencia del alimento. Además, estas pueden interactuar directamente con el alimento teniendo la facilidad de modificar sus propiedades. Por otro lado, no solamente beneficia los alimentos, sino que también es una tecnología benéfica

para el medio ambiente debido a que su obtención es a partir de sustancias vegetales, que tienen una naturaleza biodegradable (Ayranci & Tunc, 1997; Del Valle et al., 2005; Gol, Patel & Rao, 2013; Han, Zhao, Leonard & Traber, 2004; Saucedo-Pompa, Rojas-Molina, Aguilera-Carbó, Saenz-Galindo, De La Garza, Jasso-Cantú & Aguilar, 2009; Tanada-Palmu & Grosso, 2005).

Adicional a lo anterior, las películas y recubrimientos comestibles tienen la capacidad de servir como un transporte de agentes antimicrobianos, con el fin de proteger al alimento de contaminaciones fúngicas. También, sirven como transporte de agentes capaces de modificar la capacidad nutricional del alimento, como vitaminas, minerales, entre otros agentes. Cabe resaltar, que en la formulación de estos materiales puede usarse plastificantes y emulsificantes de distinta naturaleza química con el fin de mejorar las propiedades de las películas y recubrimientos comestibles (Del Valle et al., 2005; Fagundes, Pérez-Gago, Monteiro, & Palou, 2013; Gol et al., 2013; Oussalah, Caillet, Salmiéri, Saucier, & Lacroix, 2004; Saavedra & Algecira, 2010; Seydim & Sarikus, 2006; Tanada-Palmu & Grosso, 2005; Tharanathan, 2003).

Haciendo un análisis más profundo sobre las propiedades que ejercen las películas y recubrimientos comestibles en frutas y verduras y conociendo la fuente de origen para su formulación, algunos autores hacen énfasis en que aquellas películas y recubrimientos formulados a partir de proteínas y polisacáridos tienen propiedades mecánicas y de barrera de gases, pero muestran permeabilidad a la humedad, mientras que aquellos materiales formulados con lípidos presentan buenas propiedades de barrera contra la humedad debido a su naturaleza hidrofóbica, pero muestran una pobre resistencia mecánica generando recubrimientos quebradizos. Es por eso que los investigadores trabajan en formulación de

películas y recubrimientos comestibles con materiales compuestos, mediante la combinación de diferentes materias primas con el fin de mejorar la funcionalidad del material (Del Valle et al., 2005; Galus & Lenart, 2013; Saavedra & Algecira, 2010; Tanada-Palmu & Grosso, 2005)

4.4 Hidroxipropil Metilcelulosa

La Hidroxi Propil Metil Celulosa (HPMC) es un hidrocoloide y es un polímero soluble en agua, derivado del éter de celulosa, y es muy utilizado en la industria alimentaria entre las que se encuentran la industria panadera, bebidas, confitería, alimentos para mascotas, aderezos para ensaladas, sopas, y productos farmacéuticos (Osorio, Molina, Matiacevich, Enrione, & Skurtys, 2011; Sothornovit, 2009).

La HPMC al ser un polisacárido tiende a formar recubrimientos de buena calidad, con excelentes propiedades mecánicas, y estructurales; pero debido a la naturaleza hidrofílica los recubrimientos que éste forma tienen una baja barrera al vapor de agua. Adicional a esto, la HPMC produce películas o recubrimientos flexibles, inodoros, insípidos, solubles en agua y además con una resistencia a los aceites y grasas, presentando barreras al oxígeno y aromas (Ayranci & Tunc, 1997; Falguera, Quintero, Jiménez, Muñoz, & Ibarz, 2011; Greener-Donhowe & Fennema, 1986; Miller & Krochta, 1997; Romero-Bastidas, Martin-Polo, Velázquez, & Torres, 2004; Zúñiga, Skurtys, Osorio, Aguilera, & Pedreschi, 2012).

Algunos investigadores mostraron que los recubrimientos formulados a base de Hidroxipropil metilcelulosa ayudan a preservar la ciruela (Navarro-Tarazaga, Massa, & Pérez-Gago, 2011; Pérez-Gago, Rojas, & Del Río, 2003), por otro lado, encontraron que los recubrimientos formulados con este material logró aumentar la vida útil de tomate cherry,

además de proteger al fruto de contaminaciones fúngicas como el *Botrytis Cinerea* y *Alternaria alternata* (Fagundes et al., 2013). Recubrimientos formulados con hidroxipropil metilcelulosa y la adición de menta tuvo efecto sobre las propiedades fisicoquímicas de la fresa preservando el fruto por un mayor tiempo de conservación (Vu, Hollingsworth, Salmieri, Takala, & Lacroix, 2012). Este recubrimiento también fue aplicado en mandarinas donde se obtuvo un mayor periodo de conservación del fruto (Navarro-Tarazaga, Del Río, Krochta, & Pérez-Gago, 2008).

Hasta el momento no se han reportado estudios sobre la aplicación de este recubrimiento en la mora de castilla.

4.5 Cera de abejas

Las ceras son ésteres de cadena larga de ácidos grasos con un alcohol de cadena larga. Son más resistentes al agua que la mayoría de los lípidos-. Las ceras naturales empleadas actualmente son la cera de candelilla, cera de carnauba, cera de salvado de arroz y cera de abejas (Baldwin, 2007). La cera de abejas es un producto graso obtenido de las colmenas, que se ha utilizado tradicionalmente para fabricar velas, como recubrimiento impermeabilizante para la madera y el cuero y para el refuerzo de hilos, como agente moldeable en joyería, tablillas de escritura, esculturas y similares, y como espesante. En cuanto a su calidad, toma su valor a partir de su pureza y color. La de color claro tiene mayor valor que la de color oscuro porque esta última, por su color, puede haber sido contaminada o sobre climatizada. Se pueden identificar otros compuestos que no son propios de la cera de abeja, lo cual indicaría que se pudo presentar alguna mezcla con otros productos similares, haciendo que su pureza y el funcionamiento de ésta cambien (Gómez, 2002).

Puede ser aplicada por inmersión, pulverización, formación de espuma o por cepillado. La formación de espuma es el mejor método de aplicación ya que deja una capa muy delgada de cera en la fruta. Si se aplica una capa más gruesa de cera a la superficie de la fruta, se convierte en una barrera indeseable entre la atmósfera externa y la interna, debido a que restringe el intercambio de gases respiratorios. Esto puede resultar en la respiración anaeróbica, dando como resultado la fermentación y el desarrollo de un sabor desagradable. Por lo tanto, es necesario ajustar el espesor de la capa de cera de acuerdo con la variedad y temperaturas de almacenamiento y comercialización (Thirupathi, Sasikala, & Kennedy, 2006).

En estudios realizados, el recubrimiento formado a partir de cera de abeja y aplicado en manzanas, bananos, mangos y uvas, mejora el aspecto al adicionarle brillo a la superficie de la fruta, reduce la pérdida de peso y la fruta se mantiene más firme, reduce las tasas de respiración y producción de etileno, retrasando la senescencia (Thirupathi). También han mostrado que la inclusión de cera de abeja en una película comestible formulada con HPMC o con proteína de suero, puede o no generar cambios en las propiedades mecánicas (tensión y elongación), en la permeabilidad al vapor de agua (disminuyéndola) y en la permeabilidad al oxígeno (aumentándola) (Navarro-Tarazaga et al., 2011; Soazo, Rubiolo, & Verdini, 2011).

Al igual que la Hidroxi Propil Metil Celulosa, la Cera de Abeja no ha sido reportada como recubrimiento comestible para la conservación de mora.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Investigación en “Conservación y Calidad de Alimentos” y la “Planta Piloto” de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Nariño.

Se trabajó con mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) provenientes del Corregimiento del Encano vereda San José “Finca las Palmas” Pasto-Nariño. Las moras fueron clasificadas en un tamaño uniforme, sin daños mecánicos y contaminación por microorganismos, en grado de madurez 5 tal como lo estipula la Norma Técnica Colombiana NTC 4106; las frutas se sometieron a un lavado, seguido de una desinfección con agua clorada (0,25 g/L), posteriormente se realizó un segundo lavado para retirar el exceso de hipoclorito en la mora. Finalmente las frutas fueron almacenadas a temperatura de refrigeración (García, Martino, & Zaritzky, 1998a, 1998b).



Figura 2. Mora de castilla en estado de madurez 5.

Fuente: Esta investigación.

5.1 Reactivos utilizados en la preparación de los recubrimientos comestibles

Se utilizó como matriz principal Hidroxipropil metilcelulosa (HPMC), Cera de abejas (CA) de grado alimentario como base lipídica, se usó Glicerol (G), Acido esteárico (AE) y Tween 80 (T) como plastificante, emulsificante y agente humectante y adherente respectivamente.

5.2 Preparación de los recubrimientos comestibles

Para la preparación de los recubrimientos comestibles se elaboró inicialmente una solución acuosa de HPMC. La concentración de esta solución fue igual para todos los recubrimientos formulados, la solución fue de 5 g/100 g (p/p) (Navarro-Tarazaga et al., 2011). Para todas las formulaciones se empleó el mismo procedimiento de preparación, que incluyó una primera etapa hay una dispersión de la HPMC en agua caliente a temperaturas entre 80-90 °C, y una segunda etapa que consistió en una hidratación del producto con agua a una temperatura inferior a 30 °C con agitación continua. Luego, se realizó la adición de los demás ingredientes a la formulación tales como CA, G, AE y T.



Figura 3. Recubrimientos comestibles con inclusión de cera de abeja y sin la inclusión de cera de abeja.

Fuente: Esta Investigación.

La mezcla con todos los ingredientes se calentó a 90 °C para lograr la difusión de la CA y se homogeneizó con un Homogeneizador análogo D160 durante 1 minuto a 13.000 revoluciones por minuto (rpm) seguido de 3 minutos a 22.000 rpm. Posteriormente, las formulaciones se enfriaron por debajo de 30 °C para hidratar la HPMC. Las emulsiones se almacenaron a temperatura de refrigeración durante un tiempo máximo de 2 días para su posterior aplicación en la fruta (Fagundes, Palou, Monteiro, & Pérez-Gago, 2014; Navarro-Tarazaga et al., 2011).

5.3 Aplicación de los recubrimientos comestibles en mora de castilla

Se formularon 4 recubrimientos con distintos contenidos de CA 0, 20, 40, y 60 g/100 g (bs), los cuales tuvieron una relación HPMC: G de 2:1 y CA: AE de 3:1 y se mantuvieron constantes para los recubrimientos formulados. La mora de castilla se repartió en 5 lotes homogéneos: 4 para la aplicación de los recubrimientos y 1 para el control. La aplicación se realizó por inmersión del fruto usando contenedores metálicos durante 30 s y su exceso se eliminó por escurrido (Navarro-Tarazaga et al., 2011; Ramírez et al., 2013).



Figura 4. Balanza analítica. Contenedores utilizados para la aplicación de los recubrimientos comestibles en mora de castilla

Fuente: Esta investigación.

Los frutos se secaron en una incubadora Gemma in-601 digital durante 3 minutos y se almacenaron en cajas termoformadas durante 15 días a 4 °C y 5 días a temperatura ambiente para su posterior análisis.

5.4 Determinación de las propiedades fisiológicas de la mora de castilla

5.4.1 Determinación de la pérdida de peso (% PP).

La pérdida de peso se determinó por gravimetría mediante la diferencia de pesos. Se tomó el peso inicial de los frutos al día 0 y luego se tomaron los pesos durante los demás días de evaluación (Ramírez et al., 2013). Los resultados se expresaron como % de pérdida de peso y se calculó con la siguiente formula.

$$\% PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad (1)$$

Donde P_i es el peso inicial de las muestras y P_f es el peso tomado en los días de evaluación.



Figura 5. Peso inicial

Fuente: Esta investigación

5.4.2 Índice de respiración (IR)

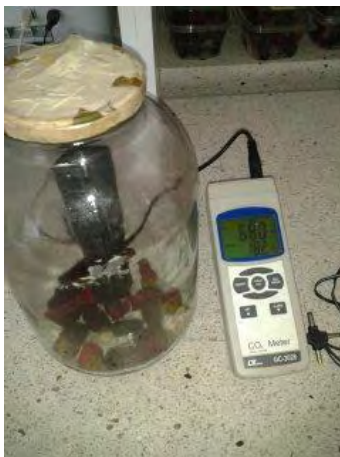


Figura 6. Índice de respiración (IR)

Fuente: Esta investigación.

Para determinar el IR se utilizaron 20 frutas de mora las cuales se colocaron en un recipiente hermético por un periodo de 1 hora (Ramirez, 2012). El IR se determinó con un respirómetro Lutron GC-2029 CO₂, los resultados fueron expresados en mg de CO₂*Kg⁻¹*h⁻¹ y calculados con la siguiente ecuación.

$$IR = \frac{1,8(CO_2f - CO_2i) * 0,001 * V}{m * t} \quad (2)$$

Donde V es el volumen del recipiente (L), m es el peso de la muestra (Kg) y t es el tiempo de evaluación (h).

5.5 Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la mora de castilla

Se licuó la fruta hasta que esté completamente homogeneizada, luego se tamizó para separar las semillas del jugo. El filtrado se utilizó para la determinación de la acidez titulable, sólidos solubles totales y pH.



Figura 7. Preparación del jugo de mora para su posterior uso en el cálculo de acidez, sólidos totales y pH.

Fuente: Esta investigación.

5.1.1 Acidez titulable (AT).

La acidez se determinó por titulación potenciométrica hasta alcanzar un pH de 8,2 (punto de viraje de la fenolftaleína), los resultados se expresaron como % de ácido málico (Joo, Lewandowski, Auras, Harte, & Almenar, 2011) y se calculó con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ ácido málico} = \frac{V_1 * N}{V_2} * k * 100 \quad (3)$$

Donde V_1 es el volumen de NaOH consumido (mL), V_2 es el volumen de la muestra (mL), k es el peso equivalente del ácido málico (0,067 g/meq) y N es la normalidad del NaOH.



Figura 8. Montaje de la acidez titulable

Fuente: Esta investigación.

5.1.2 Sólidos solubles totales (SST):



Figura 9. Refractómetro de mesa Brixco 3030.

Fuente: Esta investigación.

Los SST se determinó en el jugo de mora utilizando un refractómetro de mesa Brixco 3030L a concentración de SST se expresaron en grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$). Se realizó una corrección utilizando la siguiente ecuación (Norma Técnica Colombiana, 1997).

$$SST_{cor} = 0,194 * A + SST \quad (4)$$

Donde A es el porcentaje de ácido málico.

5.1.3 Determinación del pH.

El pH se determinó pesando 10 g de jugo de mora el cual se homogenizó en 100 mL de agua destilada a 20 °C, se utilizó un pH-metro Tecpel 870 previamente calibrado (Reina, 1998).



Figura 10. Potenciómetro Tecpel 870.

Fuente: Esta investigación.

5.1.4 Determinación del índice de maduración (IM).

El IM se calculó con la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable (Joo et al., 2011).

$$IM = \frac{SST}{AT} \quad (5)$$

5.1.5 Determinación de la firmeza.

Para determinar la firmeza de los frutos de mora se utilizó un Texturómetro LLOYD LS1 y el software NEXYGEN PLUS 3.0. Se trabajó con una sonda de acero inoxidable de punta plana con un diámetro de 5 mm, una velocidad de 2 mm/s y una penetración de hasta 10 mm de profundidad (Ramírez et al., 2013). Los resultados se expresaron en g_f.



Figura 11. Texturómetro LLOYD LS1.

Fuente: Esta investigación.

5.1.6 Determinación de los parámetros de color.

La medición de color se realizó sobre el epicarpio de la zona ecuatorial del fruto tomando tres lecturas en diferentes puntos, se utilizó un Espectrofotómetro Konica Minolta CM5, con iluminante D65 y un observador 10° como sistema de referencia. Se obtuvieron las coordenadas de color L^* (luminosidad), a^* (- cromaticidad en el eje verde + cromaticidad en el eje rojo) y b^* (- cromaticidad en el eje azul + cromaticidad en el eje amarillo). Con estas coordenadas se determinó el cambio de color utilizando la siguiente ecuación.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (6)$$

Donde ΔL , Δa y Δb representan las diferencias entre las coordenadas de color de los frutos recubiertos y de los frutos control (Ramírez, 2012).



Figura 12. Espectrofotómetro Konica Minolta CM5.

Fuente: Esta investigación.

5.2 Determinación de las propiedades sensoriales de la mora de castilla

5.2.1 Análisis sensorial.

La evaluación sensorial se efectuó diariamente durante el periodo de almacenamiento, seleccionando frutas de cada uno de los tratamientos. Se efectuaron las pruebas de color, olor, sabor y textura.

Para calificar los parámetros mencionados se utilizó una escala de grado de satisfacción, donde 1 = me disgusta muchísimo, 2 = me disgusta mucho, 3 = me disgusta moderadamente, 4 = me disgusta ligeramente, 5 = ni me gusta ni me disgusta, 6 = me gusta ligeramente, 7 = me gusta moderadamente, 8 = me gusta mucho y 9 = me gusta muchísimo. Se trabajó con un panel tipo consumidor sin entrenar con un total de 30 jueces.



Figura 13. Realización pruebas sensoriales, a. Color, b. Sabor, c. Olor/Aroma y d.

Textura.

Fuente: Esta investigación.

5.3 Determinación de la vida útil de la mora de castilla

5.3.1 Estimación de la vida útil mediante la comparación de análisis sensorial de color y cambio de color instrumental.

Se determinó el punto de corte en el parámetro de color sensorial del tratamiento control evaluado durante el tiempo de almacenamiento para determinar el tiempo de vida según los jueces. Posteriormente se calculó el cambio de color determinado en el tiempo de almacenamiento con la siguiente ecuación (Manresa & Vicente, 2007).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta C)^2 + (\Delta H)^2} \quad (7)$$

Donde ΔL es la variación de la luminosidad, ΔC la variación de la cromaticidad y ΔH es la variación de la tonalidad. Luego, se determinó el orden de la reacción del cambio de color y se realizó el cálculo de la cinética del cambio de color en los diferentes tratamientos evaluados. El cálculo de vida útil se realizó por intervalos de tiempo.

5.4 Diseño experimental

Se trabajó con un diseño multifactorial categórico con dos factores, los cuales fueron temperatura que a su vez tuvo dos niveles temperatura ambiente y temperatura de refrigeración, y recubrimientos el cual tuvo cinco niveles (como se observa en la tabla 3.)

Tabla 3.

Composición de los recubrimientos comestibles (g/100g, base seca).

Tratamiento	Formulación	HPMC	CA	G	AE
T₁	Hpmc	66,7	0	33,3	0
T₂	Hpmc-Ca1	50,7	20	25,3	4
T₃	Hpmc-Ca2	34,7	40	17,3	8
T₄	Hpmc-Ca3	18,7	60	9,3	12
T₅	Control	0	0	0	0

Fuente: Esta investigación.

5.5 Análisis estadístico

Para analizar los datos obtenidos en las diferentes prueba realizadas en las frutas de mora de castilla se utilizó un análisis de varianza para determinar los efectos significativos ($p < 0,05$) y el método LSD (mínimas diferencias significativas) como método de comparaciones múltiples, con un nivel de confianza del 95%, se trabajó con el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI.II. Todas las gráficas fueron realizadas con la ayuda del programa Sigma Plot 10.0.

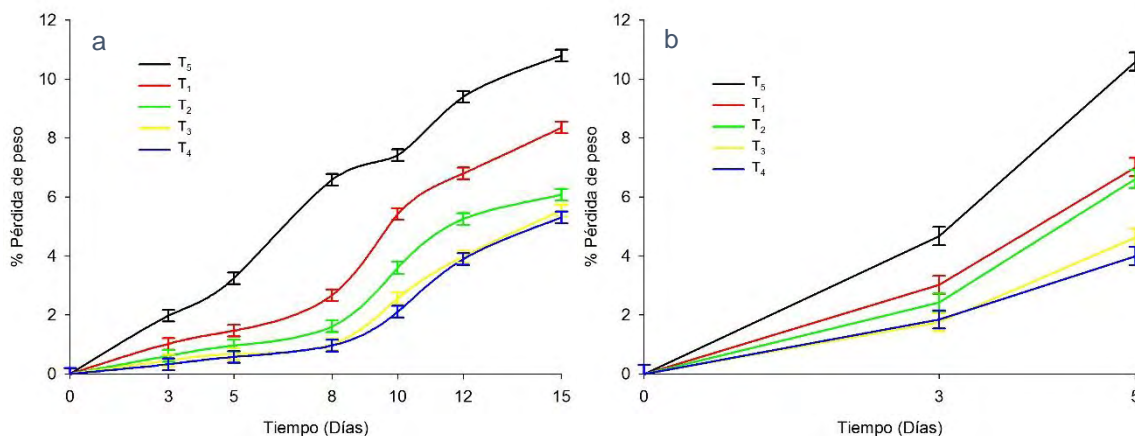
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cabe resaltar, que los tratamientos almacenados a temperatura ambiente tenían una proyección a un periodo de 15 días, sin embargo, se observó un deterioro extremo y presencia de hongo a partir del día 7 de almacenamiento, lo que llevó a tomar la decisión de almacenar los tratamientos durante un periodo de 5 días a temperatura ambiente.

6.1 Determinación de las propiedades fisiológicas de la mora de castilla

6.1.1 Determinación de la pérdida de peso.

El incremento de la pérdida de peso en mora de castilla con recubrimiento y sin recubrimiento durante un periodo de 15 días de almacenamiento a 4 °C se muestra en la Figura 15a, se observó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las moras tratadas con los recubrimientos y las moras control a partir del día 3 de almacenamiento. A partir del día 8 de almacenamiento se encontró diferencias entre las moras recubiertas con las distintas formulaciones planteadas.



Gráfica 2. Comportamiento de la pérdida de peso de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

Fuente: Esta investigación.

Por otro lado, al finalizar el periodo de almacenamiento existe diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos excepto entre las moras recubiertas con HPMC y 40% de CA y HPMC y 60% CA, además entre estos tratamientos solo hubo diferencias con un valor de $P < 0,05$ en el día 10 de almacenamiento, por lo tanto, la pérdida de peso disminuye cuando hay un incremento de CA de 20% a 40%, sin embargo, cuando la concentración de CA aumenta de 40% a 60% la pérdida de peso no presenta diferencias significativas como se observa en la figura 19a, debido a que la permeabilidad al vapor de agua es similar a concentraciones superiores al 40%. Esta tendencia también se encontró en ciruelas recubiertas con HPMC y la inclusión de diferentes concentraciones de CA (Navarro-Tarazaga et al., 2011).

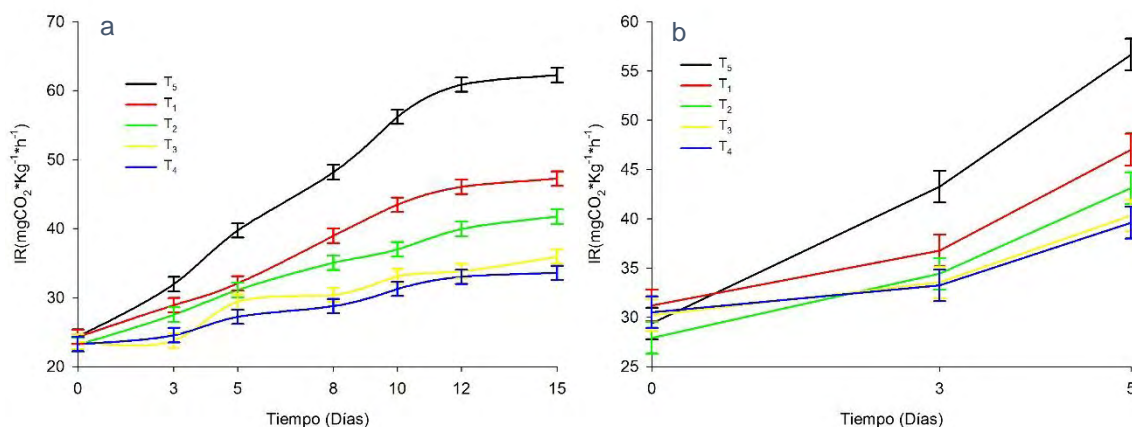
En la Figura 15b., se muestra el incremento de la pérdida de peso en moras de castilla con recubrimiento y moras de castilla sin recubrir almacenadas a temperatura ambiente durante 5 días. Se observó que las frutas tratadas con los diferentes recubrimientos formulados redujeron la pérdida de peso con respecto al tratamiento control presentado diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre sí, de igual forma como ocurrió en las moras almacenadas a temperatura ambiente a medida que la concentración de CA aumentó en la formulación la pérdida de peso tuvo una reducción, sin embargo entre los tratamientos con 0% y 20% de CA no se presentaron diferencias ($P > 0,05$) como se observa en la Figura 15b. En general, entre el factor temperatura si se presentaron diferencias significativas comparando los primeros 5 días de almacenamiento para las dos temperaturas, indicando que la efectividad de los recubrimientos formulados aumenta con la reducción de la temperatura.

La pérdida de peso se presenta por la difusión del vapor de agua impulsado por un gradiente de presión de vapor de agua aumentando los procesos fisiológicos que se llevan a cabo durante la maduración de la mora (Joo et al., 2011; Yaman & Bayoındırlı, 2002). La aplicación de los recubrimientos formulados a base de HPMC y CA acompañado de un almacenamiento a 4 °C resultó eficiente para la reducción de pérdida de peso en mora de castilla, debido a que estos compuestos generan una barrera al vapor de agua disminuyendo la tasa de transferencia de masa (Yaman & Bayoındırlı, 2002). Además, la barrera que se creó por la aplicación de los diferentes recubrimientos, también puede reducir el proceso de respiración evitando la pérdida de un átomo de carbono que se consume en este proceso (Labuza, 1984; Pan & Bhowmilk, 1992). Los resultados presentados en esta investigación son similares a los presentados en moras recubiertas con mucílago de penca, las cuales

lograron reducir la pérdida de peso con respecto a las moras sin recubrimiento (Ramírez et al., 2013). Otros autores indican una reducción de pérdida de peso en ciruelas, tomates y naranjas recubiertas con hidroxipropil metil celulosa y bases lipídicas tales como cera de abeja y goma laca (Fagundes et al., 2014; Navarro-Tarazaga et al., 2011; Valencia-Chamorro, Pérez-Gago, Del Río, & Palou, 2009).

6.1.2 Tasa de respiración

La mora de castilla tratada con recubrimientos comestibles y el tratamiento control presentaron un incremento en el índice de respiración a medida que el tiempo de almacenamiento a 4 °C transcurrió tal como se observa en la Figura 16a.



Grafica 3. Comportamiento del índice de respiración de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

Fuente: Esta investigación.

Los resultados mostraron que hay diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos evaluados, estas diferencias se encontraron a partir del día 3, donde se observó un mayor incremento en las frutas control con un IR de $31,95 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ con respecto a las moras recubiertas con las distintas formulaciones donde el IR osciló entre $28,89 - 24,55 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Por otro lado, a medida que incrementa la concentración de CA el índice de respiración se reduce con el pasar del tiempo como se indica en la Figura 16a, presentando diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$), sin embargo, entre los tratamientos con HPMC y HPMC con 20% de CA a partir del día 8 se observó este comportamiento, por otro lado, entre los tratamientos con HPMC con 40% y 60% no se encontró diferencias ($P > 0,05$) excepto en los días 5 y 15 de almacenamiento.

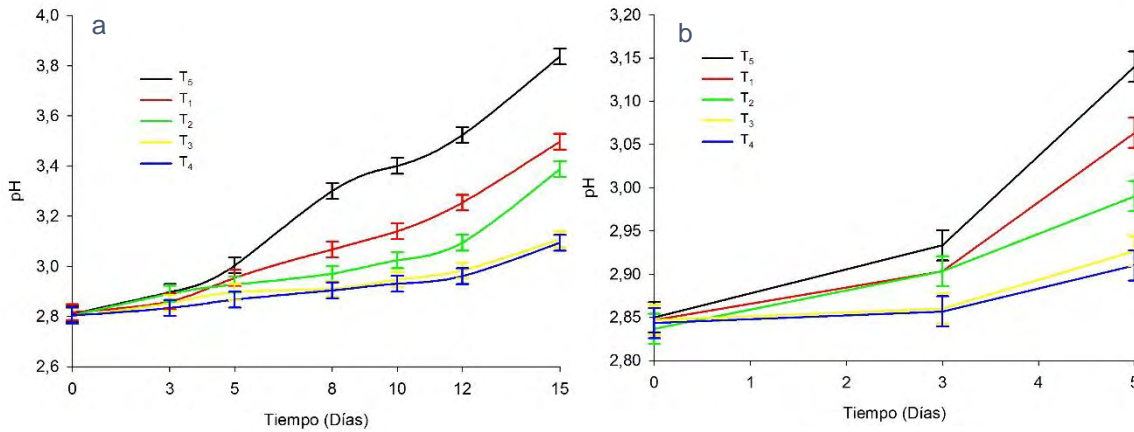
Con respecto a los tratamientos almacenados a temperatura ambiente se observó la misma tendencia presentada por los resultados obtenidos en los tratamientos almacenados a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ tal como lo indica la figura 16b. Además, los resultados mostraron diferencias significativas entre el tratamiento control y los tratamientos con recubrimientos comestibles a partir del día 3 de almacenamiento, al finalizar los 5 días de almacenamiento se evidenció una disminución del índice de respiración presentando diferencias entre los tratamientos con los recubrimientos excepto entre los tratamientos con 40% y 60% de CA. Comparando los tratamientos almacenados a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ y los tratamientos almacenados a temperatura ambiente se encontró un incremento del índice de respiración, sin embargo, hay diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre las temperaturas con IR medios oscilantes entre $39,6 - 56,67 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ y $27,22 - 39,73 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. La reducción del IR se debe posiblemente a la adición de CA, que al ser una base lipídica reduce el intercambio gaseoso, formando una barrera estable al O_2 y al CO_2 , por otro lado, el uso de glicerol

también ayuda a la disminución del intercambio gaseoso que realiza la mora modificando la atmosfera interna que se forma (Hong & Krochta, 2006; Miller & Krochta, 1997; Restrepo & Aristizábal, 2010; Ribeiro, Vicente, Teixeira, & Miranda, 2007). La tendencia a reducir el IR en la fruta también se reportó en mora y fresa recubiertas con mucílago de Aloe Vera (Ramírez et al., 2013; Restrepo & Aristizábal, 2010).

6.2 Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la mora de castilla

6.2.1 Determinación del pH.

Los valores de pH tuvieron un incremento a medida que el tiempo de almacenamiento a 4 °C aumenta en mora de castilla tratada con recubrimiento y mora de castilla sin recubrir tal como se muestra en la Figura 17a, se encontró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) a partir del día 5 entre las moras con recubrimiento y las moras control. En el día 8 de almacenamiento a 4 °C se presentaron diferencias con un nivel de confianza del 95 % entre los recubrimientos con inclusión de CA y sin inclusión de CA con valores entre 2,90 – 3,07. La inclusión de CA a diferentes de concentraciones tuvo un efecto significativo con respecto al tratamiento control y al recubrimiento sin inclusión de CA, el paso de una concentración de 20% a 40% de CA disminuye los valores de pH presentando diferencias significativas con valores de $P < 0,05$, pero un paso de concentración de 40% a 60% no presenta diferencias significativas presentando valores finales de 3,11 y 3,09 respectivamente.



Grafica 4. Comportamiento del pH de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

Fuente: Esta investigación.

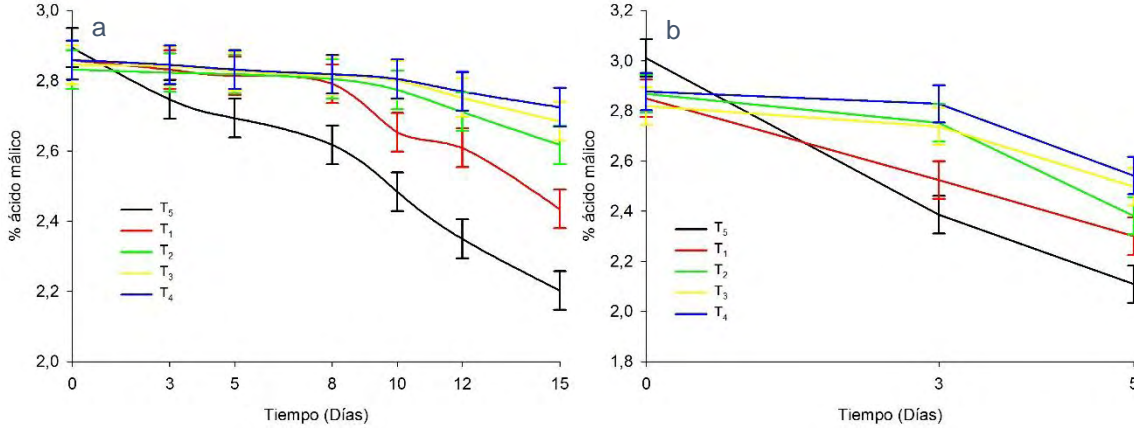
En la Figura 17b, se muestran los valores de pH que se presentaron en mora de castilla tratadas con recubrimiento y moras sin recubrir almacenadas a temperatura ambiente. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los factores evaluados a partir del día 3 de almacenamiento, los valores de pH desde el día 0 al día 5 de almacenamiento oscilaron entre 2,84 y 3,14. Como sucedió en los tratamientos almacenados a 4 °C la inclusión de CA generó diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos evaluados, sin embargo el incremento de la concentración de CA presento diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% cuando la concentración pasó de 20% a 40%, mientras que el paso de 40% a 60% no presentó diferencias. Este posible incremento en el pH puede atribuirse a la unión de fragmentos de pectina libres en la pared celular con los polifenoles durante los procesos de maduración de

la mora (Joo et al., 2011), otros atribuyen el incremento a los procesos de senescencia de la fruta (González Cabrera, 2010). Autores evidencian en sus investigaciones un control en el incremento del pH en frutas como mora de castilla recubierta con mucilago de penca (Ramírez et al., 2013), tomate recubierto con hidroxipropil metilcelulosa y cera de abejas (Fagundes et al., 2014).

6.2.2 Acidez titulable (AT).

En la Figura 18a, se observa la reducción progresiva de la acidez a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento a 4 °C en mora tratada con recubrimiento y en mora sin recubrimiento. El tratamiento testigo tuvo un descenso de la acidez muy prolongado durante los días de evaluación presentando diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% con respecto a las moras tratadas con los distintos recubrimientos comestibles. Por otro lado, la acidez de la mora tratada con los recubrimientos tuvo una reducción mínima hasta el día 8 de almacenamiento a 4 °C, con valores medios que oscilaron entre 2,69 – 2,83 % de ácido málico, sin embargo, las frutas del tratamiento con HPMC tuvieron un descenso significativo a partir de este día. El incremento de la concentración de CA en los recubrimientos comestibles no tuvo diferencias marcadas en el control de la acidez sino hasta el día 15 donde se presentaron diferencias ($P < 0,05$) cuando la CA incrementa de 20 a 40% obteniéndose como valores medios 2,62 y 2,68 % de ácido málico; cabe resaltar que entre los tratamientos con concentraciones de CA de 40 y 60% no se evidenció la presencia de diferencias significativas durante los 15 días de almacenamiento a 4 °C. Por otro lado, la acidez de la mora tratada con los diferentes recubrimientos comestibles y almacenada a temperatura

ambiente tuvo un comportamiento descendente al igual que ocurrió a temperatura de refrigeración como se observa en la Figura 18b.



Gráfica 5. Comportamiento de la acidez titulable de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

Fuente: Esta investigación.

Durante el periodo de almacenamiento se evidenció un mayor descenso para las frutas control con un valor final de 2,11 % de ácido málico, y se presentó diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre este tratamiento y los tratamientos con recubrimientos comestibles, mientras que, para los tratamientos con HPMC y HPMC con 20% de CA se presentaron diferencias en el día tres de almacenamiento con valores de 2,52 y 2,75 % de ácido málico respectivamente. Nuevamente el incremento en la concentración de CA jugó un papel importante en el control de este parámetro, debido a que se disminuyó la pérdida de la acidez, aunque para los tratamientos con concentraciones de CA de 40 y 60% no presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$). La temperatura de almacenamiento ayudó en la reducción de la acidez titulable evidenciando diferencias entre

los tratamientos almacenados a 4°C y los tratamientos almacenados a temperatura ambiente.

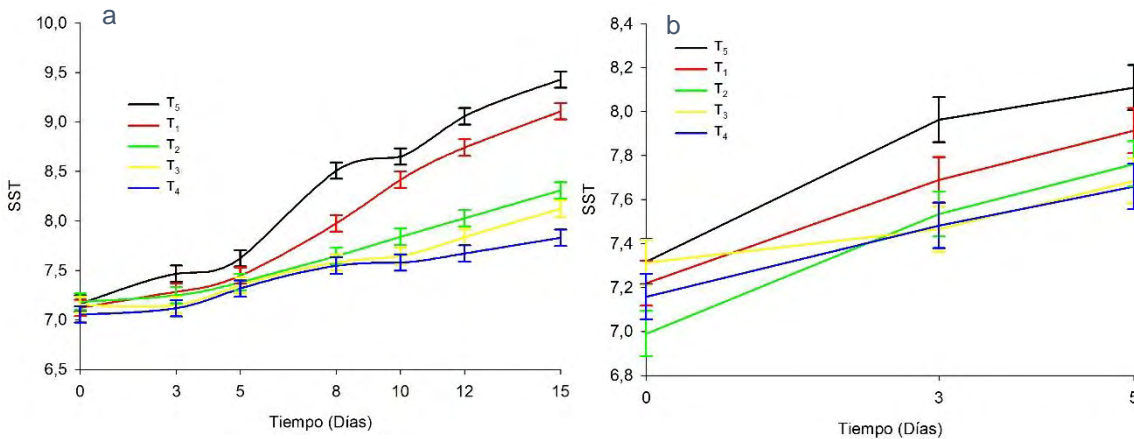
La reducción de la acidez está asociada con la maduración de la fruta (Han et al., 2004; Joo et al., 2011; Martínez-Romero, Alburquerque, Valverde, Guillén, Castillo, Valero & Serrano, 2006; Yaman & Bayoındırlı, 2002), además algunos autores indican que el proceso de respiración acelera la pérdida de la acidez titulable (Ramírez et al., 2013). En esta investigación los recubrimientos comestibles utilizados lograron reducir el índice de respiración, por ende y de acuerdo con otros autores se retrasó la oxidación de los ácidos orgánicos los cuales son sustratos del proceso de respiración (Han et al., 2004; Ramírez et al., 2013; Tanada-Palmu & Grosso, 2005; Yaman & Bayoındırlı, 2002). Los resultados obtenidos en esta investigación tienen un comportamiento similar a los reportados en mora de castilla tratada con un recubrimiento de Aloe Vera (Ramírez et al., 2013), al igual que en moras recubiertas con aceite esencial de canela (González Cabrera, 2010) y en fresas recubiertas con mucílago de penca (Restrepo & Aristizábal, 2010).

En este trabajo se observó una relación inversa entre la acidez titulable y el pH de mora de castilla, es decir, a medida que la acidez titulable disminuyó con el paso del periodo de almacenamiento, el pH aumentó; esta relación puede generarse por la reducción de los ácidos orgánicos presentes en la fruta por los procesos fisiológicos (Fagundes et al., 2014).

6.2.3 Sólidos solubles totales (SST).

En la Figura 19a, se observa el comportamiento de los sólidos solubles totales que se obtuvo durante un periodo de almacenamiento a una temperatura de 4 °C en mora con recubrimiento y mora sin recubrimiento. Los sólidos solubles incrementaron a medida que

el periodo de almacenamiento aumentó; el tratamiento control tuvo un mayor incremento de este parámetro con un 9,43 °Bx. En general, se presentaron diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre las frutas recubiertas y las frutas sin recubrir a partir del día tres de almacenamiento a una temperatura de 4 °C. Cabe resaltar que cuando la concentración de CA aumenta en la formulación el incremento en los sólidos ya no es tan marcado, además, entre los tratamientos con la inclusión de CA se presentaron diferencias con un $P < 0,05$ a partir del día 10 de almacenamiento con valores oscilantes entre 7,58 – 7,84 °Bx. Para el día 15 de almacenamiento se presentaron diferencias significativas tanto en frutas tratadas con los diferentes recubrimientos y las frutas control con valores finales de 9,43 °Bx para frutas control y 9,11 – 8,31 – 8,12 – 7,83 °Bx para HPMC, HPMC con la inclusión de CA a 20, 40 y 60 % respectivamente.



Gráfica 6. Comportamiento de los sólidos solubles totales de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

Fuente: Esta investigación.

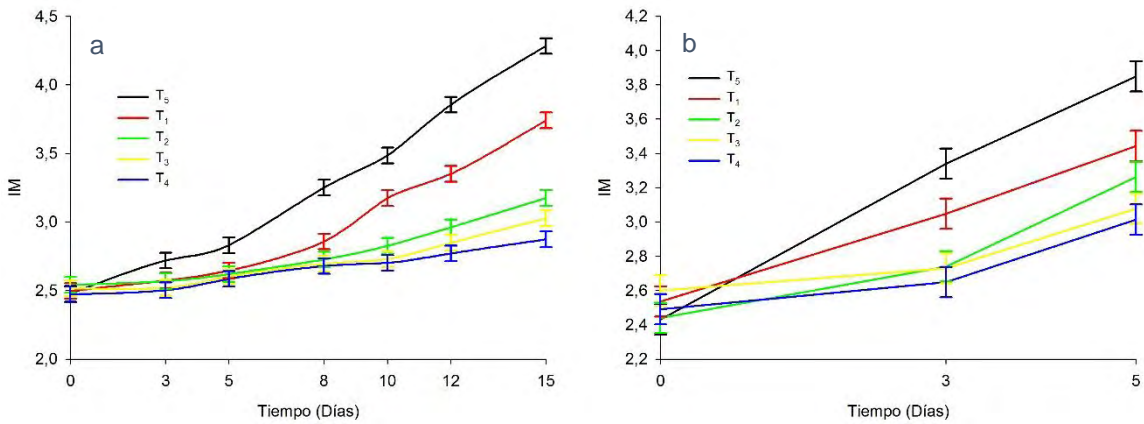
El incremento de los sólidos solubles totales de mora de castilla tratadas con recubrimiento y mora de castilla sin recubrimiento almacenada a temperatura ambiente se evidencia en la Figura 19b. Se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre las moras sin recubrimiento y las moras recubiertas a partir del día 3 de almacenamiento a temperatura de refrigeración, la inclusión de CA tuvo efecto en el comportamiento de los sólidos solubles presentando diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% con el recubrimiento sin inclusión de CA con resultados oscilantes entre 7,66 – 7,91 °Bx. La temperatura al igual que los otros factores evaluados tuvieron efectos significativos con valores de $P < 0,05$, siendo la temperatura de refrigeración el mejor factor para controlar el incremento de los sólidos solubles de la mora de castilla.

Los datos anteriormente en mención son similares a los obtenidos en mora de castilla almacenada en atmosferas modificadas (Sora et al., 2006), además, la tendencia a incrementar los SST también se observó en frutas como aguacate, ciruelas y moras que fueron recubiertas con diferentes bases lipídicas, y fresas almacenadas en empaque de polipropileno donde los sólidos solubles totales aumentaron (Navarro-Tarazaga et al., 2011; Ramírez et al., 2013; Sanz, Pérez, Olías, & Olías, 1999; Saucedo-Pompa et al., 2009). Por otro lado, se reportó que los SST de dos variedades de zarzamora disminuyen a medida que el periodo de almacenamiento aumenta, lo que sucede por el alto perecimiento de las bayas (Joo et al., 2011). Debido a que la mora al ser un fruto blando no contiene cantidades de almidón considerables, por lo cual el aumento de los sólidos solubles totales en mora de castilla puede atribuirse a la conversión de los ácidos orgánicos (considerados en la acidez titulable) en azúcares (Sora et al., 2006). Otros autores indican que el aumento en la

concentración de los sólidos solubles presentes en la mora se debe a las altas pérdidas de peso que esta fruta tiene (Ramírez et al., 2013).

6.2.4 Índice de maduración (IM).

La relación entre los SST y AT son reportados como el mejor indicador de la maduración de bayas (Joo et al., 2011). Por tal razón, el comportamiento de esta relación en mora de castilla recubierta y en mora de castilla sin recubrir almacenadas a 4 °C se presenta en la Figura 20a.



Grafica 7. Comportamiento del índice de maduración de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

Fuente: Esta investigación.

Los valores de IM presentaron un comportamiento creciente, con diferencias estadísticas con valores de $P < 0,05$ entre las moras recubiertas y las moras control a partir del día 3 de almacenamiento a 4 °C. La inclusión de CA tuvo un efecto significativo en el control del índice de maduración, además, el incremento en la concentración de CA

también tuvo un efecto significativo con un nivel de confianza del 95% según el método de LSD de Fisher. Por tanto, a mayor concentración de CA menor es el índice de maduración.

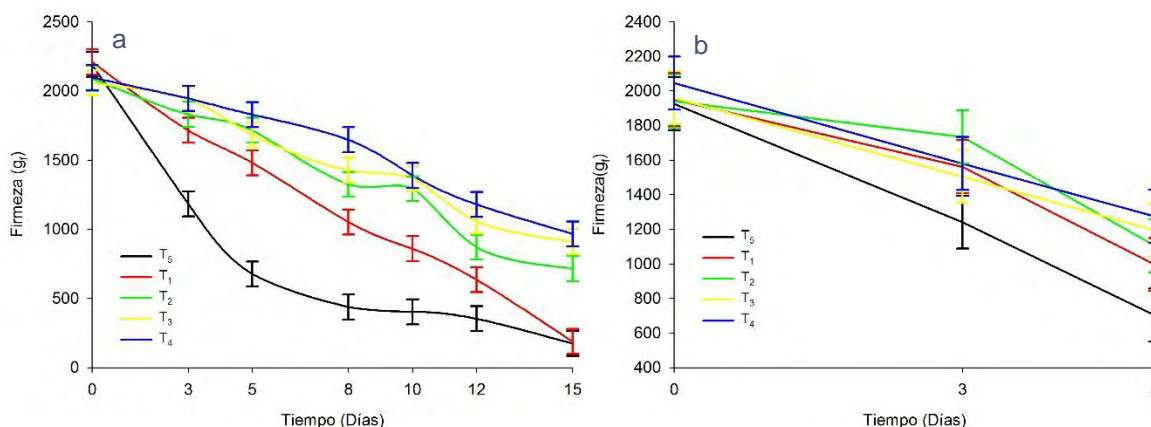
En la Figura 20b, se observa el incremento del IM en los diferentes tratamientos aplicados en mora de castilla y almacenada a temperatura ambiente. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con la aplicación de los recubrimientos con respecto a las moras control a partir del día 3, incluso estas diferencias también se presentaron entre los recubrimientos con la inclusión de CA y el recubrimiento sin la inclusión de esta base lipídica. En general, las moras control tuvieron índices de maduración que van desde 2,43 hasta 3,85. Por otro lado, la inclusión de CA jugó un papel importante en el control del IM de mora de castilla, debido a un descenso en el IM de 3,26 a 3,08 cuando hay incremento de CA de 20% a 40%, sin embargo, un incremento de 40% a 60% no generó diferencias significativas entre las dos concentraciones. El incremento en el IM también fue reportado en frutas como mora y zarzamoras que fueron almacenadas con atmósferas modificadas (Joo et al., 2011; Sora et al., 2006), este aumento se presenta en gran medida por una disminución progresiva de la AT. Una alta relación entre SST y AT ha sido usado para algunas bayas como indicador de buena calidad, sin embargo para arándanos una alta relación de SST y AT indica la senescencia de la fruta (Joo et al., 2011).

6.2.5 Firmeza.

En la Figura 21a, se muestra el comportamiento de la firmeza observado en moras tratadas con recubrimientos comestibles y moras sin recubrimiento almacenadas a 4 ° C. La firmeza tuvo un comportamiento descendente a medida que el tiempo de almacenamiento aumenta. A partir del día 3 de almacenamiento se observó diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos con recubrimiento y las frutas control. La

adición de CA como base lipídica en los recubrimientos tuvo un efecto positivo para controlar la pérdida de firmeza presentando diferencias significativas con valores de $P < 0,05$ con respecto al control a partir del día 3 y al recubrimiento sin adición de CA a partir del día 5 de almacenamiento. Al finalizar el periodo de almacenamiento no se presentaron diferencias ($P > 0,05$) entre el tratamiento control y el tratamiento con HPMC sin adición de CA con un valor de firmeza de 173,16 y 187,44 g_f respectivamente. Dentro de los tratamientos con adición de CA se presentaron diferencias significativas a partir del día 12 de almacenamiento cuando la concentración incrementa de 20% a 40% de CA, sin embargo, el incremento del 40% a 60% de CA no presenta diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%. En general la aplicación de recubrimientos de HPMC y CA lograron controlar la pérdida de firmeza con valores finales de 714,71 g_f para una concentración de CA de 20%, 909,98 g_f para una concentración de CA de 40%, y 965,67 g_f para una concentración de CA de 60%. La retención de la firmeza puede explicarse por la degradación retardada de las protopectinas insolubles a ácidos pécticos y pectinas más solubles.

Durante la maduración del fruto, la despolimerización o acortamiento de longitud de cadena de sustancias de pectina se produce con un aumento en las actividades de pectinesterasa y poligalacturonasa (Yaman & Bayındırlı, 2002). Por otro lado, bajas concentraciones de oxígeno y altas concentraciones de dióxido de carbono reducen las actividades de estas enzimas y permiten la retención de la firmeza de frutas durante el almacenamiento (Salunkhe, Boun, & Reddy, 1991).

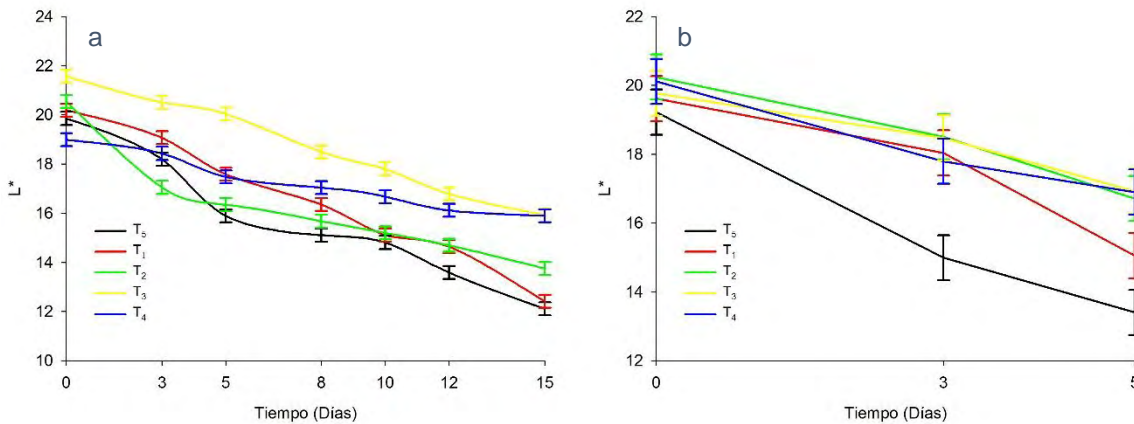


Grafica 8. Comportamiento de la firmeza de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

Fuente: Esta investigación.

La firmeza también fue evaluada en moras tratadas con recubrimiento y moras sin recubrir almacenadas a temperatura ambiente durante un periodo de 5 días, el comportamiento de la firmeza de estos tratamientos decrece a medida que aumenta el periodo de almacenamiento tal como se evidencia en la Figura 21b. En general, se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos con recubrimientos y control a partir del día 3 de almacenamiento. La adición de CA en diferentes concentraciones evidenció diferencias con respecto al tratamiento con HPMC sin CA a partir del quinto día de evaluación. El incremento en la concentración de CA en los recubrimientos no presentó diferencias significativas durante el periodo de almacenamiento. La pérdida de la firmeza se asocia a la degradación de los polímeros presentes en la pared celular que están involucrados en la adhesión celular con ácidos pécticos, por otro lado, la fruta tiende a suavizar sus tejidos por la pérdida de turgencia

celular y la pérdida de aire extracelular y vascular (Del Valle et al., 2005; Joo et al., 2011; Ramírez et al., 2013). Igualmente la firmeza se ve afectada por la migración del vapor de agua desde las frutas hasta la superficie, favoreciendo el crecimiento de mohos que generan daños estructurales en los tejidos provocando su ablandamiento (Ramírez et al., 2013). Por lo tanto, la disminución sobre la pérdida de firmeza en los diferentes tratamientos se debe a que los recubrimientos comestibles actúan como una barrera sobre la migración del vapor de agua. Los resultados son similares a los presentados en moras recubiertas con mucílago de Aloe vera (Ramírez et al., 2013), de igual forma se presentó en fresas recubiertas con mucílago de cactus y fresas con recubrimientos de quitosano-calcio (Del Valle et al., 2005; Hernández-Muñoz, Almenar, Valle, Vélez, & Gavara, 2008).

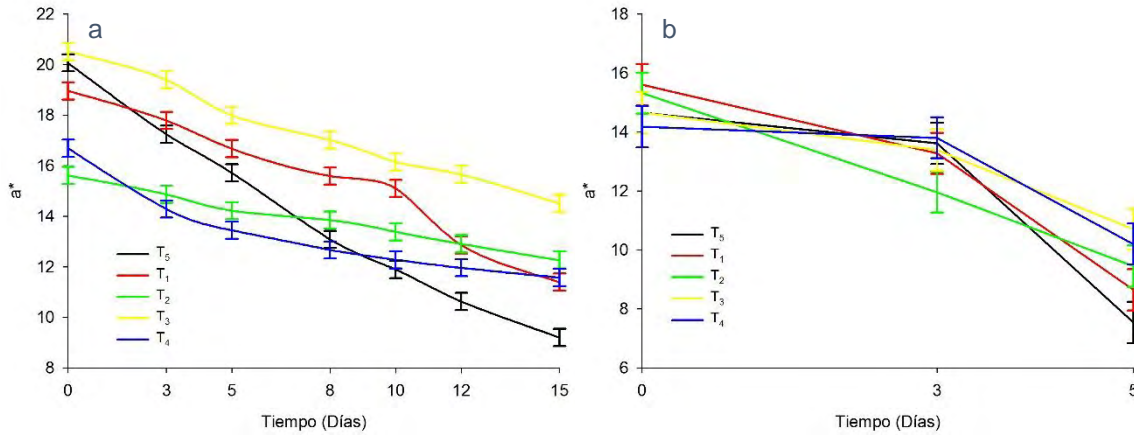


Grafica 9 Comportamiento del parámetro L* de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

Fuente: Esta investigación.

En las Figuras 22a, 23a y 24a se presentan los comportamientos de los parámetros L^* , a^* y b^* en moras de castilla tratadas con recubrimientos comestibles y moras sin recubrimiento almacenadas a 4 °C durante un periodo de 15 días. La luminosidad (L^*) tuvo un comportamiento decreciente para los diferentes tratamientos evaluados presentando diferencias significativas con un valores de $P < 0,05$. La aplicación de los recubrimientos comestibles en mora tuvieron un efecto positivo en el control del parámetro de luminosidad de la mora presentando diferencias con respecto al tratamiento control, por otro lado, la adición de CA presento una menor pérdida de la luminosidad, sin embargo los recubrimientos con concentraciones de 40% y 60% de CA no tuvieron diferencias ($P > 0,05$) al finalizar el periodo de almacenamiento.

La coordenada a^* de color en moras decrece a medida que aumenta el tiempo para todo los tratamientos evaluados durante 15 días de almacenamiento como se evidencia en la Figura 23a. El tratamiento control tuvo un descenso de 11 unidades del parámetro a^* con respecto a los tratamientos donde se aplicaron los recubrimientos comestibles presentando diferencias significativas ($P < 0,05$) entre sí. Además la adición de CA en los recubrimientos logró controlar la caída de los datos presentando una disminución entre 4 – 6 unidades aproximadamente.



Gráfica 10. Comportamiento del parámetro a^* de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

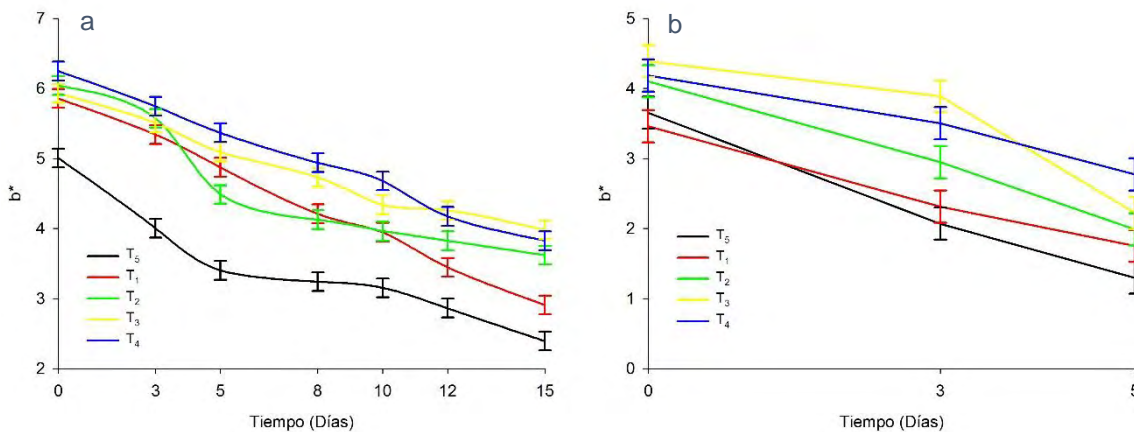
Fuente: Esta investigación.

Con respecto a la coordenada b^* , se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos control y los tratamientos con aplicación de recubrimiento. Los recubrimientos comestibles aplicados a la mora lograron controlar el descenso de este parámetro, por otro lado, la adición de CA tuvo un efecto significativo comparado con el recubrimiento sin la adición de CA, sin embargo, el incremento de la concentración de CA en las formulaciones no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$).

En las Figuras 22b, 23b y 24b, muestran un descenso en los parámetros de L^* , a^* y b^* en moras almacenadas con recubrimientos comestibles y moras sin recubrir a temperatura ambiente y un periodo de 5 días. Los resultados presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre el tratamiento control y los tratamientos con recubrimientos comestibles para la luminosidad, al finalizar el tiempo de almacenamiento se presentaron diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los tratamientos con

adición de CA y el tratamiento sin la adición de CA, sin embargo, el incremento en la concentración de CA no presentó diferencias significativas ($P>0,05$) con valores oscilantes entre 16,7 – 17.

La coordenada a^* no presentó diferencias significativas ($P>0,05$) entre los tratamientos evaluados para el factor recubrimientos, por otro lado, se presentaron diferencias en el factor tiempo. En términos generales, los valores de a^* tuvieron un descenso con el pasar del tiempo, el tratamiento control tuvo un valor final de 7,54 con una disminución de aproximadamente 7 unidades desde el inicio de la evaluación hasta el final del periodo de almacenamiento. Los valores para los tratamientos donde se aplicaron los recubrimientos comestibles tuvieron valores finales de 8,6, 9,6, 10,7, 10,2, para HPMC, y HPMC con concentraciones de 20%, 40% y 60% respectivamente.

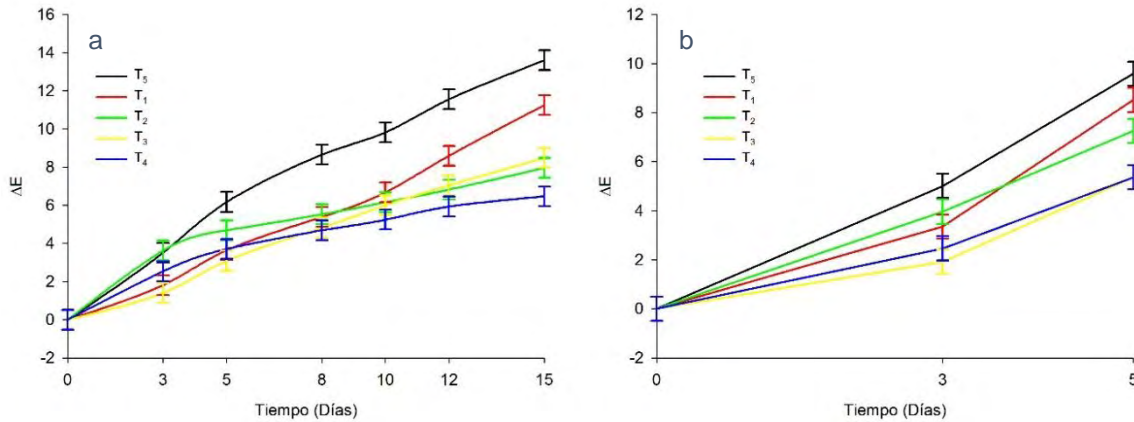


Gráfica 11. Comportamiento del parámetro b^* de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

Fuente: Esta investigación.

Con respecto al parámetro b^* , se presentaron diferencias significativas a partir del día 3 de almacenamiento entre las moras control y los tratamientos con recubrimientos comestibles. La adición de CA tuvo un factor positivo en la conservación de este parámetro presentando diferencias significativas con un nivel de confianza de 95% con respecto al tratamiento con recubrimiento sin la adición e CA. Por otro lado, el incremento de 20% a 40% de CA en la formulación no generó diferencias significativas ($P>0,05$), sin embargo, el incremento de 40% a 60% presentó diferencias significativas en el día 5 de almacenamiento con un valor final de 2,8.

En las Figuras 25a y 25b, se observa el cambio de color en moras recubiertas y en moras sin recubrimiento almacenadas a 4 °C y a temperatura de refrigeración. En general, el cambio de color (ΔE) tuvo un comportamiento creciente tanto en temperatura de refrigeración y a temperatura ambiente. El tratamiento control tuvo un mayor incremento con respecto a los tratamientos donde se aplicó recubrimiento comestible. A temperatura de refrigeración se presentaron diferencias estadísticamente significativas con valores de $P<0,05$ entre los tratamientos con la adición de CA y el tratamiento sin la adición de CA, sin embargo, entre las concentraciones de 20% y 40% de CA no se presentaron diferencias significativas, al finalizar el periodo de almacenamiento el tratamiento con una concentración de 60% de CA tuvo un menor cambio de color con un valor de 6,5.



Grafica 12. Comportamiento del cambio de color de mora de castilla con y sin recubrimiento a. almacenadas durante 15 días a una temperatura de 4 °C y b. almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente.

Fuente: Esta investigación.

A temperatura ambiente también se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las frutas control y los tratamientos con la aplicación de recubrimientos comestibles, la adición de CA tuvo un efecto representativo en el cambio de color de la mora de castilla, sin embargo, entre las concentraciones de 40% y 60% de CA no se observaron diferencias ($P > 0,05$).

El descenso del parámetro de luminosidad se presenta posiblemente porque se presentan reacciones de pardeamiento oxidativo y también por la pérdida de humedad que se pueden generar durante el almacenamiento ((Hernández-Muñoz, Almenar, Ocio, & Gavara, 2006; Trejo-Márquez, Ramos-López, & Pérez-Guillén, 2007). La adición de recubrimientos comestibles ayuda a controlar los procesos de oxidación enzimática que generan el pardeamiento ((Lee, Parka, Lee, & Choi, 2003; R. Soliva-Fortuny & Martin,

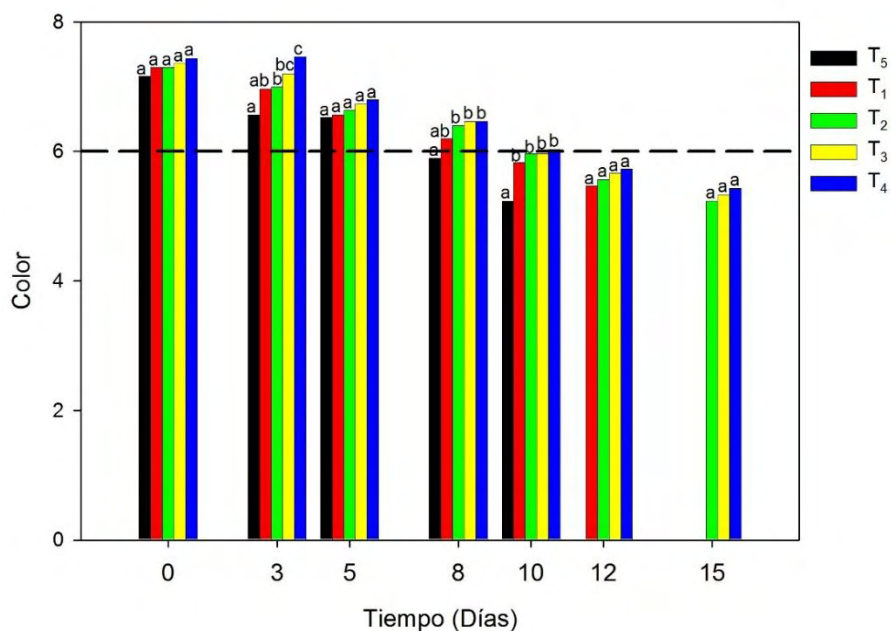
2003). La reducción de los valores de a^* se ve afectada por un incremento en la tasa de respiración y de los procesos enzimáticos que conducen a reacciones de pardeamiento (Del Valle et al., 2005). La caída en los valores del parámetro de b^* en mora puede ser atribuido a la deshidratación superficial del fruto (Ismaila, Haffarb, Baalbakic, & Henry, 2008), además, la temperatura de refrigeración ayuda a retrasar los procesos fisiológicos de la mora.

Algunos fenómenos fisiológicos en los tejidos como la transpiración se ven reflejados en la pérdida de humedad durante el almacenamiento lo cual puede afectar el cambio de color (Del Valle et al., 2005). Además el incremento de la respiración y los procesos enzimáticos son causantes de la pérdida de calidad visual y algunas pigmentaciones (Trejo-Márquez et al., 2007), la reducción en el cambio de color presentada en los tratamientos con aplicación de los recubrimientos comestibles puede ser atribuido a la formación de una barrera que retarda los cambios bioquímicos de la fruta y controlando los cambios de color externo e interno de la fruta (Hoa & Ducamp, 2008). Por otro lado este cambio también pudo presentarse por la degradación de los ácidos esenciales.

El descenso de las coordenadas L^* , a^* , b^* , también se presentó en moras de castilla recubiertas con Aloe vera y cera de carnauba (Ramírez et al., 2013), en fresas recubiertas con un recubrimiento a base de gelatina la luminosidad tuvo un comportamiento decreciente (Trejo-Márquez et al., 2007), en cuanto al cambio de color (ΔE) el comportamiento creciente se reportó en fresa recubierta con gel de aloe vera (Restrepo & Aristizábal, 2010).

6.3 Análisis Sensorial

En la Figura 26, se observa el análisis de color sensorial realizado en moras de castilla con recubrimiento y sin recubrimiento almacenadas a 4 °C durante 15 días. En el día 0, se encontró que no se presentan diferencias significativas ($P>0,05$) en los tratamientos evaluados, en el día 3 de almacenamiento se observó que entre el tratamiento con moras control y recubiertas con HPMC no hay diferencias significativas, sin embargo, la adición de CA a los recubrimientos comestibles tuvo un efecto significativo ($P<0,05$) con respecto a los otros tratamientos. Por otro lado, a partir del día 5 de almacenamiento no se presentaron diferencias entre los tratamientos con recubrimientos comestibles hasta finalizar el periodo de almacenamiento. A partir del día 12 y 15 no se realizaron pruebas de color en los tratamientos control y las moras recubiertas con HPMC, debido a la presencia de mohos en la superficie de la fruta. En general, la percepción del color sensorial de la mora tuvo un descenso con el aumento de los días de evaluación para todos los tratamientos.



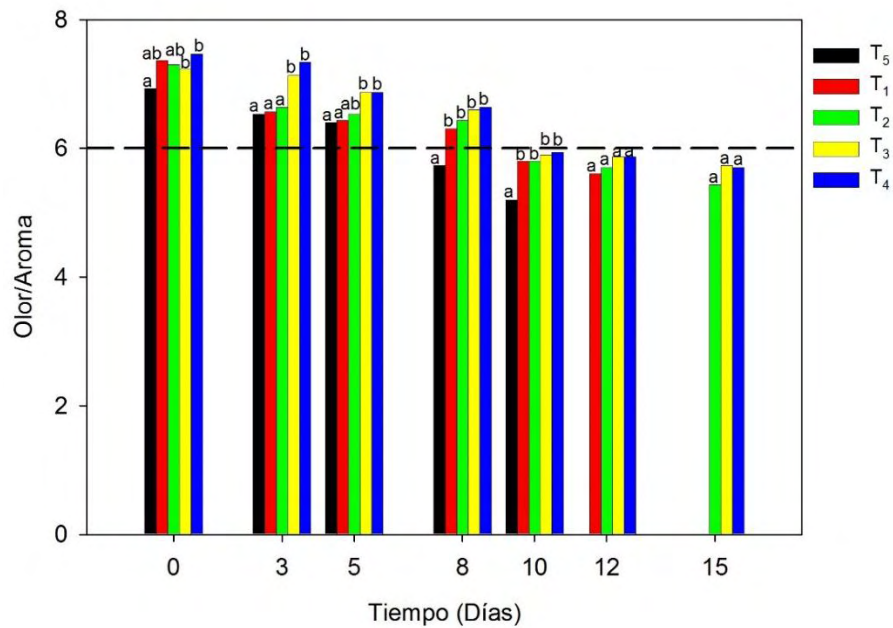
Grafica 13. Análisis de color en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (P>0,05).

Fuente: Esta investigación.

Este comportamiento se observó en mora de castilla tratada con un recubrimiento de aloe vera, donde se obtuvo que las moras tratadas con recubrimiento comestible tenían una mayor percepción de este parámetro con respecto a las frutas control (Ramírez et al., 2013). La pérdida de calidad del parámetro de color puede ser atribuida a los procesos fisiológicos que se llevan a cabo durante los periodos de almacenamiento de la fruta, además, las bajas temperaturas eventualmente pueden causar cambios de color (Ismaila et al., 2008).

La percepción del olor en las moras de castilla tratadas con recubrimiento comestible y sin recubrimiento almacenadas a 4 °C durante un periodo de 15 días se muestra en la Figura 27, se evidenció diferencias significativas con un nivel de confianza

del 95% según pruebas de LSD de Fisher entre el tratamiento control y el tratamiento con recubrimiento comestible y la inclusión de CA a una concentración de 60%, el olor o aroma de la mora según los jueces tiende a disminuir con el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, la reducción de este parámetro en los recubrimientos fue menor con respecto a la reducción de las moras control, este comportamiento se observó en mora de castilla recubierta con aloe vera, donde el recubrimiento logró formar una barrera contra la pérdida de aromas de la fruta (Ramírez et al., 2013).



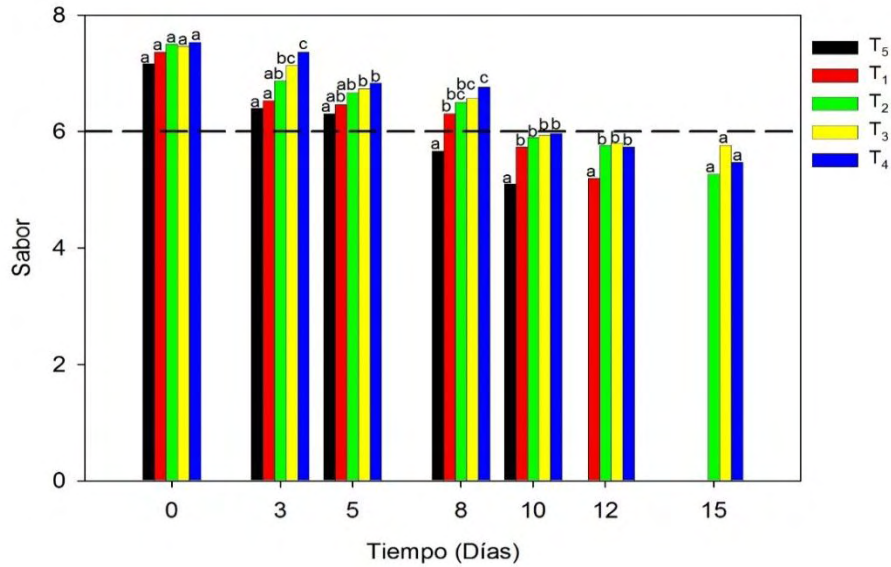
Grafica 14. Análisis de olor/aroma en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (P>0,05).

Fuente: Esta investigación.

Por otro lado, en los días 3 y 5 de almacenamiento la inclusión de CA tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) con respecto a los otros tratamientos evaluados, no obstante, a partir del día 8 no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos con recubrimientos comestibles. Al igual como ocurrió en el parámetro de color, la prueba de olor no se llevó a cabo a partir del día 12 y 15 para los tratamientos control y HPMC respectivamente. La reducción en la pérdida del olor en moras que se presentó por la aplicación de los recubrimientos comestibles podría deberse a que los recubrimientos utilizados forman una barrera semipermeable que reduce el paso de compuestos aromáticos desprendidos por el fruto durante sus procesos fisiológicos (Han et al., 2004), otra razón por la cual se presentó esta reducción del olor puede ser que los compuestos utilizados en las formulaciones pueden encapsular los compuestos aromáticos, debido a su baja permeabilidad al oxígeno (Falguera et al., 2011).

El sabor tuvo un comportamiento decreciente tanto para moras de castilla con recubrimiento comestible y las moras control almacenadas a 4 °C tal como se muestra en la Figura 28. En el día 3 de almacenamiento se observó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos con la inclusión de CA a concentraciones de 40% y 60% con respecto al tratamiento control y el tratamiento con recubrimiento sin la adición de CA. Los recubrimientos tuvieron un efecto estadísticamente significativo con respecto al tratamiento control a partir del día 8 de evaluación del parámetro de sabor. El tratamiento control presentó una mayor reducción en la percepción del sabor por los 30 jueces utilizados en la prueba. Los tratamientos control y con aplicación de recubrimiento sin la inclusión de CA no se evaluaron a partir del día 12 y 15 respectivamente por la presencia de microorganismos en la superficie de la fruta. El descenso en la percepción del sabor

característico de la mora se evidenció en mora conservada a temperatura de refrigeración mediante la aplicación de un recubrimiento comestible con la inclusión de cera de carnauba (Ramírez et al., 2013).

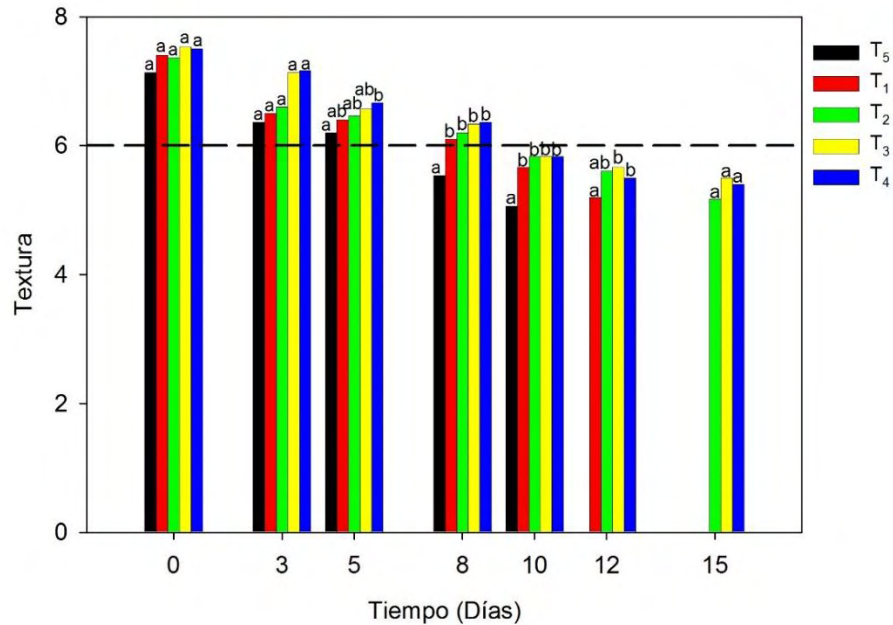


Grafica 15. Análisis de sabor en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (P>0,05).

Fuente: Esta investigación.

La disminución de la AT acompañada en la reducción de los SST de las bayas puede generar mal sabor en la fruta y disminución en la aceptabilidad del consumidor (Joo et al., 2011). La reducción de la pérdida del sabor de la fruta pudo verse afectada por la aplicación de los recubrimientos comestibles que inhiben los procesos enzimáticos de la fruta (Falguera et al., 2011).

En la Figura 29, se muestra el análisis realizado al parámetro de textura en moras de castilla almacenadas con recubrimiento comestible y sin recubrimiento a 4 °C. La inclusión de CA en concentraciones de 40% y 60% tuvieron un efecto significativo ($P < 0,05$) con respecto a los otros tratamientos evaluados en el día 3 de almacenamiento. Sin embargo, en el día 5 de almacenamiento solo se presentaron diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre las moras control y las moras con recubrimiento y la inclusión de 60% de CA. Los recubrimientos aplicados a la mora como método de conservación presentaron diferencias con respecto al tratamiento control a partir del día 8 de almacenamiento, mientras que, el incremento de la concentración de CA no tuvo efectos significativos desde el día 8 hasta el día 15 de almacenamiento. Este comportamiento decreciente del parámetro de textura sensorial se observó en mora recubierta con aloe vera (Ramírez et al., 2013).



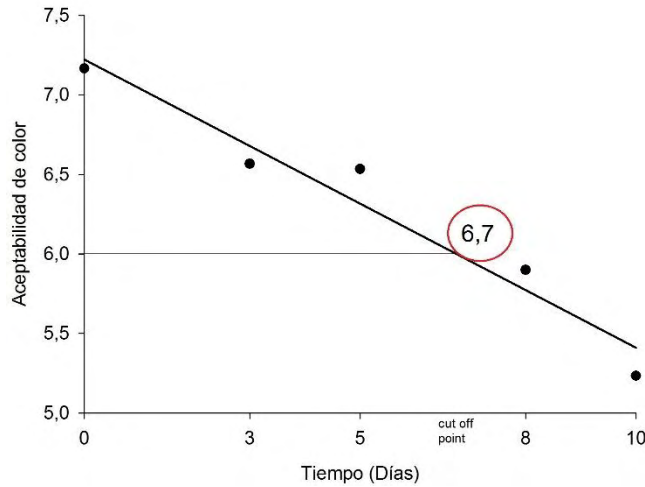
Grafica 16. Análisis de textura en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (P>0,05).

Fuente: Esta investigación.

La reducción de la textura se debe a los procesos fisiológicos que se llevan a cabo en la fruta desde el momento de su recolección los cuales son causantes de la pérdida de pectina de la pared celular (Perkins-Veazie, Collins, & Clark, 1996; Yaman & Bayındırlı, 2002). La percepción decreciente de los jueces ante este parámetro también se observó por el análisis instrumental de firmeza realizado en esta fruta.

6.4 Determinación de la vida útil de la mora de castilla

6.4.1 Estimación de la vida útil mediante la comparación de análisis sensorial de color y cambio de color instrumental:



Grafica 17. Punto de corte y determinación de vida útil según el límite de aceptabilidad por los jueces en mora de castilla sin recubrimiento almacenada a 4 °C.

Fuente: Esta investigación.

La variación o cambio de color se ajustó a una cinética de orden 0 con un coeficiente de correlación R^2 que oscilo entre 0,97 a 0,99 como se muestra en la Tabla 4. La vida útil de la mora se pudo determinar gracias a la comparación entre el análisis sensorial e instrumental del parámetro de color con el cálculo del punto de corte con un límite de aceptabilidad de 6 puntos (Giménez, Ares, & Ares, 2012) como se evidencia en la Figura 30. En la Tabla 4., se observa el parámetro k de la cinética del cambio de color para cada uno de los tratamientos y el cálculo de vida útil máxima y mínima por comparación de análisis sensorial e instrumental.

Además, con las ecuaciones se obtuvo un tiempo de vida útil por intervalos para cada uno de los tratamientos como se evidencia en la Tabla 4., estos rangos de tiempo

determinan cuando mora de castilla empieza su deterioro en el parámetro de color y hasta el momento donde un juez puede detectar un cambio real del cambio de color (Manresa & Vicente, 2007).

La aplicación de los recubrimientos comestibles logró aumentar la vida útil de la mora; este incremento también se observó en mora recubierta con mucílago de penca y cera de carnauba (Ramírez et al., 2013). Por otro lado, la aplicación de recubrimientos aumentó la vida útil en fresa almacenada a temperatura de refrigeración (Restrepo & Aristizábal, 2010).

Tabla 4.

Parámetros y orden de cinética del cambio de color y cálculo de vida útil en mora de castilla con y sin recubrimiento almacenada a 4 °C.

Tratamiento	Ecuación	k (día ⁻¹)	R ²	Orden de reacción	Vida útil (días)
Control	Y=0,8073X + 1,8262	0,8073	0,9882	0	3,3 - 6,7
Hpmc	Y=0,746X - 0,2844	0,746	0,9907	0	6,4 < 8,8 < 10,1
Hpmc-Ca1	Y=0,3364X + 2,8047	0,3364	0,9948	0	5 < 9,7 < 13,2
Hpmc-Ca2	Y=0,5611X + 0,3219	0,5611	0,995	0	7,4 < 10,3 < 12,3
Hpmc-Ca3	Y=0,3171X + 2,0256	0,3171	0,9718	0	7,8 < 10,8 < 16,4

Fuente: Esta investigación.

CONCLUSIONES

La pérdida de peso fue mayor en el tratamiento testigo almacenado tanto a temperatura de refrigeración como a temperatura ambiente con una pérdida final de 10,79% y 10,58% respectivamente, además, la concentración de Cera de abeja tuvo significancia cuando incrementó de 20% a 40% con valores finales de 6,07% y 5,54% respectivamente a temperatura de refrigeración; sin embargo, el incremento de 40% a 60% de CA no tuvo una diferencia significativa con un valor final de 5,30% para una concentración del 60% de Cera de abeja. Por otro lado, la temperatura fue un factor influyente en la degradación de este parámetro, puesto que la temperatura ambiente es un acelerador del parámetro, por esta razón, las frutas a temperatura de refrigeración se pudieron analizar durante un periodo de 15 días, mientras que las frutas almacenadas a temperatura ambiente solo fueron analizadas durante 5 días.

El índice de respiración tuvo un menor incremento en los tratamientos con la aplicación de los diferentes recubrimientos con respecto a las moras testigo las cuales tuvieron una tasa de respiración que osciló entre 24,35 y 62,25 $\text{mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. La concentración de cera de abejas tuvo un mejor comportamiento con respecto al tratamiento sin la inclusión de cera de abeja logrando disminuir el índice de respiración de la mora.

Las propiedades fisicoquímicas como el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles totales y el índice de madurez se lograron controlar gracias a la aplicación de los diferentes recubrimientos comestibles, por otro lado, nuevamente la temperatura de almacenamiento juega un papel importante en el control de estas propiedades. Los tratamientos con la inclusión de cera de abejas fueron los tratamientos que menos degradación tuvieron de los parámetros analizados.

La firmeza fue uno de los parámetros más críticos y difíciles de determinar en la mora debido a la fragilidad del fruto, sin embargo, al controlar los procesos fisiológicos de la fruta como son la transpiración (pérdida de peso) y la respiración, la pérdida de firmeza también pudo ser controlada. Lo mismo sucedió con el cambio de color de las frutas.

Las propiedades sensoriales de la mora de castilla tuvieron una aceptación máxima de aproximadamente 8 días para las frutas control. La aceptabilidad de los diferentes parámetros analizados aumentó cuando la aplicación del recubrimiento se realizó. Se pudo determinar que los recubrimientos aplicados a mora no generan un sabor diferente al característico de la fruta, además, estos recubrimientos lograron atrapar el aroma característico por un mayor tiempo con respecto al tratamiento control.

La comparación entre el análisis sensorial de color y el cambio de color instrumental ayudó a la determinación de la vida útil de la mora, obteniendo que la mora tratada con un recubrimiento comestible con la inclusión de cera de abeja a una concentración de 60% fue mayor con un rango de 7,8<10,8<16,4 días. Sin embargo, la aplicación de los recubrimientos comestibles lograron aumentar la vida útil de la mora con respecto a la mora control que a partir del día 3 la fruta empieza su proceso de degradación de color.

En general, la aplicación de un recubrimiento a base de Hidroxipropil metilcelulosa y la inclusión de Cera de abejas y el almacenamiento a temperatura de refrigeración tuvo un impacto positivo en la conservación de las propiedades fisicoquímicas, fisiológicas y sensoriales de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth).

RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer un análisis microbiológico para cada uno de los tratamientos evaluados para determinar si hay un efecto positivo con la aplicación de este tipo de recubrimientos sobre este parámetro de calidad. No obstante, es conveniente realizar la inclusión de agentes coadyugantes con el fin de aumentar las propiedades benéficas de los recubrimientos comestibles formulados a partir de Hidroxipropil metilcelulosa y cera de abeja, con el fin de lograr una mayor estabilidad de los parámetros de calidad analizados en este investigación

BIBLIOGRAFIA

- Alcántara, M. (2009). Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado. Universidad Politécnica de Valencia.
- Alzamora, S., Guerrero, S., Nieto, A., & Vidales, S. (2004). Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas “Manual de Capacitación”. FAO (p. 69).
- Alzate-Quintero, A., Mayor-Marin, N., & Montoya-Barreto, S. (2010). Influencia del manejo agronómico, condiciones edáficas y climáticas sobre las propiedades físicoquímicas y fisiológicas de la mora (*Rubus glaucus* Benth) en dos zonas de la región centro sur del departamento de caldas. *Agronomía*, 18(2), 37–46.
- Antia, G., & Torres, J. (1998). El manejo post-cosecha de Mora (*Rubus glaucus* Benth). Serie de paquetes de capacitación sobre manejo post-cosecha de frutas y hortalizas; No. 12. Programa Nacional del SENA de capacitación en Manejo post cosecha y comercialización de frutas y hortalizas (Magnitud., p. 272). Bogotá: OP gráficas.
- Ayala, L., Valenzuela, C., & Bohorquez, Y. (2012). Efecto de un recubrimiento comestible a base de alginato de sodio y iones de calcio sobre la calidad de mora castilla (*Rubus glaucus* Benth). *Vitae*, 19, S129–S131.

- Ayranci, E., & Tunc, S. (1997). Cellulose-based edible films and their effects on fresh beans and strawberries. *Z. Lebensm Unters Forsch A.*, 205, 470–473.
- Badui Dergal, S. (1999). Química de los alimentos. (E. Quintanar Duarte, Ed.) (Cuarta Edi., p. 648). Ciudad de México: Pearson Educación.
- Baldwin, E. (2007). Surface Treatments and Edible Coatings in Food Preservation. In M. Shafiur-Rahman (Ed.), *Handbook of Food Preservation* (Secon Edit., pp. 477–507). Taylor & Francis Group.
- Chiumarelli, M., & Hubinger, M. (2012). Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch-carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids*, 28(1), 59–67.
- Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. (2014). Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food Hydrocolloids*, 38, 20–27.
- Consolidado agropecuario nariño. (2012). Gobernación de Nariño, Secretaria de Agricultura. Pasto.
- Consolidado agropecuario nariño. (2013). Gobernación de Nariño, Secretaria de Agricultura. Pasto.

- Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., & Galotto, M. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, *91*(4), 751–756.
- Fagundes, C., Palou, L., Monteiro, A., & Pérez-Gago, M. (2014). Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *92*, 1–8.
- Fagundes, C., Pérez-Gago, M., Monteiro, A., & Palou, L. (2013). Antifungal activity of food additives in vitro and as ingredients of hydroxypropyl methylcellulose-lipid edible coatings against *Botrytis cinerea* and *Alternaria alternata* on cherry tomato fruit. *International journal of food microbiology*, *166*(3), 391–8.
- Falguera, V., Quintero, J., Jiménez, A., Muñoz, J., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, *22*(6), 292–303.
- Filgueiras, H., Chitarra, M., & Chitarra, A. (1996). Armazenamento de ameixas sobre refrigeração e atmosfera modificada - 2: colapso interno (internal breakdown) e textura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *18*(1), 129–135.

- Galus, S., & Lenart, A. (2013). Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 459–465.
- García, C. (2012). Elaboración de un paquete tecnológico para productores, en manejo cosecha y poscosecha de mora (*Rubus glaucus* Benth) aplicando Ingeniería de calidad y determinación de las características nutraceuticas de la fruta en precosecha, en el municipio de Silvania. Universidad Nacional de Colombia.
- García, M., Martino, M., & Zaritzky, N. (1998a). Plasticized Starch-Based Coatings To Improve Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa*) Quality and Stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 8561(98), 3758–3767.
- García, M., Martino, M., & Zaritzky, N. (1998b). Starch-Based Coatings: Effect on Refrigerated Strawberry (*Fragaria ananassa*) Quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 411–420.
- Giménez, A., Ares, F., & Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49(1), 311–325.
- Gol, N., Patel, P., & Rao, T. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 85, 185–195.

- González Cabrera, M. V. (2010). Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Greener-Donhowe, I., & Fennema, O. (1986). Edible films and coatings: a review. *Food Technology*, 40, 47–59.
- Grijalba-Rativa, C., Calderón-Medellín, L., & Pérez-Trujillo, M. (2010). Rendimiento y calidad de la fruta en mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). *Facultad de Ciencias Básicas*, 6(1), 24–41.
- Gómez, A. (2002). La cera de abeja, control y factores de calidad. Antequera.
- Hager, T., Howard, L., & Prior, R. (2008). Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blackberry products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 689–695.
- Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. ., & Traber, M. . (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33(1), 67–78.

- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria×ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, *110*(2), 428–435.
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Ocio, M. J., & Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, *39*(3), 247–253.
- Hoa, T., & Ducamp, M. (2008). Effects of different coatings on biochemical changes of “cat Hoa loc” mangoes in storage. *Postharvest Biol Tec*, *48*(1), 150–152.
- Hong, S., & Krochta, J. (2006). Oxygen barrier performance of whey-protein-coated plastic films as affected by temperature, relative humidity, base film and protein type. *Journal of Food Engineering*, *77*(3), 739–745.
- Ismaila, B., Haffarb, I., Baalbakic, R., & Henry, J. (2008). Physico-chemical characteristics and sensory quality of two date varieties under commercial and industrial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, *41*, 896–904.
- Jacques, A., Pertuzatti, P., Barcia, M., Zambiasi, R., & Chim, J. (2010). Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy. *Quimica Nova*, *33*(8), 1720–1725.

- Joo, M., Lewandowski, N., Auras, R., Harte, J., & Almenar, E. (2011). Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food chemistry*, *126*(4), 1734–1740.
- Kaushik, N., Kaur, B., Rao, P., & Mishra, H. (2014). Effect of high pressure processing on color, biochemical and microbiological characteristics of mango pulp (*Mangifera indica* cv. *Amrapali*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *22*, 40–50.
- Labuza, T. (1984). Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. *Food / Nahrung* (Saint Paul., Vol. 29, p. 92). Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Lee, J., Parka, H., Lee, C., & Choi, W. (2003). Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensm.-Wiss. Technol*, *36*, 323–329.
- Manresa, A., & Vicente, I. (2007). El color en la industria de los alimentos. (R. Torricella, Ed.) (Editorial ., p. 74). Ciudad de la Habana.
- Martínez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance

by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 93–100.

Miller, K., & Krochta, J. (1997). Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 8(7), 228–237.

Navarro-Tarazaga, M., Del Río, M., Krochta, J., & Pérez-Gago, M. (2008). Fatty acid effect on hydroxypropyl methylcellulose-beewax edible film properties and postharvest quality of coated “*Ortanique*” mandarins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10689–10696.

Navarro-Tarazaga, M., Massa, A., & Pérez-Gago, M. (2011). Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. *Angeleno*). *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2328–2334.

Norma Técnica Colombiana. (1997). NTC 4106: Frutas Frescas. Mora de castilla. Especificaciones.

Osorio, F., Molina, P., Matiacevich, S., Enrione, J., & Skurtys, O. (2011). Characteristics of hydroxy propyl methyl cellulose (HPMC) based edible film developed for blueberry coatings. *Procedia Food Science*, 1(Icef 11), 287–293.

- Oussalah, M., Caillet, S., Salmiéri, S., Saucier, L., & Lacroix, M. (2004). Antimicrobial and antioxidant effects of milk protein-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(18), 5598–605.
- Pan, J., & Bhowmilk, S. (1992). Shelf life of mature green tomatos stored in controlled atmosphere and high humidity. *Journal of Food Science*, 57, 948–953.
- Patras, A., Brunton, N., Da Pieve, S., & Butler, F. (2009). Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(3), 308–313.
- Pérez-Gago, M., Rojas, C., & Del Río, M. (2003). Effect of hydroxypropyl methylcellulose-lipid edible composite coatings on plum (cv. *Autumn giant*) quality during storage. *Journal of food science*, 68(3), 879–883.
- Perkins-Veazie, P. (2004). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. (p. 66). California: Agricultural Handbook.
- Perkins-Veazie, P., Collins, J., & Clark, J. (1996). Cultivar and maturity affect postharvest quality of fruit from erect blackberries. *HortScience*, 31, 258–261.

Ramirez, J. (2012). Conservación de Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) Mediante la Aplicación de un Recubrimiento Comestible de Gel de Mucílago de Penca de Sábila (*Aloe Barbadensis* Miller). Universidad Nacional de Colombia Sede Medellin.

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. *Vitae. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 20(3), 172–183.

Reina, C. (1998). Manejo Postcosecha y Evaluación de la Calidad para la Mora de Castilla (*Rubus glaucus*) que se Comercializa en la Ciudad de Neiva. Universidad Sur Colombiana.

Restrepo, J., & Aristizábal, I. (2010). Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba. *Vitae. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 17, 252–263.

Ribeiro, C., Vicente, A., Teixeira, J., & Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 63–70.

- Romero-Bastidas, C., Martin-Polo, M., Velazquez, G., & Torres, J. (2004). Effect of plasticizer, pH, and hydration on the mechanical and barrier properties of zein and ethylcellulose films. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4, 251–256.
- Saavedra, N., & Algecira, N. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Nova- Publicacion científica en ciencias biomédicas*, 8(14), 171–182.
- Salunkhe, D., Boun, H., & Reddy, N. (1991). Storage Processing and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables, *vol. 1* (CRC Press). Boston: Fresh Fruits and Vegetables.
- Sanz, C., Pérez, A., Olías, R., & Olías, J. (1999). Quality of Strawberries Packed with Perforated Polypropylene. *Journal of food science*, 64(4), 748–752.
- Saucedo-Pompa, S., Rojas-Molina, R., Aguilera-Carbó, A., Saenz-Galindo, A., De La Garza, H., Jasso-Cantú, D., & Aguilar, C. (2009). Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International*, 42(4), 511–515.
- Seydim, C., & Sarikus, G. (2006). Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Research International*, 39(5), 639–644.

- Siembra. (2014). Agenda nacional de investigación, desarrollo tecnológico e innovación I+D+I. Retrieved July 24, 2015, from <http://www.siembra.gov.co/siembra/main.aspx>
- Soazo, M., Rubiolo, C., & Verdini, R. (2011). Effect of drying temperature and beeswax content on physical properties of whey protein emulsion films. *Food Hydrocolloids*, 25(5), 1251–1255.
- Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2003). New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 14(9), 341–353.
- Soliva-Fortuny, R., & Martin, O. (2003). New advances in extending the shelflife of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 14(9), 341–353.
- Sora, A., Fischer, G., & Flórez, R. (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) en empaques con atmósfera modificada. *Fisiología y Tecnología Poscosecha*, 24(2), 306–316.
- Sothornvit, R. (2009). Effect of hydroxypropyl methylcellulose and lipid on mechanical properties and water vapor permeability of coated paper. *Food Research International*, 42(2), 307–311.

- São José, J., De Andrade, N., Ramos, A., Vanetti, M., Stringheta, P., & Chaves, J. (2014). Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. *Food Control*, 45, 36–50.
- Tanada-Palmu, P., & Grosso, C. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 36(2), 199–208.
- Tharanathan, R. . (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*, 14(3), 71–78.
- Thirupathi, V., Sasikala, S., & Kennedy, Z. (2006). Preservation of fruits and vegetables by wax coating. *Science Tech Entrepreneur*.
- Trejo-Márquez, M., Ramos-López, K., & Pérez-Guillén, C. (2007). Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria vesca* L.) almacenada en refrigeración. *V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones* (Vol. 2007, pp. 230–239).
- Valencia-Chamorro, S., Pérez-Gago, M., Del Río, M., & Palou, L. (2009). Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)–lipid edible composite coatings on postharvest decay development and quality attributes of cold-stored “Valencia” oranges. *Postharvest Biology and Technology*, 54(2), 72–79.

- Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V., & Moldão-Martins, M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 52(2), 80–92.
- Vu, K., Hollingsworth, R., Leroux, E., Salmieri, S., & Lacroix, M. (2011). Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Research International*, 44(1),
- Vu, K., Hollingsworth, R., Salmieri, S., Takala, P., & Lacroix, M. (2012). Development of bioactive coatings based on γ -irradiated proteins to preserve strawberries. *Radiation Physics and Chemistry*, 81(8), 1211–1214.
- Xu, S., Chen, X., & Sun, D. (2001). Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 50, 211–216.
- Yaman, Ö., & Bayındırlı, L. (2002). Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT - Food Science and Technology*, 35(2), 146–150.
- Zúñiga, R., Skurtys, O., Osorio, F., Aguilera, J., & Pedreschi, F. (2012). Physical properties of emulsion-based hydroxypropyl methylcellulose films: effect of their microstructure. *Carbohydrate polymers*, 90(2), 1147–58.

ANEXOS

ANEXO A. Codificación de los diferentes tratamientos para la determinación de los parámetros sensoriales de mora de castilla.

TRATAMIENTOS EVALUACIÓN DE APARIENCIA	CODIFICACIÓN
Recubrimiento HPMC	9060
Recubrimiento HPMC + 20g CA	9592
Recubrimiento HPMC + 40g CA	5770
Recubrimiento HPMC + 60g CA	4640
Blanco	2158

ANEXO B. Cuestionario para la prueba de satisfacción sensorial de sabor para mora de castilla con y sin recubrimiento almacenada a 4 ° C.



RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE HPMC Y CERA DE
 ABEJA EN MORA (*Rubus glaucus*.)



Nombre: _____ **Fecha:** _____

PRUEBA MEDICION DEL GRADO DE SATISFACCION

Pruebe las muestras que se presentan a continuacion. Por favor marque con una X que indique su opinion acerca de cada una, en referencia a su **SABOR**

	2158	9060	9592	5770	4640
Comentarios:					
Me gusta muchísimo	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____	_____	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta muchísimo	_____	_____	_____	_____	_____

MUCHAS GRACIAS

ANEXO C. Cuestionario para la prueba de satisfacción sensorial de color para mora de castilla con y sin recubrimiento almacenada a 4 ° C.



RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE HPMC Y CERA DE
 ABEJA EN MORA (*Rubus glaucus*.)



Nombre: _____ **Fecha:** _____

PRUEBA MEDICION DEL GRADO DE SATISFACCION

Observe las muestras que se presentan a continuacion. Por favor marque con una X que indique su opinion acerca de cada una, en referencia a su **COLOR**

	2158	9060	9592	5770	4640
Comentarios:					
Me gusta muchísimo	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____	_____	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta muchísimo	_____	_____	_____	_____	_____

MUCHAS GRACIAS

ANEXO D. Cuestionario para la prueba de satisfacción sensorial de olor para mora de castilla con y sin recubrimiento almacenada a 4 ° C.



RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE HPMC Y CERA DE
 ABEJA EN MORA (*Rubus glaucus.*)



Nombre: _____ **Fecha:** _____

PRUEBA MEDICION DEL GRADO DE SATISFACCION

Observe las muestras que se presentan a continuacion. Por favor marque con una X que indique su opinion acerca de cada una, en referencia a su **OLOR**

	2158	9060	9592	5770	4640
Comentarios:					
Me gusta muchísimo	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____	_____	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta muchísimo	_____	_____	_____	_____	_____

MUCHAS GRACIAS

ANEXO E. Cuestionario para la prueba de satisfacción sensorial de textura para mora de castilla con y sin recubrimiento almacenada a 4 ° C.



RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE HPMC Y CERA DE
 ABEJA EN MORA (*Rubus glaucus*.)



Nombre: _____ **Fecha:** _____

PRUEBA MEDICION DEL GRADO DE SATISFACCION

Observe las muestras que se presentan a continuacion. Por favor marque con una X que indique su opinion acerca de cada una, en referencia a su **TEXTURA**

	2158	9060	9592	5770	4640
Comentarios:					
Me gusta muchísimo	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____	_____	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta muchísimo	_____	_____	_____	_____	_____

MUCHAS GRACIAS

Aplicación y efecto de un recubrimiento comestible sobre la vida útil de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth)

Edible coating application and its effect on blackberry (*Rubus glaucus* Benth) shelf-life

Camilo Villegas^{1*}, William Albarracín²

1. Ingeniero Agroindustrial, Universidad de Nariño Pasto Colombia, Joven Investigador.
2. Ph. D. Tecnología de Alimentos, Universidad de Nariño Pasto Colombia, Docente Investigador.

Resumen

Antecedentes: en los últimos años ha incrementado el interés por el consumo de frutas en estado fresco debido al potencial nutricional que estas contienen, además, por el alto consumo energético que se generan en la aplicación de una cadena en frío, se ha incursionado en la aplicación de recubrimientos comestibles como una técnica alternativa para la conservación de frutas, **Objetivos:** por tal razón este trabajo tuvo como objetivo aplicar un recubrimiento a base de hidroxipropil metilcelulosa con la inclusión de cera de abejas en mora de castilla y evaluar su efecto en la conservación de esta fruta, **Métodos:** se trabajó con un diseño multifactorial categórico y el análisis estadístico utilizado fue el LSD de Fisher con un nivel de confianza del 95%; se determinaron las propiedades fisiológicas tales como la respiración y la pérdida de peso, y propiedades fisicoquímicas tales como el pH, acidez titulable, sólidos solubles y el índice de maduración durante un periodo de 15 días a una temperatura de 4°C, **Resultados:** se obtuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados a

partir del día 3 de almacenamiento tanto para los parámetros fisicoquímicos como fisiológicos. La acidez titulable tuvo un decrecimiento marcado en el tratamiento control (T5) con respecto a los tratamientos donde se aplicó los recubrimientos (T1, T2, T3, T4) donde el descenso de la acidez fue menor. Por otro lado, la pérdida de peso, los sólidos solubles totales, el pH, el índice de maduración y el índice de respiración incrementaron a medida que el tiempo de almacenamiento transcurrió, y se obtuvo que las moras tratadas con los recubrimientos tuvieron un incremento menor con respecto a las moras sin recubrimiento, **Conclusiones:** los recubrimientos comestibles aplicados a la mora de castilla tuvieron un efecto positivo sobre las propiedades evaluadas en la mora de castilla, siendo los mejores tratamientos el T3 y T4, en general, la aplicación de un recubrimiento comestible a base de hidroxipropil metilcelulosa y cera de abejas logró aumentar la vida útil de la mora de castilla.

Palabras clave: Cera de abejas, hidroxipropil metil celulosa, índice de respiración, mora de castilla, propiedades fisicoquímicas.

Abstract

Background: On the last years the interest on fresh fruits consumption has been increased due to its nutritional potential as well as the high energetic demand generated by the cold chains application. This is the reason why it has been dabbled on edible coating as an alternative technique on fruits preservation, **Objectives:** That is the reason why this investigation focused on the coating application using a hydroxypropyl methylcellulose based with bee wax to blackberry fruits in order to evaluate its effect on its preservation, **Methods:** it was used an multifactorial categorical design and Fisher LSD method as an statistical analysis with a confidence level of 95%; it were determined physiological properties such as respiration and weight loss, and physicochemical properties like pH, titratable acidity, soluble solids, and ripeness index within a period of 15 days at 4°C **Results:** it were obtained significant differences ($p < 0,05$) between the evaluated treatments from the 3 storage day for physicochemical and physiological parameters. The titratable acidity has a marked decrease on the control treatment (T5) regarding treatments where

coatings were applicated (T1, T2, T3, T4) where a smaller decrease on acidity was obtained. In other side, the weight loss, total soluble solids, pH, ripening and respiration index showed an increase over storage time. The blackberries processed with edible coating presented a slight increase compared to control samples, **Conclusions:** edible coatings applied on blackberry fruits had a positive effect in the evaluated properties, treatments T3 and T4, in general the edible coatings with hydroxypropyl methylcellulose base and beeswax increase the shelf life of blackberry

Keywords: Beeswax, hydroxypropyl methylcellulose, respiration rate, blackberry, physicochemical properties.

Introducción

La mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) es una fruta no climatérica. Esta fruta es una fuente rica en minerales y vitaminas por lo que presenta un gran futuro como producto de exportación en forma congelada o fresca para su diversificación industrial. Esta fruta debe tener un manejo poscosecha apropiado debido a su fragilidad y corta vida útil (3 a 5 días), de lo contrario las pérdidas son cercanas al 70%, su conservación se hace por refrigeración o congelación, para preservar calidad y frescura; por otro lado, por su gran contenido de humedad (91%) se convierte en un fruto vulnerable al ataque fúngico lo que disminuye la calidad del fruto y a su vez la vida útil (1–6). Para la industria de alimentos la calidad y seguridad de frutas y verduras es primordial, es por ello que se han estudiado métodos de conservación, para asegurar las características y los parámetros sensoriales del producto en fresco sin recurrir a altos consumos de energía y sin generar impactos al medio ambiente, puesto que los tratamientos térmicos inciden directamente en la calidad de las frutas, y para el caso en particular de la mora, pierde su capacidad antioxidante junto con otras propiedades nutricionales y sensoriales (7–9).

Es así como la aplicación de recubrimientos comestibles resulta conveniente para satisfacer la necesidad del consumidor, ya que la calidad del alimento obtenido tras su procesamiento resultaría mínimamente alterada. Adicional a lo anterior, los recubrimientos comestibles actúan como una barrera semipermeable eficaz para el control del intercambio de gases generados en los procesos fisiológicos de la fruta, y crean una atmósfera

modificada que retrasa la senescencia del producto. Por otro lado, no solamente beneficia la calidad de las frutas sino que también es una tecnología benéfica para el medio ambiente ya que se utilizan materias primas con una naturaleza biodegradable (10–18). Algunos autores indican que el uso de materiales compuestos en la formulación de recubrimientos, ayudan a mejorar la funcionalidad del material, beneficiado a las características reológicas y físicas del material (4,12,16,19,20).

La hidroxipropil metil celulosa (HPMC) produce películas que son flexibles, inodoras, insípidas, solubles en agua y resistentes a los aceites y grasas (21), y presenta buenas propiedades de barrera a gases como el oxígeno y aromas (22). Sin embargo, su naturaleza hidrofílica hace que las películas formen barreras ineficientes a la humedad. La adición de bases lipídicas a la matriz de HPMC, forma películas y recubrimientos comestibles compuestos, los cuales ha mejorado sus propiedades de barrera a la humedad (23,24). Estudios han mostrado que el uso de recubrimientos comestibles compuestos de HPMC y cera de abejas aumenta la vida útil de ciruelas (25–28).

En mora se han utilizado métodos de conservación como la aplicación de frío y tecnologías de alta gama como atmosferas modificadas e irradiaciones; el uso de recubrimientos comoestibles en mora no ha sido muy estudiado lo que conlleva al uso de esta nueva tecnología con el fin de aumentar la vida útil de este producto, por lo anterior, este trabajo tuvo como objeto aplicar un recubrimiento comestible a base de hidroxipropil metil celulosa con inclusión de cera de abejas con el fin de disminuir los procesos fisicoquímicos y fisiológicos de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth).

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Investigación en Conservación y Calidad de Alimentos de la Universidad de Nariño.

Se trabajó con mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) provenientes del Encano vereda San José “Finca las Palmas”. Las moras fueron clasificadas en un tamaño uniforme, sin daños mecánicos y contaminación por microorganismos, en grado de madurez 5 tal como lo estipula la Norma Técnica Colombiana NTC 4106; las frutas se sometieron a un lavado, seguido de una desinfección con agua clorada, posteriormente se realizó un segundo lavado para retirar el exceso de hipoclorito en la mora. Finalmente las frutas fueron almacenadas a temperatura de refrigeración (García et al. 1998). También se utilizó

Hidroxipropil metilcelulosa (HPMC), cera de abejas (CA), glicerol (G), ácido esteárico (AE) y Tween 80 (T).

Se utilizó un diseño experimental multifactorial categórico, con los tratamientos T5 (sin recubrimiento-control), T1 (recubrimiento HPMC-0 g CA), T2 (recubrimiento HPMC-20 g CA), T3 (recubrimiento HPMC-40 g CA) y T4 (recubrimiento HPMC-60 g CA).

Preparación del recubrimiento

Se formuló un recubrimiento de HPMC a una solución de 5g/100g (p/p); esta solución se preparó con una dispersión de la HPMC en agua caliente (90°C), los aditivos como la cera de abeja, glicerol, ácido esteárico y tween 80 se adicionaron a la misma temperatura y agitación constante en una plancha de calentamiento y agitación IKA C-MAG HS7 digital. La inclusión de cera de abejas (CA) se hizo a 0 y 20g/100g (base seca), el glicerol (G) se agregó como plastificante a una relación de HPMC: G de 2: 1(p/p), el ácido esteárico (AE) como emulsificante en una relación de CA: AE de 3: 1 (p/p), y por último el Tween 80 se adicionó para mejorar la humectación y la adherencia al fruto del recubrimiento a una concentración de 1,5% (base húmeda). Los recubrimientos se homogeneizaron en un homogeneizador análogo D160 durante un minuto a 12000 rpm seguido de otra homogeneización de 3 minutos a 22000 rpm (29,30).

Aplicación del recubrimiento

Las moras se sumergieron en las formulaciones durante 30 segundos y se secaron a 45-50°C durante tres minutos en una incubadora Gemma in-601 digital (convección forzada). Seguido de este proceso se procedió a almacenar tanto los frutos recubiertos en HPMC y HPMC-CA como el Control en cajas termoformadas a temperatura de refrigeración (4°C) en una nevera Panasonic modelo Np. NR-B521XZ (4,30).

Determinación pérdida de peso

La pérdida de peso se determinó por gravimetría mediante la diferencia entre pesos. Se tomó el peso inicial de las frutas de mora, luego se tomaron los pesos durante los días de estudio en una balanza analítica Ohaus PA214. La pérdida de peso se expresó en porcentaje de pérdida de peso (31).

Índice de respiración

El índice de respiración se determinó con un respirómetro Lutron GC-2029 CO₂. Las muestras se colocaron en un recipiente hermético durante una hora. Los datos se expresaron en mg de CO₂*Kg⁻¹*h⁻¹.

Preparación del jugo de mora

Se licuó la fruta hasta que esté completamente homogeneizada, luego se tamizó para separar las semillas del jugo. El filtrado se utilizó para la determinación de la acidez titulable, sólidos solubles totales y pH.

Determinación propiedades fisicoquímicas

La acidez se determinó por titulación potenciométrica hasta alcanzar un pH de 8,2 (punto de viraje de la fenolftaleína), los resultados se expresaron como % de ácido málico (32). La concentración de sólidos solubles totales expresados en grados Brix (°Bx) se determinaron en el jugo de mora, con un refractómetro de meso Brixco 3030, los resultados se expresaron como porcentaje de sólidos solubles totales, la lectura se corrigió utilizando el porcentaje de ácido tal como lo estipula la (33)NTC 4106. El índice de maduración se calculó con la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable (32). El pH se determinó pesando 10g de pulpa de mora las cuales se homogeneizaron en 100mL de agua destilada a 20°C, para la medición se utilizó un pH-metro TEcpel 870 previamente calibrado (5).

Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y el método LSD (mínimas diferencias significativas) de comparaciones múltiples, con un nivel de confianza del 95%, para evaluar el efecto de los recubrimientos comestibles en las variables antes descritas. Para estos análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI, las gráficas fueron diseñadas en el programa Sigma Plot 10.0.

Resultados

Pérdida de peso

En Figura 1., se muestra el incremento de la pérdida de peso en mora de castilla con recubrimiento y un tratamiento testigo almacenados a 4 °C, se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las moras tratadas con los recubrimientos y el tratamiento testigo a partir del día 3 de almacenamiento. A partir del día 8 se encontró diferencias entre

los T1 y T2, por otro lado, el aumento de 40% a 60% de CA no evidenció un efecto significativo, sin embargo, entre estas concentraciones de CA en los recubrimientos solo se presentaron diferencias con un valor de $p < 0,05$ en el día 10 de almacenamiento.

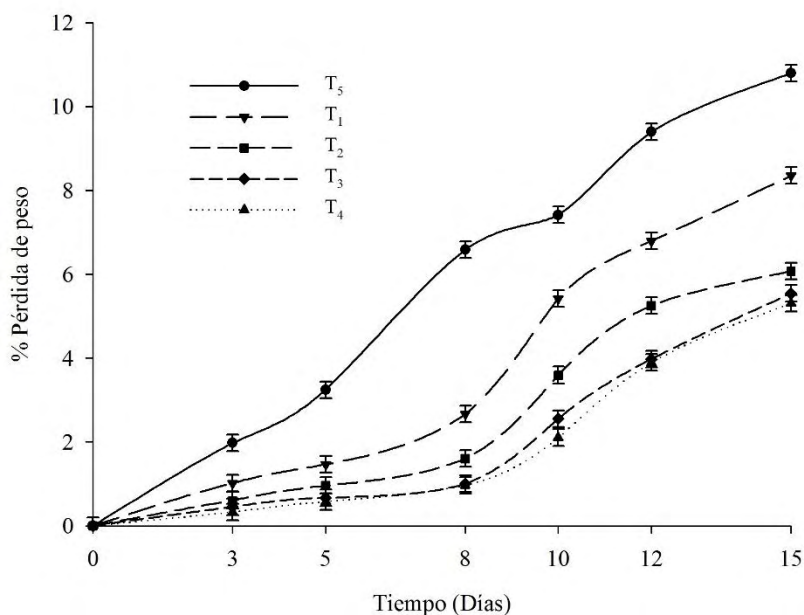


Figura 1. Efecto del tiempo de almacenamiento a 4°C sobre la pérdida de peso de mora de castilla en diferentes tratamientos.

Índice de respiración

La mora de castilla tratada con recubrimientos comestible y el tratamiento testigo presentaron un incremento en el índice de respiración a medida que el periodo almacenamiento a 4 °C aumentó tal como se evidencia en la Figura 2. Los resultados presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados a partir del día 3 de almacenamiento, donde se observó un mayor incremento en el tratamiento testigo con un índice de respiración (IR) de 31,95 $\text{mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ con respecto a las moras tratadas con los distintos recubrimientos donde el IR osciló entre 8,89 – 24,55 $\text{mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Por otro lado, a medida que la concentración de CA incrementa el IR en las frutas de mora se reduce, presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto al tratamiento testigo y al tratamiento sin la adición de CA, sin embargo, entre los tratamientos T3 y T4 no se encontró diferencias ($p > 0,05$) excepto en los días 5 y 15 de almacenamiento.

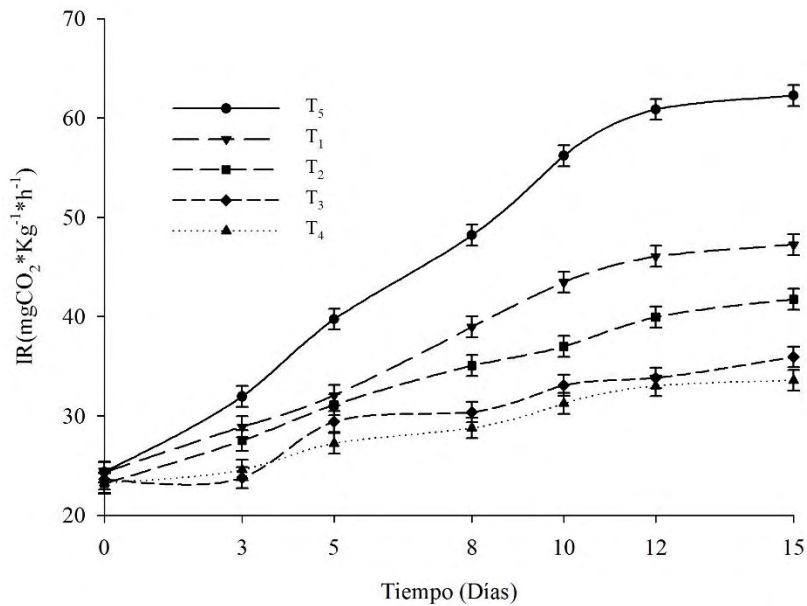


Figura 2. Efecto del tiempo de almacenamiento a 4°C sobre el índice de respiración de mora de castilla en diferentes tratamientos.

Propiedades fisicoquímicas de la mora

En la Figura 3(a), se observa la reducción progresiva de la acidez a medida que incrementa el tiempo de almacenamiento a 4 °C en moras tratadas con recubrimientos y moras testigo. El tratamiento testigo tuvo un descenso de la acidez muy prologando durante los días de evaluación presentando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con respecto a las moras con recubrimiento. Por otro lado, la acidez de la mora con recubrimientos tuvo una reducción mínima hasta el día 8 de almacenamiento, con valores medios que oscilaron entre 2,69-2,83 % de ácido málico, sin embargo, las frutas del tratamiento T1 tuvieron un descenso significativo a partir de este día. El incremento de la

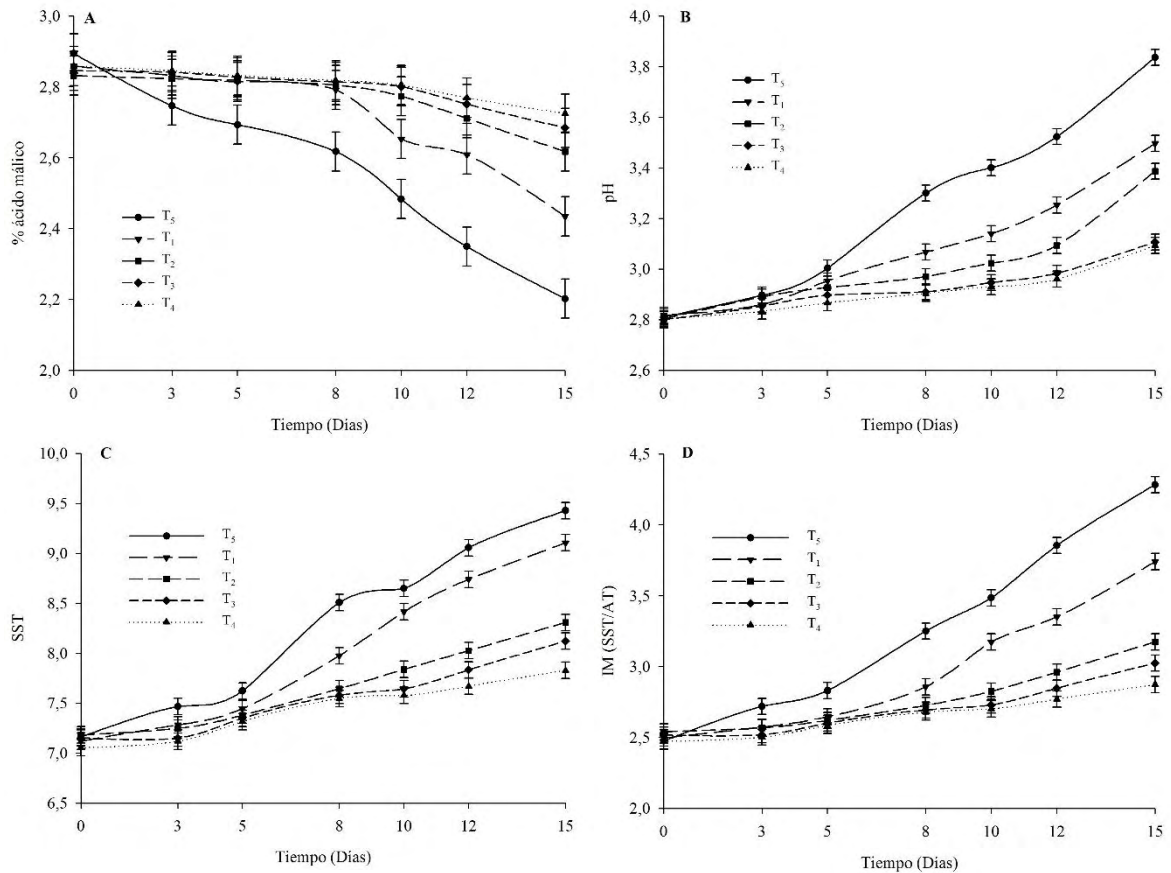


Figura 3. Efecto del tiempo de almacenamiento a 4°C sobre la acidez titulable (a), el pH (b), la relación de SST y TA (c) y los sólidos solubles totales (d) de mora de castilla en diferentes tratamientos.

Los valores de pH tuvieron un incremento a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento a 4 °C en mora de castilla recubierta y testigo como se muestra en la Figura 3(b). Se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) a partir del día 5 entre las moras testigo y las moras tratadas con las diferentes formulaciones. En el día 8 de almacenamiento se presentaron diferencias entre los recubrimientos con inclusión de CA y sin la inclusión de CA con valores entre 2,90-3,07. La inclusión de CA a diferentes concentraciones tuvo un efecto positivo con respecto a los tratamientos testigo y sin la inclusión de CA. Cabe resaltar que entre el tratamiento T2 y T3 se presentaron diferencias significativas a partir del día 10 de almacenamiento, sin embargo, entre el tratamiento T3 y T4 no se evidenció diferencias en el tiempo de almacenamiento presentando valores finales de 3,11 y 3,09 respectivamente.

El incremento de los sólidos solubles totales durante el periodo de almacenamiento a 4 °C de moras tratadas con recubrimiento y las moras testigo se presenta en la Figura 3b. En general, se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados y el tratamiento testigo a partir del día 3 de almacenamiento, cabe resaltar que cuando la concentración de CA aumenta en el recubrimiento el incremento de los sólidos es menor que en el tratamiento testigo, además, entre los tratamientos con la inclusión de CA se presentaron diferencias significativas a partir del día 10 de almacenamiento con valores oscilantes entre 7,58-7,84 °Bx. Para el día 15 de almacenamiento se presentaron diferencias significativas tanto en frutas tratadas con los diferentes recubrimientos y las frutas testigo con valores finales de 9,43 °Bx para el T5 y 9,11-8,31-8,12-7,83 °Bx para T1, T2, T3 y T4 respectivamente.

En la Figura 3c., se muestra el incremento de la relación entre los SST y la AT en moras recubiertas y moras control almacenadas durante 15 días a 4 °C. Se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre las moras testigo y las moras con recubrimiento a partir del día 3 de almacenamiento. La inclusión de CA tuvo un efecto positivo en el control de este parámetro, sin embargo, a partir del día 12 se presentaron diferencias en el tratamiento T2 con respecto a los tratamientos T3 y T4. Por otro lado, el incremento de 40% a 60% de CA sólo evidenció diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en el día 15 de almacenamiento.

Discusión

La pérdida de peso se presenta por la difusión del vapor de agua impulsado por un gradiente de presión de vapor aumentando los procesos fisiológicos que se llevan a cabo durante la maduración de la mora (32,34). La aplicación de los recubrimientos formulados a base de HPMC y CA acompañados de un almacenamiento a 4 °C, resultó eficiente para disminuir la pérdida de peso en mora de castilla, debido a que estos compuestos generan una barrera al vapor de agua disminuyendo la tasa de transferencia de masa (34). Además, esta reducción también puede presentarse por la barrera formada por la aplicación de los recubrimientos, ya que se reduce el proceso de respiración evitando la pérdida de un átomo de carbono (35,36). Los resultados obtenidos en la medición de este parámetro son similares a los presentados en moras recubiertas con mucílago de penca (4), otros autores indican una reducción de pérdida de peso en ciruelas, tomates y naranjas recubiertas con HPMC y bases lipídicas tales como CA y goma laca (29,30,37). En el caso del índice de respiración, la reducción se debe posiblemente a la inclusión de CA, que al ser una base lipídica reduce el intercambio gaseoso, formando una barrera estable al CO₂ y al O₂. Por otro lado, el uso de glicerol también ayuda a la disminución del intercambio gaseoso modificando la atmosfera interna entre la mora y el recubrimiento (22,31,38,39). La tendencia de reducir el IR en frutas también se reportó en mora y fresa recubiertas con mucílago de Aloe Vera (4,31).

La reducción de la acidez está asociada con la maduración de la fruta (14,32,34,40), además algunos autores indican que el proceso de respiración acelera la pérdida de la acidez titulable (4). En esta investigación los recubrimientos comestibles utilizados lograron reducir el índice de respiración, por ende y de acuerdo con otros autores se retrasó la oxidación de los ácidos orgánicos los cuales son sustratos del proceso de respiración (4,14,16,34). Los resultados obtenidos en esta investigación tienen un comportamiento similar a los reportados en mora de castilla tratada con un recubrimiento de Aloe Vera (4), al igual que en moras recubiertas con aceite esencial de canela (41) y en fresas recubiertas con mucílago de penca (31). Por otro lado, el incremento en los valores de pH puede atribuirse a la unión de fragmentos de pectina libres en la pared celular con los polifenoles durante los procesos de maduración de la mora (32), otros atribuyen este incremento a los procesos de senescencia de la fruta (41), algunos autores evidencian en sus investigaciones un control en el incremento del pH en frutas como mora de castilla recubierta con mucilago

de penca (4), tomate recubierto con HPMC y CA (29). En esta investigación se observó una relación inversa entre la acidez y el pH de mora de castilla, es decir a medida que la acidez titulable disminuyó con el paso del tiempo de almacenamiento, el pH aumentó; esta relación puede generarse por la reducción de los ácidos orgánicos presentes en la fruta por los procesos fisiológicos (29). Debido a que la mora al ser un fruto blando no contiene cantidades de almidón considerables, el aumento de los sólidos solubles totales en mora de castilla puede atribuirse a la conversión de los ácidos orgánicos en azúcares (6), otros autores indican que el aumento en la concentración de los sólidos solubles presentes en la mora se debe a las altas pérdidas de peso que esta fruta tiene (4); este comportamiento también fue reportado en mora de castilla almacenada en atmósferas modificadas (6), además, en frutas como aguacate, ciruelas y moras que fueron recubiertas con diferentes bases lipídicas, y fresas almacenadas en empaque de polipropileno donde los sólidos solubles totales aumentaron (4,15,30,42). Por otro lado, se reportó que los SST de dos variedades de zarzamora disminuyen a medida que el periodo de almacenamiento aumenta, lo que sucede por el alto perecimiento de las bayas (32). La relación entre los SST y la AT son reportados como el mejor indicador de la maduración de bayas (32). El aumento de la relación de los SST y la AT puede presentarse en gran medida por una disminución progresiva de la AT. Una relación alta entre SST y AT ha sido usada para algunas bayas como indicador de buena calidad, sin embargo, para arándanos una relación alta de SST y AT indica la senescencia de la fruta (32). El incremento en esta relación también se reportó en frutas como mora y zarzamoras que fueron almacenadas con atmósferas modificadas (6,32).

Conclusiones

La aplicación de un recubrimiento comestible a base de Hidroxipropil metilcelulosa con la inclusión de cera de abejas fue un método efectivo en la conservación de las propiedades fisicoquímicas como la acidez titulable, los sólidos solubles totales, el índice de madurez, el pH y las propiedades fisiológicas como la pérdida de peso y el índice de respiración de la mora de castilla. Se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a los tratamientos con las diferentes formulaciones y el tratamiento testigo debido a un control ejercido posiblemente por los recubrimientos sobre los parámetros

anteriormente mencionados durante un periodo de almacenamiento de 15 días a 4 °C, dando como resultado un aumento en la vida útil de este fruto.

Referencias

1. Alzate-Quintero AC, Mayor-Marin N, Montoya-Barreto S. Influencia del manejo agronómico, condiciones edáficas y climáticas sobre las propiedades físicoquímicas y fisiológicas de la mora (*Rubus glaucus* Benth) en dos zonas de la región centro sur del departamento de caldas. *Agronomía*. 2010;18(2):37–46.
2. Antia G, Torres J. El manejo post-cosecha de Mora (*Rubus glaucus* Benth). Serie de paquetes de capacitación sobre manejo post-cosecha de frutas y hortalizas; No. 12. Programa Nacional del SENA de capacitación en Manejo post cosecha y comercialización de frutas y hortalizas. Magnitud. Bogotá: OP gráficas; 1998. p. 272.
3. Cueva-Cañarte MB. Efecto de la radiación UV-C sobre el tiempo de vida útil de mora (*Rubus glaucus* Benth). Universidad Tecnológica Equinoccial; 2010. p. 79.
4. Ramírez J, Aristizábal I, Restrepo J. Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *Vitae. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. 2013;20(3):172–83.
5. Reina CE. Manejo Postcosecha y Evaluación de la Calidad para la Mora de Castilla (*Rubus glaucus*) que se Comercializa en la Ciudad de Neiva. Universidad Sur Colombiana; 1998. p. 148.
6. Sora AD, Fischer G, Flórez R. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) en empaques con atmósfera modificada. *Fisiología y Tecnología Poscosecha*. 2006;24(2):306–16.
7. Kaushik N, Kaur BP, Rao PS, Mishra HN. Effect of high pressure processing on color, biochemical and microbiological characteristics of mango pulp (*Mangifera indica* cv. *Amrapali*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. Elsevier Ltd; 2014 Apr;22:40–50.
8. Patras A, Brunton N, Da Pieve S, Butler F. Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of

- strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. Elsevier B.V.; 2009 Jul;10(3):308–13.
9. São José JFB De, Andrade NJ De, Ramos AM, Vanetti MCD, Stringheta PC, Chaves JBP. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. *Food Control*. Elsevier Ltd; 2014 Nov;45:36–50.
 10. Ayranci E, Tunc S. Cellulose-based edible films and their effects on fresh beans and strawberries. *Z. Lebensm Unters Forsch A*. 1997;205:470–3.
 11. Chiumarelli M, Hubinger MD. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch-carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids*. Elsevier Ltd; 2012 Jul;28(1):59–67.
 12. Del-Valle V, Hernández-Muñoz P, Guarda A, Galotto MJ. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*. 2005 Aug;91(4):751–6.
 13. Gol NB, Patel PR, Rao TVR. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*. Elsevier B.V.; 2013 Nov;85:185–95.
 14. Han C, Zhao Y, Leonard S., Traber M. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*. 2004 Jul;33(1):67–78.
 15. Saucedo-Pompa S, Rojas-Molina R, Aguilera-Carbó A, Saenz-Galindo A, De La Garza H, Jasso-Cantú D, et al. Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International*. Elsevier Ltd; 2009 May;42(4):511–5.
 16. Tanada-Palmu P, Grosso C. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*. 2005 May;36(2):199–208.
 17. Vu KD, Hollingsworth RG, Leroux E, Salmieri S, Lacroix M. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Research International*. 2011 Jan;44(1):198–203.

18. Xu S, Chen X, Sun D. Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *Journal of Food Engineering*. 2001;50:211–6.
19. Galus S, Lenart A. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. *Journal of Food Engineering*. Elsevier Ltd; 2013 Apr;115(4):459–65.
20. Saavedra N, Algecira N. Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Nova- Publicacion científica en ciencias biomédicas*. 2010;8(14):171–82.
21. Greener-Donhowe IK, Fennema OR. Edible films and coatings: a review. *Food Technology*. 1986;40:47–59.
22. Miller KS, Krochta JM. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 1997;81(July):228–37.
23. Hagenmaier RD, Shaw PE. Moisture permeability of edible films made with fatty acid and hydroxypropyl methylcellulose. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1990;38:1799–803.
24. Kamper SL, Fennema OR. Water vapor permeability of an edible, fatty acid, bilayer film. *Journal of food science*. 1984;49:1482–5.
25. Navarro-Tarazaga M, Del Río M, Krochta J, Pérez-Gago M. Fatty acid effect on hydroxypropyl methylcellulose-beewax edible film properties and postharvest quality of coated “Ortanique” mandarins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008;56(22):10689–96.
26. Navarro-Tarazaga M, Pérez-Gago M. Effect of edible coatings on quality of mandarins Cv. Clemenules. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 2006;119:350–2.
27. Navarro-Tarazaga M, Pérez-Gago M, Goodner K, Plotto A. A new composite coating containing HPMC, beeswax, and shellac for “Valencia” oranges and “Marisol” tangerines. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 2007;120:228–34.
28. Pérez-Gago M, Rojas C, Del Río M. Effect of lipid type and amount of edible hydroxypropyl methylcellulose-lipid composite coatings used to protect postharvest quality of mandarins cv. Fortune. *Journal of food science*. 2002;67(8):2903–10.

29. Fagundes C, Palou L, Monteiro AR, Pérez-Gago MB. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*. Elsevier B.V.; 2014 Jun;92:1–8.
30. Navarro-Tarazaga M, Massa A, Pérez-Gago M. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (*Cv. Angeleno*). *LWT - Food Science and Technology*. Elsevier Ltd; 2011 Dec;44(10):2328–34.
31. Restrepo J, Aristizábal I. Conservación de fresa (*Fragaria ananassa Duch cv. Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba. *Vitae. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. 2010;17:252–63.
32. Joo M, Lewandowski N, Auras R, Harte J, Almenar E. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food chemistry*. Elsevier Ltd; 2011 Jun 15;126(4):1734–40.
33. Norma Técnica Colombiana. NTC 4106: Frutas Frescas. Mora de castilla. Especificaciones. 1997.
34. Yaman Ö, Bayoındurlı L. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT - Food Science and Technology*. 2002 Mar;35(2):146–50.
35. Labuza T. Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. [Internet]. Saint Paul. Food / Nahrung. Minnesota: American Association of Cereal Chemists; 1984. p. 92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/food.19850290122>
36. Pan J, Bhowmilk S. Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. *Journal of Food Science*. 1992;57:948–53.
37. Valencia-Chamorro S a., Pérez-Gago MB, Del Río MÁ, Palou L. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)–lipid edible composite coatings on postharvest decay development and quality attributes of cold-stored “Valencia” oranges. *Postharvest Biology and Technology*. 2009 Nov;54(2):72–9.

38. Hong S, Krochta J. Oxygen barrier performance of whey-protein-coated plastic films as affected by temperature, relative humidity, base film and protein type. *Journal of Food Engineering*. 2006;77(3):739–45.
39. Ribeiro C, Vicente A, Teixeira J, Miranda C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*. 2007 Apr;44(1):63–70.
40. Martínez-Romero D, Albuquerque N, Valverde JM, Guillén F, Castillo S, Valero D, et al. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*. 2006 Jan;39(1):93–100.
41. González Cabrera MV. Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2010. p. 165.
42. Sanz C, Pérez AG, Olías R, Olías JM. Quality of Strawberries Packed with Perforated Polypropylene. *Journal of food science*. 1999;64(4):748–52.

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE LA MORA DE CASTILLA
(*Rubus glaucus* Benth) CON RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES
PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY EVALUATION OF BLACKBERRY (*Rubus
glaucus* Benth) WITH EDIBLE COATINGS**

Resumen

Debido al aumento en el consumo de frutas en estado fresco que mantenga sus propiedades sensoriales y nutricionales intactas y a la gran importancia de producción en mora de castilla para Colombia, esta investigación tuvo como objeto evaluar un recubrimiento comestible de hidroxipropil metilcelulosa y cera de abejas sobre la firmeza y el cambio de color, y las propiedades sensoriales de la mora. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados en los parámetros de firmeza, L^* , a^* , b^* y ΔE , sin embargo, los recubrimientos con una concentración de 40% y 60% de CA no tuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$). Por otro lado, las propiedades sensoriales como color, olor, sabor y textura tuvieron un descenso en la aceptabilidad de cada uno de los parámetros tanto para las moras recubiertas como para las moras testigo, sin embargo, la aplicación de los recubrimientos tuvo en mayor efecto sobre la aceptabilidad de los parámetros evaluados con respecto al testigo. En general, la aplicación de los recubrimientos comestibles logró un aumento en vida útil de la mora gracias al control ejercido sobre los parámetros evaluados.

Palabras clave: Cambio de color, hidroxipropil metilcelulosa, mora de castilla, propiedades sensoriales, vida útil.

Abstract

Due to the increase on the consumption of fresh fruits with intact sensorial and nutritional properties, and due to the big importance of blackberry in Colombia, this investigation focused on the evaluation of edible coatings made of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax, considering the firmness, change in color, and blackberry sensorial properties. It were found significant differences ($p < 0.05$) between evaluated treatments regarding with firmness, L^* , a^* , b^* and ΔE , however the coatings edible with beeswax concentrations of 40% and 60% did not present significant differences ($p > 0.05$). Sensorial properties like color, flavor, taste and texture showed a decrease on its acceptability in coated and non-coated fruits. However the edible coating application had

an effect on the acceptability in contrast to the control sample. In general, the edible coating application reached an increase on the blackberry shelf life due to the control on the evaluated parameters.

Keywords: Change in color, hydroxypropyl methylcellulose, blackberry, sensorial properties, shelf life.

Introducción

Dentro de las frutas de interés nacional por su potencialidad industrial se encuentra la mora, fruta caracterizada por ser una rica fuente en vitaminas y minerales que posee gran apuesta institucional para su producción, considerando su bajo costo de cultivo y manutención. La vida útil de la mora es muy corta, está entre los 3 a 5 días, razón por la cual la cosecha y el manejo deben ser muy cuidadosos y eficientes. Las pérdidas son muy altas, alrededor de 70%, cuando el manejo no se hace adecuadamente. La fruta se debe almacenar entre 0 a 1 °C, con humedad relativa de 90 a 95% y por un periodo de 4 días, para evitar la deshidratación de los frutos y ofrecer un producto de calidad (Sora et al. 2006).

La prioridad de las industrias de alimentos es reducir las pérdidas agrícolas y mantener la calidad de las frutas frescas por un mayor periodo de tiempo, lo cual se logra con la implementación de diferentes métodos de conservación (Velickova et al. 2013). En la actualidad la conservación de frutas y verduras se ha convertido en un reto para las industrias, debido a que el carácter biológico de dichos productos, implica una naturaleza altamente perecedera, que en términos comerciales, causan considerables pérdidas económicas. Es por eso que los investigadores han trabajado en el uso de tecnologías adecuadas para aumentar la vida útil de este tipo de productos (Hager et al. 2008; Jacques et al. 2010).

Entre los métodos de conservación comúnmente utilizados para alargar la vida útil de frutas y verduras, se encuentran tratamientos térmicos bruscos y cadenas de frío, los cuales alteran la calidad sensorial y nutricional del producto, además estas técnicas implican limitantes importantes por costos de inversión y mantenimiento (Restrepo & Aristizábal 2010). Surge la necesidad de evaluar nuevas tecnologías que tengan en cuenta el alto grado de susceptibilidad de los frutos de mora, conservando características sensoriales y nutricionales. Entre estas nuevas tecnologías se encontró el uso de películas y

recubrimientos comestibles, el cual es un sistema de procesamiento que brinda ventajas competitivas al producto a trabajar. Las películas y recubrimientos comestibles representan un método alternativo para conservar la calidad poscosecha de frutas y verduras ya que permite aumentar la vida útil de los alimentos sin representar una amenaza para el medio ambiente considerando el uso de matrices con naturaleza biodegradable (Chiumarelli & Hubinger 2014; Del-Valle et al. 2005; Vu et al. 2011; Xu et al. 2001).

En mora se han utilizado métodos de conservación como la aplicación de frío y tecnologías de alta gama como atmosferas modificadas e irradiaciones; el uso de recubrimientos comoestibles en mora no ha sido muy estudiado lo que conlleva al uso de esta nueva tecnología con el fin de aumentar la vida útil de este producto, por lo anterior, este trabajo tuvo como objeto aplicar un recubrimiento comestible a base de hidroxipropil metil celulosa con inclusión de cera de abejas con el fin de disminuir los procesos fisicoquímicos como la firmeza y el cambio de color y sensoriales de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth).

Materiales y métodos

Las frutas de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) fueron cosechadas en el Corregimiento del Encano Vereda San José “Finca las Palmas” (Pasto), se trasladaron al Laboratorio de Investigación en Conservación y Calidad de Alimentos de la Universidad de Nariño, donde se clasificaron según un tamaño uniforme, sin daños mecánicos y contaminaciones por microorganismos con un grado de madurez de 5 según la NTC 4106. Se realizó un lavado, seguido de una desinfección con agua clorada con una concentración de 0,25 g/L. Finalmente se almacenaron las frutas a temperatura de refrigeración hasta su posterior uso (García et al. 1998b; García et al. 1998a).

Preparación del recubrimiento

Se formuló un recubrimiento de HPMC a una solución de 5g/100g (p/p); esta solución se preparó con una dispersión de la HPMC en agua caliente (90°C), los aditivos como la cera de abeja, glicerol, ácido esteárico y tween 80 se adicionaron a la misma temperatura y agitación constante en una Plancha de calentamiento y agitación IKA C-MAG HS7 digital. La inclusión de Cera de abeja se hizo a 20g/100g (base seca), el glicerol se agregó como plastificante a una relación de HPMC: glicerol de 2: 1 (p/p), el ácido esteárico como emulsificante en una relación de cera de abeja: ácido esteárico de 3: 1 (p/p),

y por último el Tween 80 se adicionó para mejorar la humectación y la adherencia al fruto del recubrimiento a una concentración de 1.5% (base húmeda). Los recubrimientos se homogenizaron en un homogeneizador análogo D160 durante un minuto a 12000 rpm seguido de otra homogenización de 3 minutos a 22000 rpm (Fagundes et al. 2014; Navarro-Tarazaga et al. 2011).

Aplicación del recubrimiento

Las moras se sumergieron en las formulaciones durante 30 segundos y se secaron a 45-50°C durante tres minutos en una incubadora Gemma in-601 digital (convección forzada). Seguido de este proceso se procedió a almacenar tanto los frutos recubiertos en HPMC y HPMC-CA como el control en cajas termoformadas a temperatura de refrigeración en una nevera Panasonic modelo No. NR-B521XZ (Navarro-Tarazaga et al. 2011; Ramírez et al. 2013).

Determinación de la firmeza

La firmeza de las frutas de mora se determinó utilizando un Texturómetro LLOYD LS1, y el software NEXYGEN PLUS 3.0. Se utilizó una sonda de acero inoxidable plana de 5 mm de diámetro, a una velocidad de 2 mm/s y una penetración de hasta 10 mm de profundidad, sobre una de las caras en la zona ecuatorial de cada fruto hasta el centro basal (Ramírez et al. 2013).

Determinación de color

La medición de color se realizó sobre el epicarpio de la zona ecuatorial de cada fruto tomando tres lecturas, se utilizó un Espectrofotómetro Konica Minolta CM5, obteniendo coordenadas de color L*, a*, b*, donde L* indica la luminosidad, a* indica la cromaticidad en el eje verde (-) a rojo (+), y b* indica cromaticidad azul (-) a amarillo (+). Con estas coordenadas se calculó la diferencia de color utilizando la siguiente formula

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Donde ΔL^* , Δa^* , y Δb^* representan las diferencias entre las coordenadas de color de los frutos recubiertos y de los frutos control (Restrepo & Aristizábal 2010).

Análisis sensorial

La evaluación sensorial se efectuó diariamente durante el período de almacenamiento, seleccionando frutas de cada uno de los tratamientos. Se efectuaron las pruebas de color, olor, sabor y textura, utilizando una escala hedónica, donde 1 equivale a

me disgusta muchísimo, 2 a me disgusta mucho, 3 a me disgusta moderadamente, 4 a me disgusta ligeramente, 5 a ni me gusta ni me disgusta, 6 a me gusta ligeramente, 7 a me gusta moderadamente, 8 a me gusta mucho, y 9 a me gusta muchísimo. La evaluación la realizaron treinta jueces tipo consumidor.

Análisis Estadístico

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y el método LSD (mínimas diferencias significativas) de comparaciones múltiples, con un nivel de confianza del 95%, para evaluar el efecto de los recubrimientos comestibles en las variables antes descritas. Para estos análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI, las gráficas fueron diseñadas en el programa Sigma Plot 10.0.

Resultados y discusión

Determinación de la firmeza

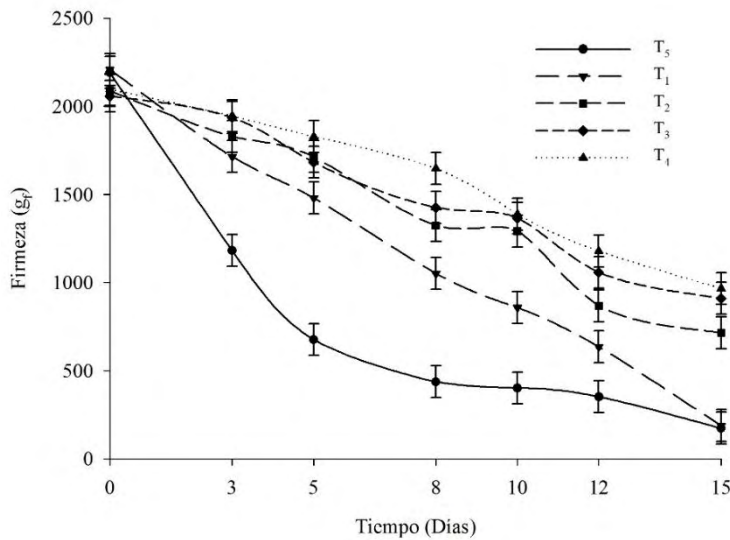


Figura 1. Efecto del tiempo de almacenamiento a 4°C sobre la firmeza de mora de castilla en diferentes tratamientos.

En la Figura 1., se muestra el comportamiento de la firmeza observado en moras tratadas con recubrimientos comestibles y moras sin recubrimiento almacenadas a 4 °C. La firmeza tuvo un comportamiento descendente a medida que el tiempo de almacenamiento aumenta. A partir del día 3 de almacenamiento se observó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos con recubrimiento y las frutas testigo. La adición de CA como base lipídica en los recubrimientos tuvo un efecto positivo para controlar la pérdida

de firmeza presentando diferencias significativas con respecto al tratamiento sin la inclusión de CA a partir del día 5 de almacenamiento. Al finalizar el periodo de almacenamiento no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el tratamiento control y el tratamiento con HPMC sin adición de CA con un valor de firmeza de 173,16 y 187,44 g_f respectivamente. Dentro de los tratamientos con adición de CA se presentaron diferencias significativas a partir del día 12 de almacenamiento cuando la concentración incrementa de 20% a 40% de CA, sin embargo, el incremento del 40% a 60% de CA no presenta diferencias estadísticamente significativas. En general la aplicación de recubrimientos de HPMC y CA lograron controlar la pérdida de firmeza con valores finales de 714,71 g_f para una concentración de CA de 20%, 909,90 g_f para una concentración de CA de 40%, y 965,67 g_f para una concentración de CA de 60%. La retención de la firmeza puede explicarse por la degradación retardada de las protopectinas insolubles a ácidos pécticos y pectinas más solubles.

Durante la maduración del fruto, la despolimerización o acortamiento de longitud de cadena de sustancias de pectina se produce con un aumento en las actividades de pectinesterasa y poligalacturonasa (Yaman & Bayındırlı 2002). Por otro lado, bajas concentraciones de oxígeno y altas concentraciones de dióxido de carbono reducen las actividades de estas enzimas y permiten la retención de la firmeza de frutas durante el almacenamiento (Salunkhe et al. 1991). La pérdida de la firmeza se asocia a la degradación de los polímeros presentes en la pared celular que están involucrados en la adhesión celular con ácidos pécticos, por otro lado, la fruta tiende a suavizar sus tejidos por la pérdida de turgencia celular y la pérdida de aire extracelular y vascular (Del-Valle et al. 2005; Joo et al. 2011; Ramírez et al. 2013). Igualmente la firmeza se ve afectada por la migración del vapor de agua desde las frutas hasta la superficie, favoreciendo el crecimiento de mohos que generan daños estructurales en los tejidos provocando su ablandamiento (Ramírez et al. 2013). Por lo tanto, la disminución sobre la pérdida de firmeza en los diferentes tratamientos se debe a que los recubrimientos comestibles actúan como una barrera sobre la migración del vapor de agua. Los resultados son similares a los presentados en moras recubiertas con mucílago de Aloe vera (Ramírez et al. 2013), de igual forma se presentó en fresas recubiertas con mucílago de cactus y fresas con recubrimientos de quitosano-calcio (Del-Valle et al. 2005; P Hernández-Muñoz et al. 2008).

Determinación de color

En las Figuras 2(a), 2(b), 2(c) y 2(d), se presentan los comportamientos de los parámetros L^* , a^* , b^* y ΔE en moras de castilla tratadas con recubrimientos comestibles y moras sin recubrimiento almacenadas a 4 °C durante un periodo de 15 días. La luminosidad (L^*) tuvo un comportamiento decreciente para los diferentes tratamientos evaluados presentando diferencias significativas con un valor de $p < 0,05$. La aplicación de los recubrimientos comestibles en mora tuvieron un efecto positivo con respecto al tratamiento control, por otro lado, la adición de CA presentó una menor pérdida de la luminosidad, sin embargo, los recubrimientos con concentraciones de 40% y 60% de CA no tuvieron diferencias ($p > 0,05$) al finalizar el periodo de almacenamiento. La coordenada a^* de color en moras decrece a medida que aumenta el tiempo para todos los tratamientos evaluados durante 15 días de almacenamiento como se evidencia en la Figura 2(b). El tratamiento testigo tuvo un descenso de 11 unidades del parámetro a^* con respecto a los tratamientos donde se aplicaron los recubrimientos comestibles presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sí. Además, la inclusión de CA en los recubrimientos logró controlar el descenso de la coordenada a^* presentando una disminución entre 4-6 unidades aproximadamente. Con respecto a la coordenada b^* , se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos control y los tratamientos con aplicación de recubrimiento.

Los recubrimientos comestibles aplicados a la mora lograron controlar el descenso de este parámetro, por otro lado, la adición de CA tuvo un efecto significativo comparado con el recubrimiento sin la adición de CA, sin embargo, el incremento de la concentración de CA en las formulaciones no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$). El cambio de color (ΔE) en moras recubiertas y en moras sin recubrimientos almacenados a 4 ° C se presenta en la Figura 2(d). En general, el ΔE tuvo un comportamiento creciente, el tratamiento control tuvo un mayor incremento con respecto a los tratamientos donde se aplicó recubrimiento comestible.

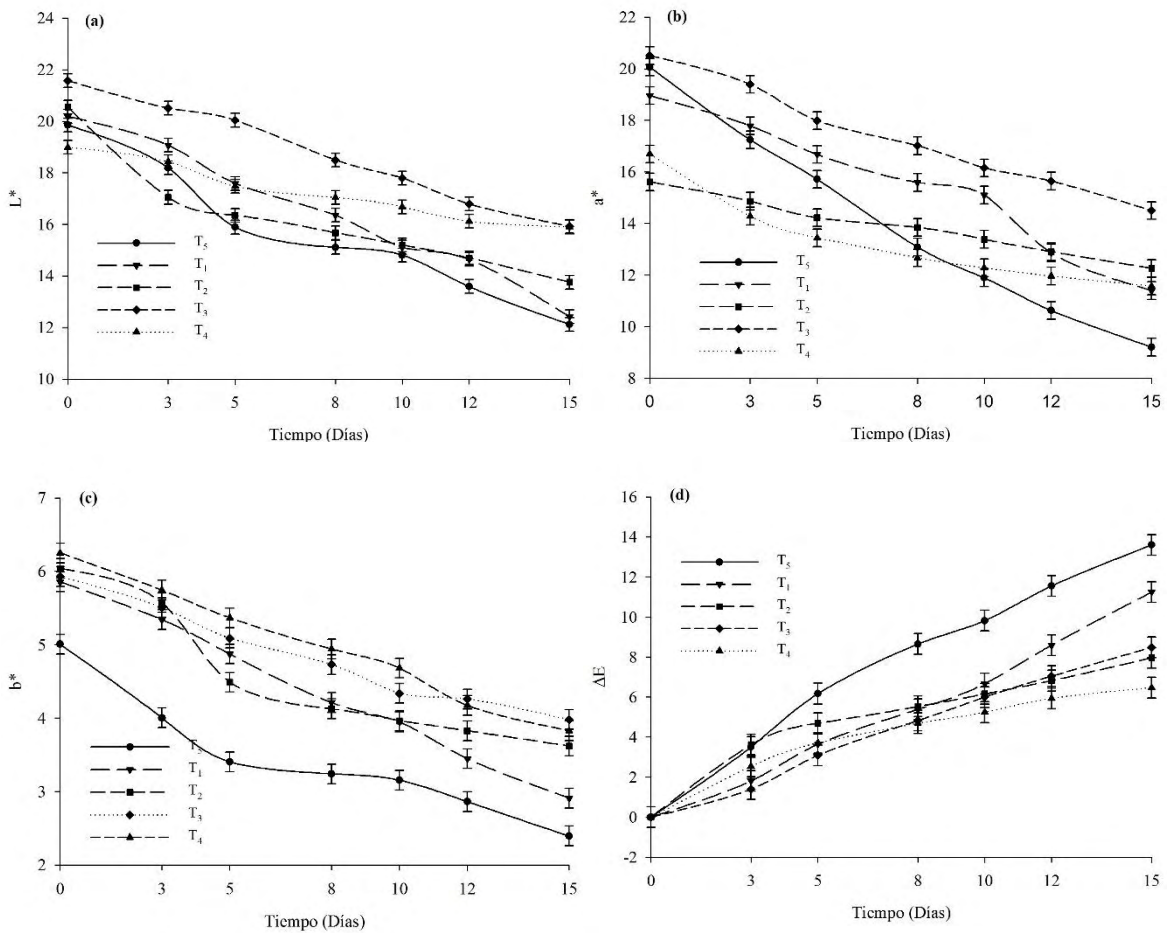


Figura 2. Efecto del tiempo de almacenamiento a 4°C sobre el parámetro L* (a), a* (b), b* (c) y el cambio de color ΔE (d) de mora de castilla en diferentes tratamientos.

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos con la adición de CA y el tratamiento sin la adición de CA, sin embargo, entre las concentraciones de 20% y 40% de CA no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) al finalizar el periodo de almacenamiento, por otro lado, el tratamiento con 60% de CA evidenció diferencias con respecto a los otros tratamientos aplicados en el día 15 de almacenamiento, presentando un menor ΔE con un valor de 6,5.

El descenso del parámetro de luminosidad se presenta posiblemente porque se presentan reacciones de pardeamiento oxidativo y también por la pérdida de humedad que se pueden generar durante el almacenamiento (Pilar Hernández-Muñoz et al. 2006; Trejo-Márquez et al. 2007). La adición de recubrimientos comestibles ayuda a controlar los

procesos de oxidación enzimática que generan el pardeamiento (J. Lee et al. 2003; Soliva-Fortuny & Martín-Belloso 2003). La reducción de los valores de a^* se ve afectada por un incremento en la tasa de respiración y de los procesos enzimáticos que conducen a reacciones de pardeamiento (Del-Valle et al. 2005). La caída en los valores del parámetro de b^* en mora puede ser atribuido a la deshidratación superficial del fruto (Ismaila et al. 2008), además, la temperatura de refrigeración ayuda a retrasar los procesos fisiológicos de la mora.

Algunos fenómenos fisiológicos en los tejidos como la transpiración se ven reflejados en la pérdida de humedad durante el almacenamiento lo cual puede afectar el cambio de color (Del-Valle et al. 2005). Además el incremento de la respiración y los procesos enzimáticos son causantes de la pérdida de calidad visual y algunas pigmentaciones (Trejo-Márquez et al. 2007), la reducción en el cambio de color presentada en los tratamientos con aplicación de los recubrimientos comestibles puede ser atribuido a la formación de una barrera que retarda los cambios bioquímicos de la fruta y controlando los cambios de color externo e interno de la fruta (Hoa & Ducamp 2008). Por otro lado este cambio también pudo presentarse por la degradación de los ácidos esenciales. El descenso de las coordenadas L^* , a^* , b^* , también se presentó en moras de castilla recubiertas con Aloe vera y cera de carnauba (Ramírez et al. 2013), en fresas recubiertas con un recubrimiento a base de gelatina la luminosidad tuvo un comportamiento decreciente (Trejo-Márquez et al. 2007), en cuanto al cambio de color (ΔE) el comportamiento creciente se reportó en fresa recubierta con gel de aloe vera (Restrepo & Aristizábal 2010).

Análisis sensorial

En la Figura 3, se observa el análisis de color sensorial realizado en moras de castilla con recubrimiento y sin recubrimiento almacenadas a 4 °C durante 15 días. En el día 0, se encontró que no se presentan diferencias significativas ($P > 0,05$) en los tratamientos evaluados, en el día 3 de almacenamiento se observó que entre el tratamiento con moras control y recubiertas con HPMC no hay diferencias significativas, sin embargo, la adición de CA a los recubrimientos comestibles tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) con respecto a los otros tratamientos. Por otro lado, a partir del día 5 de almacenamiento no se presentaron diferencias entre los tratamientos con recubrimientos comestibles hasta

finalizar el periodo de almacenamiento. A partir del día 12 y 15 no se realizaron pruebas de color en los tratamientos control y las moras recubiertas con HPMC, debido a la presencia de mohos en la superficie de la fruta. En general, la percepción del color sensorial de la mora tuvo un descenso con el aumento de los días de evaluación para todos los tratamientos.

Este comportamiento se observó en mora de castilla tratada con un recubrimiento de aloe vera, donde se obtuvo que las moras tratadas con recubrimiento comestible tenían una mayor percepción de este parámetro con respecto a las frutas control (Ramírez et al. 2013). La pérdida de calidad del parámetro de color puede ser atribuida a los procesos fisiológicos que se llevan a cabo durante los periodos de almacenamiento de la fruta, además, las bajas temperaturas eventualmente pueden causar cambios de color (Ismaila et al. 2008).

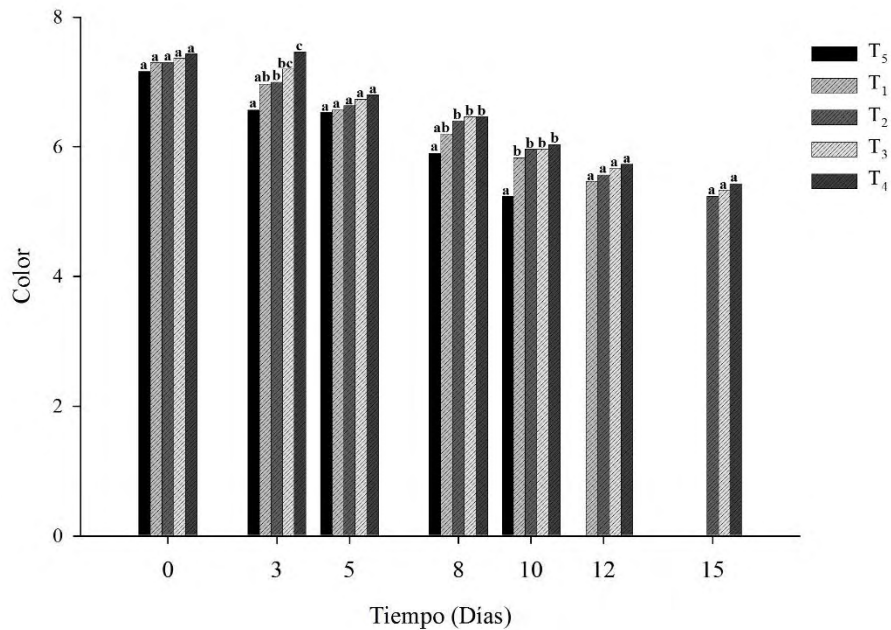


Figura 3. Análisis de color en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (P>0,05).

La percepción del olor en las moras de castilla tratadas con recubrimiento comestible y sin recubrimiento almacenadas a 4 °C durante un periodo de 15 días se

muestra en la Figura 4, se evidenció diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% según pruebas de LSD de Fisher entre el tratamiento control y el tratamiento con recubrimiento comestible y la inclusión de CA a una concentración de 60%, el olor o aroma de la mora según los jueces tiende a disminuir con el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, la reducción de este parámetro en los recubrimientos fue menor con respecto a la reducción de las moras control, este comportamiento se observó en mora de castilla recubierta con aloe vera, donde el recubrimiento logró formar una barrera contra la pérdida de aromas de la fruta (Ramírez et al. 2013).

Por otro lado, en los días 3 y 5 de almacenamiento la inclusión de CA tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) con respecto a los otros tratamientos evaluados, no obstante, a partir del día 8 no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos con recubrimientos comestibles. Al igual como ocurrió en el parámetro de color, la prueba de olor no se llevó a cabo a partir del día 12 y 15 para los tratamientos control y HPMC respectivamente. La reducción en la pérdida del olor en moras que se presentó por la aplicación de los recubrimientos comestibles podría deberse a que los recubrimientos utilizados forman una barrera semipermeable que reduce el paso de compuestos aromáticos desprendidos por el fruto durante sus procesos fisiológicos (Han et al. 2004), otra razón por la cual se presentó esta reducción del olor puede ser que los compuestos utilizados en las formulaciones pueden encapsular los compuestos aromáticos, debido a su baja permeabilidad al oxígeno (Falguera et al. 2011).

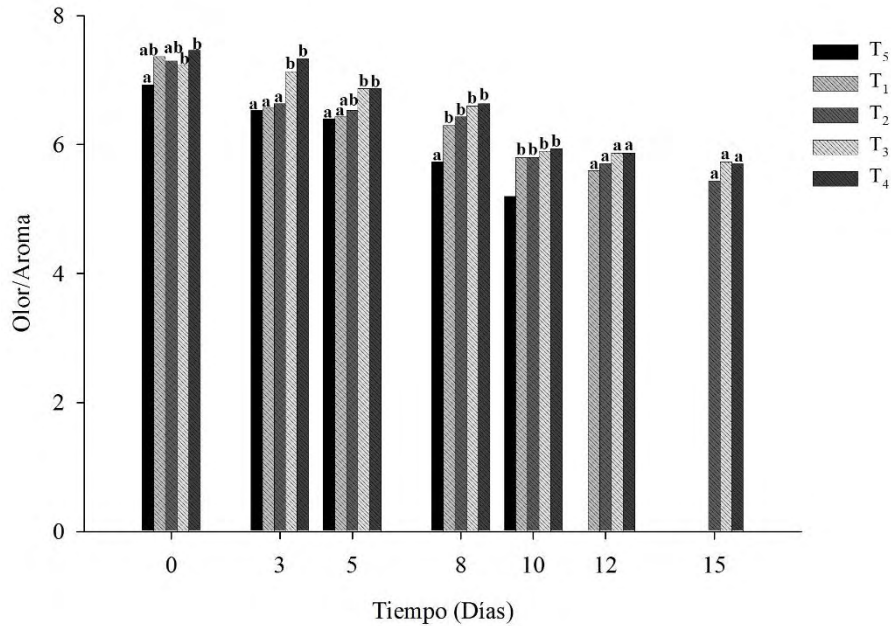


Figura 4. Análisis de olor/aroma en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0,05$).

El sabor tuvo un comportamiento decreciente tanto para moras de castilla con recubrimiento comestible y las moras control almacenadas a 4 °C tal como se muestra en la Figura 5. En el día 3 de almacenamiento se observó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos con la inclusión de CA a concentraciones de 40% y 60% con respecto al tratamiento control y el tratamiento con recubrimiento sin la adición de CA. Los recubrimientos tuvieron un efecto estadísticamente significativo con respecto al tratamiento control a partir del día 8 de evaluación del parámetro de sabor. El tratamiento control presentó una mayor reducción en la percepción del sabor por los 30 jueces utilizados en la prueba. Los tratamientos control y con aplicación de recubrimiento sin la inclusión de CA no se evaluaron a partir del día 12 y 15 respectivamente por la presencia de microorganismos en la superficie de la fruta. El descenso en la percepción del sabor característico de la mora se evidenció en mora conservada a temperatura de refrigeración mediante la aplicación de un recubrimiento comestible con la inclusión de cera de carnauba (Ramírez et al. 2013).

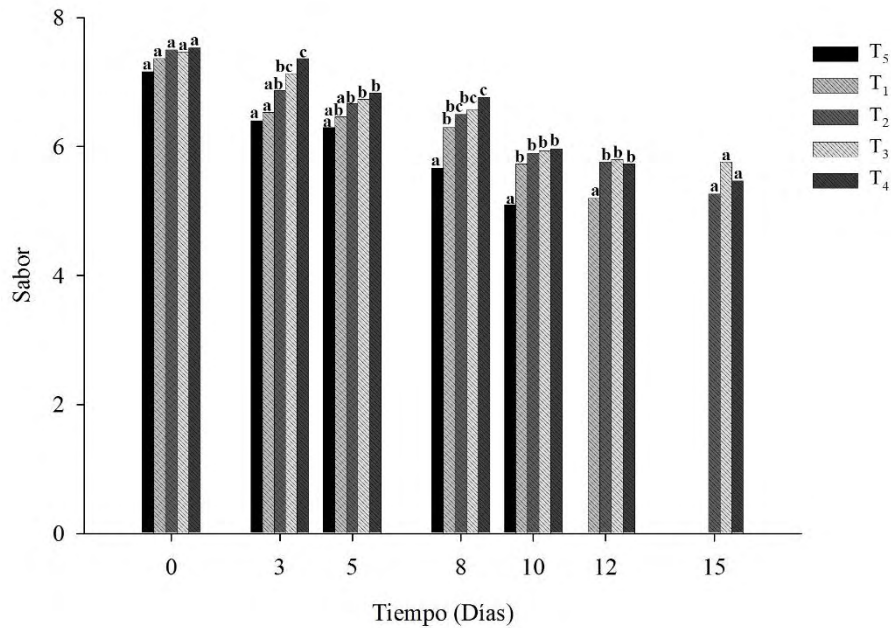


Figura 5. Análisis de sabor en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0,05$).

La disminución de la AT acompañada en la reducción de los SST de las bayas puede generar mal sabor en la fruta y disminución en la aceptabilidad del consumidor (Joo et al. 2011). La reducción de la pérdida del sabor de la fruta pudo verse afectada por la aplicación de los recubrimientos comestibles que inhiben los procesos enzimáticos de la fruta (Falguera et al. 2011).

En la Figura 6, se muestra el análisis realizado al parámetro de textura en moras de castilla almacenadas con recubrimiento comestible y sin recubrimiento a 4 °C. La inclusión de CA en concentraciones de 40% y 60% tuvieron un efecto significativo ($P < 0,05$) con respecto a los otros tratamientos evaluados en el día 3 de almacenamiento. Sin embargo, en el día 5 de almacenamiento solo se presentaron diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre las moras control y las moras con recubrimiento y la inclusión de 60% de CA. Los recubrimientos aplicados a la mora como método de conservación presentaron diferencias con respecto al tratamiento control a partir del día 8 de

almacenamiento, mientras que, el incremento de la concentración de CA no tuvo efectos significativos desde el día 8 hasta el día 15 de almacenamiento. Este comportamiento decreciente del parámetro de textura sensorial se observó en mora recubierta con aloe vera (Ramírez et al. 2013). La reducción de la textura se debe a los procesos fisiológicos que se llevan a cabo en la fruta desde el momento de su recolección los cuales son causantes de la pérdida de pectina de la pared celular (Perkins-Veazie et al. 1996; Yaman & Bayoandrlı 2002). La percepción decreciente de los jueces ante este parámetro también se observó por el análisis instrumental de firmeza realizado en esta fruta.

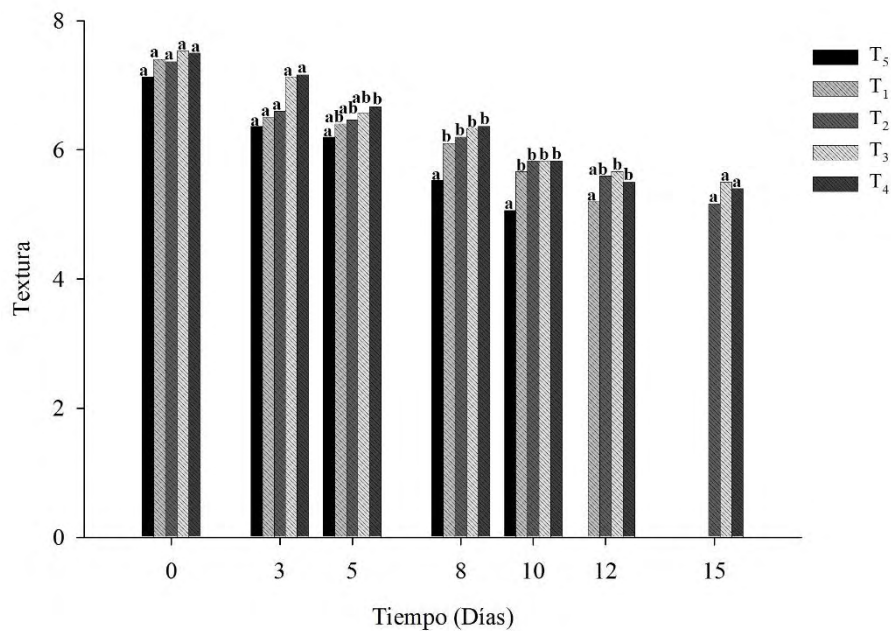


Figura 6. Análisis de textura en moras de castilla con y sin recubrimiento almacenada durante un periodo de 15 días a 4 °C. Letras similares representan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos (P>0,05).

CONCLUSIONES

La aplicación de un recubrimiento comestible a base de Hidroxipropil metilcelulosa con la inclusión de cera de abejas fue un método efectivo en la conservación de las propiedades fisicoquímicas como la firmeza y el cambio de color y las propiedades sensoriales como el color, el olor o aroma, el sabor y la textura de la mora de castilla. Se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a los tratamientos con las diferentes formulaciones y el tratamiento testigo debido a un control ejercido posiblemente por los recubrimientos sobre los parámetros anteriormente mencionados durante un periodo de almacenamiento de 15 días a 4 °C, dando como resultado un aumento en la vida útil de este fruto.

REFERENCIAS

- Chiumarelli, M. & Hubinger, M.D., 2014. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food Hydrocolloids*, 38, pp.20–27.
- Del-Valle, V. et al., 2005. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91(4), pp.751–756.
- Fagundes, C. et al., 2014. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 92, pp.1–8.
- Falguera, V. et al., 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), pp.292–303.
- García, M., Martino, M. & Zaritzky, N., 1998a. Plasticized Starch-Based Coatings To Improve Strawberry (*Fragaria ananassa*) Quality and Stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), pp.3758–3767.
- García, M., Martino, M. & Zaritzky, N., 1998b. Starch-Based Coatings: Effect on Refrigerated Strawberry (*Fragaria ananassa*) Quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, pp.411–420.
- Hager, T.J., Howard, L.R. & Prior, R.L., 2008. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blackberry products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), pp.689–695.
- Han, C. et al., 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33(1), pp.67–78.
- Hernández-Muñoz, P et al., 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110(2), pp.428–435.

- Hernández-Muñoz, Pilar et al., 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, 39(3), pp.247–253.
- Hoa, T. & Ducamp, M., 2008. Effects of different coatings on biochemical changes of “cat Hoa loc” mangoes in storage. *Postharvest Biol Tec*, 48(1), pp.150–152.
- Ismaila, B. et al., 2008. Physico-chemical characteristics and sensory quality of two date varieties under commercial and industrial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 41, pp.896–904.
- Jacques, A.C. et al., 2010. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy. *Quimica Nova*, 33(8), pp.1720–1725.
- Joo, M. et al., 2011. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food chemistry*, 126(4), pp.1734–1740.
- Lee, J. et al., 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensm.-Wiss. Technol*, 36, pp.323–329.
- Navarro-Tarazaga, M., Massa, A. & Pérez-Gago, M., 2011. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. *Angeleno*). *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), pp.2328–2334.
- Perkins-Veazie, P., Collins, J. & Clark, J., 1996. Cultivar and maturity affect postharvest quality of fruit from erect blackberries. *HortScience*, 31, pp.258–261.
- 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. *Vitae. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 20(3), pp.172–183.
- Restrepo, J. & Aristizábal, I., 2010. Conservación de fresa (*Fragaria ananassa* Duch cv. *Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba. *Vitae. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 17, pp.252–263.
- Salunkhe, D., Boun, H. & Reddy, N., 1991. *Storage Processing and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables, vol. 1* CRC Press ., Boston: Fresh Fruits and Vegetables.

- Soliva-Fortuny, R.C. & Martín-Belloso, O., 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 14(9), pp.341–353.
- Sora, A.D., Fischer, G. & Flórez, R., 2006. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) en empaques con atmósfera modificada. *Fisiología y Tecnología Postcosecha*, 24(2), pp.306–316.
- Trejo-Márquez, M., Ramos-López, K. & Pérez-Guillén, C., 2007. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria vesca* L.) almacenada en refrigeración. In *V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones*. pp. 230–239.
- Velickova, E. et al., 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv *Camarosa*) under commercial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 52(2), pp.80–92.
- Vu, K.D. et al., 2011. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Research International*, 44(1), pp.198–203.
- Xu, S., Chen, X. & Sun, D., 2001. Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 50, pp.211–216.
- Yaman, Ö. & Bayındırlı, L., 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT - Food Science and Technology*, 35(2), pp.146–150.