



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO A BASE DE ALGINATO Y UN
EXTRACTO NATURAL PARA EL CONTROL DE ANTRACNOSIS
EN MANGOS 'TOMMY ATKINS' Y 'KEITT'.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS**

PRESENTA:

MARCELA MARIANA GONZÁLEZ MELCHOR

ASESORAS:

**DRA. MA. ANDREA TREJO MÁRQUEZ
I. A. GUADALUPE PÉREZ LOREDO**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El presente trabajo fue financiado por el proyecto PAPIME: **Elaboración de materiales educativos para fortalecer la enseñanza en el Taller Multidisciplinario de Ingeniería en Alimentos-Procesos Tecnológicos de frutas y Hortalizas de la carrera de Ingeniería en Alimentos (PE202610)**, de la Dirección General de Asuntos del personal Académico de la UNAM.

Agradecimientos

A Dios

Por su infinita misericordia, por darme la oportunidad de brindarme tantas oportunidades, entre las cuales estudiar y terminar esta etapa tan importante de mi vida, gracias por poner buenas personas en mi camino y compartir con ellas mis logros.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A la máxima casa de estudios, por brindarme todas las herramientas que hoy hacen de mi una persona más preparada.

A la Dra. Andrea Trejo Márquez

Gracias por los buenos momentos de convivencia compartidos en el Taller de Frutas y Hortalizas, el mejor de todos sin duda. Dra. siempre hizo grato y agradable el trabajo de experimentación. Por ser una extraordinaria persona en lo profesional y por que en usted he encontrado una amiga, realmente agradezco su confianza y paciencia que ha depositado en mí a lo largo de la elaboración de este trabajo.

A la I. A. Guadalupe Pérez Loredó

Gracias Profesora por su apoyo y consejos durante la experimentación de este trabajo.

A mis Sinodales

A la Dra. Carolina Moreno, I. A. Selene Pascual, M. en C. María Guadalupe Amaya así como el Dr. José Francisco Montiel por dedicar tiempo muy valioso para leer mi trabajo gracias por sus consejos y buenas propuestas.

A Maricela de la Cruz por compartir grandes momentos juntas, eres una buena amiga en quien confiar, gracias por tu paciencia, buenos consejos y ayuda durante la experimentación.

A toda mi familia, mi mayor tesoro, la razón de mi vida y mi mejor motivo para ser lo que soy. Gracias en especial a:

Mis abuelitas

Sebastiana Flores por su amor, siempre estarás en mi corazón abuelita, gracias por tu motivación y comprensión, a Ofelia Sánchez por tu cariño e inmenso amor que siempre me das, gracias por ser tan buena.

Mi Mamá

Guadalupe Melchor siempre te agradeceré que hicieras hasta lo último por mis hermanos y yo. Eres uno de los pilares más importantes en mi vida, eres una mujer muy especial. Gracias mamá por estar conmigo, por que a pesar de las adversidades que vivimos supiste encaminarme y enseñarme a luchar por las cosas que valen la pena. Eres una mujer increíble. Gracias mamita. Te amo.

Mis hermanos

Mayela González y Jean Carlo González por que son mis mejores amigos con los que he compartido momentos muy chistosos, yo se que son buenas personas en quien puedo confiar en las buenas y en las malas, los quiero mucho, gracias por que sobre todas las cosas siempre me apoyan, son muy importantes para mi.

Mis tíos

Gloria Melchor, Rebeca Melchor, Flavio Melchor, Alejandro Melchor, Abacuc Melchor, Rolando Melchor gracias a todos ustedes por su amor incondicional a lo largo de mi preparación, por que me han apoyado de diversas formas, realmente ustedes han sido pilares fundamentales en mi preparación.

Mi segunda familia

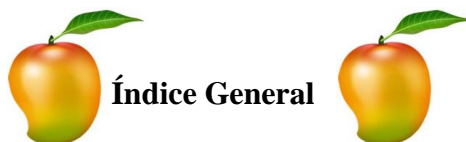
A Carmen González, Genaro Sandoval y familia ustedes se han vuelto muy importantes en esta etapa, gracias por su apoyo, consejos, así como buenos deseos y momentos compartidos.

A Alberto Sandoval

Mi único y gran amor, gracias por que en ti encontré un increíble ser humano de quien me enamore y aún sigo enamorada. Contigo conocí el verdadero significado del amor. Espero sigamos juntos y podamos compartir más hermosos momentos.

Eres lo mejor que me ha pasado en la vida, gracias por tu amor incondicional, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por tu comprensión y sobre todo paciencia, contigo a mi lado todo es diferente.

Te amo demasiado Betito



Índice general	II
Índice de figuras	VI
Índice de tablas	X
Resumen	2
Introducción	5
1. Antecedentes	8
1.1. Generalidades del mango	8
1.1.1. Definición y morfología.....	8
1.1.2. Variedades de mango	9
1.1.3. Producción mundial y nacional.....	10
1.1.4. Composición química del mango.....	12
1.1.5. Principales cambios químicos y fisiológicos asociados a la maduración	13
1.1.6. Pérdidas postcosecha.....	13
1.1.7. Enfermedades y plagas en mango.....	14
1.1.7.1. Características generales de la antracnosis.....	16
1.1.7.2. Agente causal y sintomatología.....	17
1.1.8. Tratamientos poscosecha para conservación del mango.....	22
1.1.9. Control de enfermedades	23
1.2. Películas y recubrimientos comestibles.....	25
1.2.1. Componentes de los recubrimientos	26
1.2.1.1. Proteínas	26
1.2.1.2. Polisacáridos.....	27
1.2.1.3. Lípidos.....	27
1.2.1.4. Aditivo.....	28
1.2.1.4.1. Surfactantes y emulsificantes	28



1.2.1.4.2.	Plastificantes.....	28
1.2.1.4.3.	Extractos antimicrobianos	28
1.2.1.5.	Generalidades de la planta gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>).....	30
1.2.1.5.1.	Descripción botánica y hábitat	31
1.2.1.5.2.	Composición química.....	31
1.2.1.5.2.1.	Farmacología	32
1.2.2.	Estudios sobre la aplicación de recubrimientos en los frutos	33
2.	Objetivos	36
2.1.	Objetivo general	36
2.2.	Objetivos particulares.....	36
2.3.	Cuadro metodológico	37
2.4.	Metodología experimental.....	39
2.4.1.	Material biológico.....	39
2.4.2.	Tratamiento previo de la muestra.....	39
2.4.3.	Caracterización de la materia prima.....	40
2.4.4.	Selección de la formulación del recubrimiento.....	40
2.4.5.	Aplicación de los recubrimientos.....	41
2.4.6.	Obtención de extractos.....	43
2.4.7.	Efecto de extractos de la planta gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>) en el crecimiento del hongo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	44
2.4.7.1.	Resiembra del hongo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	44
2.4.7.2.	Pruebas <i>in vitro</i>	45
2.5.	Evaluar el efecto del recubrimiento en mango variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’	46
2.6.	Evaluar el efecto del recubrimiento en mango variedad ‘ <i>Keitt</i> ’	47
2.7.	Técnicas analíticas.....	47
2.7.1.	Parámetros químicos	47
2.7.2.	Parámetros de calidad	50
2.7.3.	Parámetros fisiológicos	53
2.8.	Tratamiento estadístico.....	53
3.	Resultados y discusión	55
3.1.	Caracterización física y fisicoquímica.....	55



3.2. Efecto de la aplicación del recubrimiento de alginato de sodio sobre los parámetros de calidad en mango de la variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’	57
3.2.1. Cambios en la acidez.....	57
3.2.2. Cambios en los sólidos solubles.....	59
3.2.3. Cambios en el pH.....	62
3.2.4. Cambios en la firmeza.....	64
3.2.5. Cambios en el color.....	66
3.2.5.1. Luminosidad.....	66
3.2.5.2. Ángulo de tono (° Hue)	69
3.2.5.3. Cromaticidad	71
3.2.6. Pérdida de peso durante el almacenamiento	72
3.2.7. Cambios en la respiración	74
3.2.8. Cambios en la vitamina C	76
3.3. Efecto de la aplicación del recubrimiento a base de alginato de sodio en mango de la variedad ‘ <i>Keitt</i> ’	78
3.3.1. Obtención de los extractos a partir de la planta gobernadora	78
3.3.2. Contenido fenólico en los extractos de la planta gobernadora.....	79
3.3.3. Efecto de los diferentes extractos de la planta gobernadora en la inhibición del crecimiento del hongo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> por medio de pruebas <i>in vitro</i>	80
3.4. Efecto de la aplicación del recubrimiento de alginato de sodio adicionado con un extracto de la planta gobernadora sobre los parámetros de calidad en mango de la variedad ‘ <i>Keitt</i> ’	84
3.4.1. Cambios en la acidez.....	85
3.4.2. Cambios en los sólidos solubles.....	86
3.4.3. Cambios en el pH.....	88
3.4.4. Cambios en la firmeza.....	90
3.4.5. Cambios en el color.....	92
3.4.5.1. Luminosidad.....	94
3.4.5.2. Ángulo de tono (° Hue)	95
3.4.5.3. Cromaticidad	97



3.4.6. Pérdida de peso durante el almacenamiento	99
3.4.7. Cambios en la respiración	100
3.4.8. Cambios en la vitamina C	102
Conclusión	105
Recomendaciones.....	107
Abreviaturas.....	109
Referencias	111



Índice de Figuras



1. El árbol de mango	8
2. Morfología del mango	9
3. Principales países productores de mango en el mundo	11
4. Principales estados productores de mango en México	11
5. Producción por variedad de mango en México	12
6. <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	18
7. Síntomas causados por antracnosis.....	20
8. Ciclo de la antracnosis.....	21
9. Aditivos	28
10. Material biológico para la experimentación	39
11. Selección y clasificación del mango.....	39
12. Aplicación del recubrimiento	42
13. Gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>) deshidratada.....	43
14. Baño de ultrasonido Cole-Parmer.....	43
15. Gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>) con disolvente.....	43
16. Medición del volumen obtenido de extracto de la planta gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>)	44
17. Cepa de hongo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	44
18. Metodología para las pruebas <i>in vitro</i>	46
19. Estufa de aire por convección.....	48
20. Determinación de carbohidratos por Lane y Eynon	48
21. Determinación de fibra cruda	48



22. Determinación de cenizas	49
23. Determinación de Vitamina C	50
24. Espectrofotómetro	50
25. Penetrómetro.....	51
26. Refractómetro	51
27. Potenciómetro.....	51
28. Acidez titulable.....	52
29. Pérdida de peso.....	52
30. Rango de color.....	53
31. Colorímetro.....	53
32. Analizador de gases	53
33. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos en la acidez de mango variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C.....	58
34. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos en los sólidos solubles de mango variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’, almacenados a temperatura de 13 y 20 ° C	60
35. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos en el pH de mango variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C.....	62
36. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos en la firmeza de mangos variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C.....	64
37. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio en mangos de la variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’	67



38. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos en la luminosidad en mangos variedad ‘*Tommy Atkins*’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C..... **68**

39. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos en el ángulo de tono de mangos variedad ‘*Tommy Atkins*’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C..... **70**

40. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos en la cromaticidad de mangos variedad ‘*Tommy Atkins*’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C..... **71**

41. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos en la pérdida de peso de mangos variedad ‘*Tommy Atkins*’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C **73**

42. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos en la respiración de mangos variedad ‘*Tommy Atkins*’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C..... **75**

43. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos en la vitamina C de mangos variedad ‘*Tommy Atkins*’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C..... **76**

44. Contenido de fenoles totales en extractos obtenidos de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) **79**

45. Pruebas *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides* **81**

46. Crecimiento del Hongo *Colletotrichum gloeosporioides* sometido a diferentes concentraciones de extracto de la planta gobernadora obtenido por diferentes disolventes **84**

47. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75%-glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75%-glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la acidez de mango variedad ‘*Keitt*’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C **85**

48. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75%-glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75%-glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en los sólidos solubles de mango variedad ‘*Keitt*’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C..... **87**



49. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75%-glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75%-glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en el pH de mango variedad ‘Keitt’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C **89**

50. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75%-glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75%-glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la firmeza de mangos variedad ‘Keitt’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C **90**

51. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio en mangos de la variedad ‘Keitt’ **93**

52. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75%-glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75%-glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la luminosidad en mangos variedad ‘Keitt’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C **94**

53. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75%-glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75%-glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en el ángulo de tono de mangos variedad ‘Keitt’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C **96**

54. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75%-glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75%-glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la cromaticidad de mangos variedad ‘Keitt’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C **97**

55. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75%-glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75%-glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la pérdida de peso de mangos variedad ‘Keitt’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C **99**

56. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75%-glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75%-glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la respiración de mangos variedad ‘Keitt’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C **100**

57. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75%-glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75%-glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la vitamina C de mangos variedad ‘Keitt’, almacenadas a temperatura de 13 y 20 ° C **102**



Índice de Tablas



1. Descripción de las principales variedades de mango	9
2. Composición química del mango	12
3. Cambios asociados a la maduración	13
4. Pérdidas postcosecha debidas al carácter perecedero del mango	14
5. Principales plagas en mango.....	15
6. Principales enfermedades en mango.....	16
7. Descripción del <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	17
8. Principales métodos de conservación en mango	22
9. Principales plantas con propiedades antimicrobianas	29
10. Nombres asociados a la planta Gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>)	30
11. Principales compuestos en la planta Gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>).....	32
12. Estudios realizados sobre la aplicación de recubrimientos en los frutos.....	33
13. Formulaciones a base de alginato para la conservación de la calidad y vida útil de mango variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’	40
14. Formulaciones a base de alginato para la conservación de la calidad y vida útil de mango variedad ‘ <i>Keitt</i> ’	41
15. Características físicas del mango variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’ y ‘ <i>Keitt</i> ’	55
16. Caracterización química del mango variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’ y ‘ <i>Keitt</i> ’ en dos estados de madurez	56
17. Parámetros físico-químicos del mango variedad ‘ <i>Tommy Atkins</i> ’ y ‘ <i>Keitt</i> ’ en dos estados de madurez	56
18. Rendimiento de los extractos de la planta gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>) a partir de disolventes	79



Resumen



El mango (*Mangifera indica* Linn) es uno de los frutos de mayor importancia a nivel mundial, la elevada demanda se debe a su calidad nutritiva y agradable color, sabor y olor.

El objetivo general fue evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio y un extracto de origen natural para controlar los síntomas de la antracnosis en mangos ‘*Tommy Atkins*’ y ‘*Keitt*’ que sirva como alternativa para alargar la vida útil del mango.

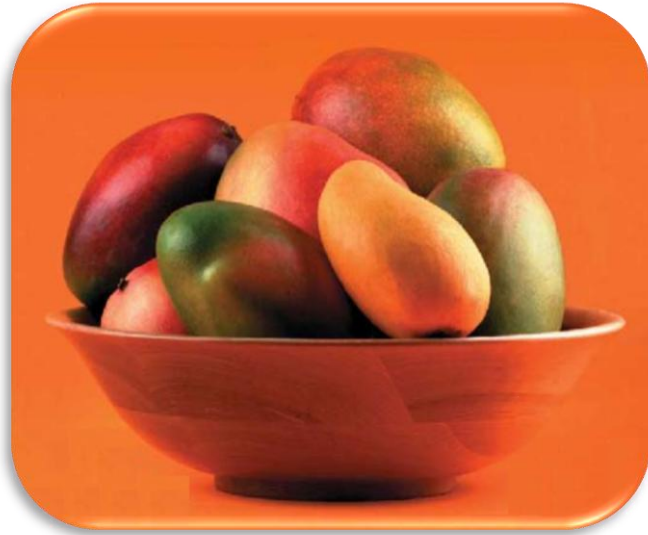
Mangos procedentes de Guerrero fueron seleccionados por color, tamaño y libres de daños físicos. Los frutos se lavaron, secaron y se aplicó un recubrimiento. En mangos de la variedad ‘*Tommy Atkins*’ se aplicó un recubrimiento a base de alginato de sodio (1, 1.5%), glicerol (2%) y tween 80 (0.5%) a diferentes tiempos de inmersión (2, 4, 6 min). En mangos variedad ‘*Keitt*’ se aplicó un recubrimiento a base de alginato de sodio (0.75%), glicerol (3 y 2%) y tween 80 (0.5%) a diferentes tiempos de inmersión (2, 4 minutos). Para la obtención de un extracto antimicrobiano a partir de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) se realizó una extracción con cuatro diferentes disolventes: etanol, metanol, acetona y cloroformo, por el método de sonicación a diferentes tiempos 60, 90, 120 minutos. Posteriormente para comprobar la efectividad de los extractos de gobernadora en la inhibición del crecimiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* se realizaron pruebas *in vitro*. Los recubrimientos fueron aplicados en mangos de las dos variedades y se evaluaron: pH, acidez titulable, color, sólidos solubles, firmeza, vitamina C, pérdida de peso y respiración durante su almacenamiento refrigerado.

Los recubrimientos comestibles no afectaron los parámetros de calidad del mango ‘*Tommy Atkins*’ como son: pH, acidez, sólidos solubles y se obtuvo un 4.4% menos de pérdida de firmeza con respecto a los mangos sin recubrimiento. Sin embargo, la luminosidad, el ángulo de tono y cromaticidad se vieron afectados por la aplicación de los recubrimiento al 1 y 1.5%, observándose diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los mangos con tratamiento con respecto a los controles. En la pérdida de peso de los mangos no se logró un control de este parámetro por la aplicación de los recubrimientos, ya que no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$).



En la evaluación del efecto de los extractos de la planta gobernadora sobre el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* por medio de pruebas *in vitro* se observó la inhibición del hongo a una concentración de 12 mg /L.

En el mango variedad ‘*Keitt*’ se determinó que el recubrimiento no afectó los parámetros de sólidos solubles, pero sí al pH; encontrándose pérdida de firmeza 1.2 veces menor en los frutos con recubrimientos, con respecto a los controles. Por otra parte al final del almacenamiento los mangos con el recubrimiento al 0.75% de alginato de sodio presentaron menor pérdida de peso que los frutos control. Se concluye que la aplicación de estos recubrimientos en el caso de la variedad ‘*Tommy Atkins*’ afectó el color mejorando la apariencia, ayudó a controlar la pérdida de firmeza, pero inhibió parcialmente la maduración del fruto. En el caso de la variedad ‘*Keitt*’ los recubrimientos con alginato de sodio ayudaron a mejorar la apariencia, así como el control de la pérdida de firmeza, y los síntomas de la antracnosis, por lo que su aplicación podría contribuir a mejorar la vida útil durante su comercialización.



Introducción



El mango (*Mangifera indica* Linn) es uno de los frutos de mayor importancia a nivel mundial, la elevada demanda de mango se debe principalmente a su calidad nutritiva y agradable color, sabor y olor. Fuentes del sector indican que en México se cultiva una superficie de 183,108.37 hectáreas, con una producción de 1, 632,649.34 toneladas anuales que representa 6.1 % de la producción mundial (SIAP-SAGARPA, 2011). Sin embargo, el mango presenta grandes pérdidas debido a que la cosecha se lleva a cabo en lugares climáticos favorables para el desarrollo de enfermedades y plagas como son: la antracnosis, escoba de bruja, cenicilla y muerte descendente (Secretaría de Desarrollo Rural, 2005). En México, la antracnosis se ha reportado como una enfermedad que afecta hojas, inflorescencias y frutos en las regiones productoras de mango, siendo el daño más importante en postcosecha (Huerta *et al.*, 2009). Los frutos jóvenes afectados se desprenden y caen; en los maduros se forman manchas negras concéntricas y pequeñas que aumentan su tamaño a medida que madura el fruto (Becerra y Rosas, 2004). Para el control de enfermedades postcosecha, se pueden aplicar diferentes tratamientos como: el uso de aire caliente, tratamientos hidrotérmicos, atmósferas modificadas, luz ultravioleta, el uso de recubrimientos comestibles, la aplicación de extractos naturales y/o microorganismos como agentes antagonistas para el control biológico. Actualmente se han realizado estudios sobre la aplicación de recubrimientos comestibles a base de diferentes materiales procedentes de polisacáridos, proteínas, así como lípidos entre los cuales destacan: quitosán, gelatina, carboximetilcelulosa, alginato, así como el uso de diferentes tipos de ceras (García *et al.*, 2006). Estos pueden cumplir con muchos de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos entre los que destaca restringir la pérdida de humedad de la fruta hacia el ambiente, reducir a la absorción de oxígeno por la fruta para disminuir la tasa de la actividad respiratoria, el valor nutricional, la sanidad, alta calidad, estabilidad, economía y desde el punto de vista de protección del ambiente, se creen menos costosos que los plásticos (Aguilar, 2005).

Por otra parte, se ha demostrado que los compuestos fenólicos se encuentran distribuidos en la naturaleza en diferentes tejidos vegetales, las hojas contienen una espesa resina que se comporta como un antitranspirante, los metabolitos secundarios de la resina (entre los que destacan fenoles, lignanos y flavonoides), son defensas bioquímicas para repeler la agresión de hongos y otros



microorganismos (Lira, 2003). La incorporación en la formulación de recubrimientos de extractos naturales de plantas o aceites esenciales se está convirtiendo en una alternativa a los compuestos químicos tradicionales para el control de hongos y bacterias. Los extractos de planta gobernadora (*Larrea tridentata*) tienen acción antifúngica bajo condiciones *in vitro* en al menos 17 hongos fitopatógenos de importancia económica (Lira, 2003). Existen pocos estudios sobre la extracción y aplicación de los compuestos de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*), es por eso que en este trabajo se pretende evaluar el efecto de un recubrimiento a base de alginato de sodio y un extracto natural en el control de antracnosis en mangos de las variedades 'Tommy Atkins' y 'Keitt'.



Antecedentes



1. Antecedentes

1.1. Generalidades del mango

1.1.1. Definición y morfología

El mango pertenece a la familia *Anacardaceas*, es una de las frutas más populares e importantes del mundo debido a sus excelentes características organolépticas y nutricionales, en Asia se le conoce como “el rey de las frutas”. Existe gran número de variedades que diferencian al fruto entre sí por la zona, el color de la piel, la pulpa, la variedad del sabor, el aroma entre otras características (Figura 1). Por su contenido en antioxidantes naturales, es una fruta de gran interés dietético y nutricional (Yahia *et al.*, 2006).



Figura 1. El árbol de mango

En México se introdujo a finales del siglo XVIII, cuando el mango ‘Manila’ (Carabao de Filipinas) fue traído por los españoles en la Nao de China, desde Manila al Puerto de Acapulco. Posteriormente a principios del siglo XIX se introdujeron mangos monoembriónicos desde las Antillas a la costa del golfo de México, diseminándose por la región tropical del país. Los viveristas particulares introdujeron en 1950 germoplasmas de algunos cultivares obteniéndose en Florida EEUU, los cuales se distribuyeron en los estados del Pacífico Centro y Norte y después por la región tropical de México. Estos cultivares fueron: *Haden*, *Tommy Atkins*, *Kent*, *Keitt*, *Irwin* y *Zill*; también llamados como mangos “petacones” (Secretaría de Desarrollo Rural, 2005).

En la Figura 2 se muestra la morfología del mango, el crecimiento de esta fruta es sigmoide y continua hasta la maduración, aunque su velocidad de crecimiento disminuye en la etapa final, el fruto es una drupa aplanada, cuya forma varía de redonda a ovalada oblonga con longitudes de 5 a 30 cm. La cáscara puede ser amarilla, anaranjada o verde con chapeos de colores que pueden ser de rojo claro a morado oscuro.

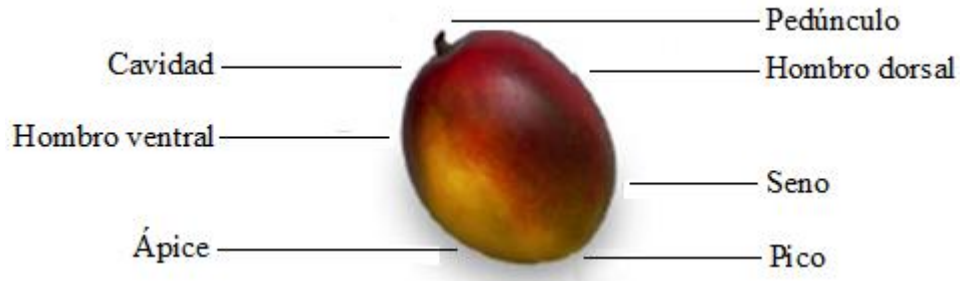


Figura 2. Morfología del mango

Fuente: Yahia *et al.* (2006)

1.1.2. Variedades de mango

Las variedades difieren en su ámbito de producción, ya que puede ser regular o alternante y el grado de susceptibilidad de la fruta a problemas fitosanitarios y de manejo, entre los principales están: ‘*Tommy Atkins*’, ‘*Keitt*’, ‘*Manila*’, ‘*Kent*’, ‘*Ataulfo*’ y ‘*Haden*’. En la Tabla 1 se describen las características más importantes de las variedades (Secretaría de Desarrollo Rural, 2005).

Tabla 1. Descripción de las principales variedades de mango







<i>Variedad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Imagen</i>
<i>Tommy Atkins</i>	El árbol es redondo, vigoroso, su fruta es ligeramente larga y pesa hasta 700 g. Tiene forma oval a elongada con punta ampliamente redondeada. El color va de un amarillo-naranja a rojo oscuro, con zonas rojizas que cubren la mayoría de la superficie de la fruta. La superficie es lisa y de cáscara gruesa.	
<i>Keitt</i>	El árbol presenta un crecimiento vigoroso pero desordenado. Es poco alternante. El fruto es grande, con un peso entre 600-800 g. La base del fruto es de color verde amarillo con chapeo rosa-rojizo; tiene pulpa dulce con escaso contenido de fibra.	



Tabla 1. Descripción de las principales variedades de mango (Continuación)

<i>Variedad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Imagen</i>
Manila	Los árboles son vigorosos, productivos y ligeramente alternantes; los frutos son de tamaño medio con peso de 200 a 275 gramos, son de forma elíptica y color amarillo, con cáscara, pulpa amarilla, firme, dulce, con alto contenido de fibra.	
Kent	Llamado también “petacón”, el árbol presenta un crecimiento vertical vigoroso y con producción alternante. La base es de color verde amarillento con ligero chapeo rojo, llegando a ser rojizo.	
Ataulfo	Los árboles de esta variedad son productivos y poco alternantes. El fruto es de excelente calidad, color amarillo resistente al manejo y con un peso promedio de 200-370 g el color de la pulpa es amarillo.	
Haden	Los frutos presentan una base de color amarillo con chapeo rojo. Los frutos registran un peso de 430 g la pulpa es jugosa con poca fibra y de buen sabor, el hueso es plano, la cáscara es semigruesa.	

Fuente: Secretaría de Desarrollo Rural (2005)

1.1.3. Producción mundial y nacional

De acuerdo a datos estadísticos de la FAO se estima que la superficie cultivada a nivel mundial es de 2, 161, 276 hectáreas, con una producción de 22, 270, 000 toneladas; donde México ocupa el quinto lugar después de India, China, Tailandia y Pakistán siendo estos los principales productores de mango en el mundo (Figura 3) (FAO, 2011).

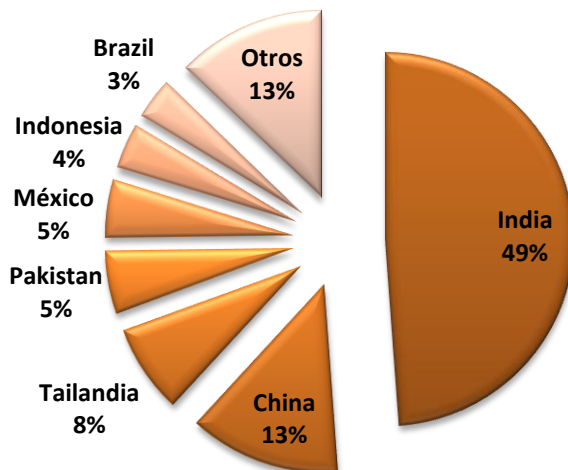


Figura 3. Principales países productores de mango en el mundo.
Fuente: Elaborado con información estadística de 2011 reportado por la FAO

El mango se produce en 22 de las 32 entidades de México. Según fuentes del sector (Figura 4) la mejor zona productora es la costa occidental, que incluye parte de los estados de Guerrero, Nayarit, Sinaloa, Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Veracruz, Colima, Jalisco en orden de importancia (SIAP-SAGARPA, 2011).

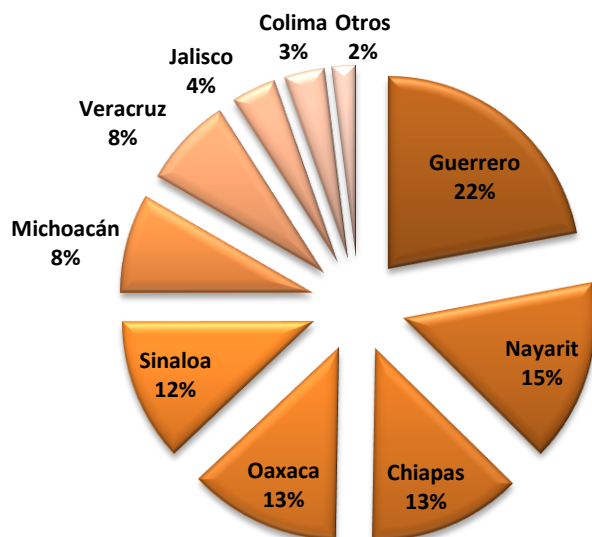


Figura 4. Principales estados productores de mango en México.
Fuente: Elaborado con información de SIAP-SAGARPA (2011)

Respecto a la producción de mango en México, la variedad más producida es el *Manila*, en el 2011 se produjeron 395,353.75 toneladas. Los subsecuentes lugares en orden de importancia se encuentran las variedades *Ataulfo*, *Tommy Atkins*, *Kent* y *Keitt* (Figura 5) (SIAP-SAGARPA, 2011).

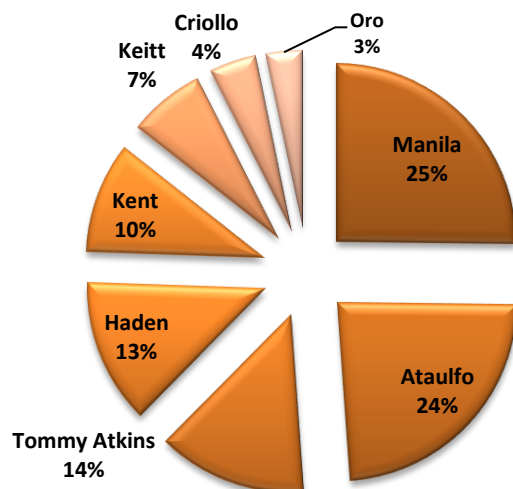


Figura 5. Producción por variedad de mango en México.
Fuente: Elaborado con información de SIAP-SAGARPA (2011)

1.1.4. Composición química del mango

El mango es buena fuente de calcio, fósforo y hierro, así como de las vitaminas C, A, tiamina y niacina, entre otros componentes benéficos. Un mango de 300 gramos, cubre la totalidad de las necesidades de un adulto de vitamina C y de vitamina A, y es una excelente fuente de betacaroteno (Yahia *et al.*, 2006). En la Tabla 2 se muestra la composición química del mango.

Tabla 2. Composición química del mango

Componente	Contenido (%)
Agua	79-84
Carbohidratos	13.5-21
Proteínas	0.6
Grasas	0.4
Fibra cruda	0.7
Acidez	0.11-0.8
Minerales	0.4
pH	3.8-5.8
Vitamina C (mg/100g)	14-60
Niacina (mg/100g)	0.9
Tiamina (mg/100g)	0.08
Rivoflavina (mg/100g)	0.09

Fuente: Yahia *et al.* (2006)



1.1.5. Principales cambios químicos y fisiológicos asociados a la maduración

El mango es una buena fuente de vitaminas A y C. El contenido de vitamina C en la cáscara es alto, mientras que en la pulpa disminuye de manera paulatina conforme avanza la maduración. El almidón en la pulpa aumenta constantemente a partir de la cuarta semana, aproximadamente, mientras que la acidez titulable aumenta hasta la mitad del desarrollo del fruto para luego disminuir abruptamente en las etapas finales del desarrollo. La relación de azúcares no reductores a reductores se incrementa durante la maduración (Tabla 3). El mango es una fruta climatérica que a cierta etapa avanzada de la maduración muestra un característico ascenso en la producción de CO₂ y etileno, las tendencias de maduración y la actividad respiratoria varían según la variedad de mango, la condición climatológica y localidad (Yahia *et al.*, 2006).

Tabla 3. Cambios asociados a la maduración

Incremento de la síntesis de etileno
Disminución de la biosíntesis de poliaminas
Incremento de producción de antocianinas
Acumulación de licopeno y β -caroteno en gránulos osmofílicos
Incremento de la tasa respiratoria, actividad de fosfofructoquinasa y contenido de fructosa-2,6-bifosfato
Despolimerización del almidón
Síntesis de aromas, en frutos verdes hay menos aromas y diferentes que en la madurez.

Fuente: Pérez y Ramírez (2010)

1.1.6. Pérdidas postcosecha

El mango es un fruto poco resistente y, en su mayor parte, muy perecedero, por lo que, si no se pone cuidado en su cosecha, manipulación y transporte, se deterioran rápidamente y dejan de servir para el consumo humano. Los factores que influyen en las pérdidas postcosecha varían considerablemente de un lugar a otro y se complican a medida que los sistemas de comercialización adquieren mayor complejidad (Tabla 4). La vida después de la cosecha depende del ritmo al que



consumen sus reservas almacenadas y del ritmo de pérdida de agua, cuando se agotan las reservas y el agua, el producto muere y se descompone. Cualquier factor que acelere el proceso puede hacer que el producto se vuelva incomedible antes de que llegue al consumidor (FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1993).

Tabla 4. Pérdidas postcosecha debidas al carácter perecedero del mango

<i>Principales causas de Pérdidas postcosecha</i>	<i>Factores</i>	<i>Descripción</i>
Enfermedades	<ul style="list-style-type: none">• Antracnosis• Cenicilla polvorienta• Fumagina• Sarna, etc.	El mango puede quedar infectado, antes o después de la cosecha, por enfermedades difundidas por el aire, el suelo y el agua.
Plagas	<ul style="list-style-type: none">• Mosca de la fruta• Trips• Hormigas Atta	Las plagas pueden atravesar la piel intacta del mango, hasta provocar la pérdida del fruto.
Desórdenes fisiológicos	<ul style="list-style-type: none">• Daños por frío• Temperaturas elevadas• Baja humedad atmosférica• Hoyos en la piel	Cuando el fruto se expone a temperaturas extremas, o a condiciones climáticas, sufre un cambio fisiológico anormal que puede causar sabores desagradables, maduración anormal y/o pérdida de calidad.
Daños mecánicos (lesiones físicas)	<ul style="list-style-type: none">• Magulladuras internas• Grietas de la piel• Hendiduras• Raspaduras• Aplastamiento del fruto	Estos aumentan la pérdida de agua y aceleran el proceso normal de modificaciones fisiológicas y las grietas en la piel propician infecciones por organismos patógenos.

Fuente: FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1993)

1.1.7. Enfermedades y plagas en mango




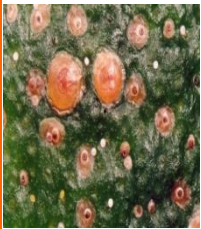
- **Plagas**

Las plagas más importantes por los daños directos al fruto, o indirectos (follaje y ramas) que causan son: mosca de la fruta, trips, hormigas y escamas (Tabla 5). La presencia de estos insectos no indica que el cultivo este en etapa de riesgo, pero si influye en la calidad de la fruta, además, el daño causado puede ser la “puerta de entrada” para ciertos patógenos causantes de otros problemas



fitosanitarios que afectan el rendimiento y la calidad del producto (Secretaría de Desarrollo Rural, 2005).

Tabla 5. Principales plagas en mango

<i>Plaga</i>	<i>Descripción</i>	<i>Imagen</i>
Mosca de la fruta (<i>Anastrepha</i>)	Es un organismo con una biología compleja y hábitos diversos que les permiten proliferar y establecerse en diferentes ambientes. Sus estados de desarrollo son: huevo, larva, pupa y adulto, esta grávida en la cáscara e interior de los frutos.	
Trips (<i>Thisanoptera: Tripidae</i>)	Estos insectos se caracterizan por tener un aparato del tipo “raspador-picador”. Se alimentan a base de polen, esporas de hongos y son de importancia económica ya que afectan el follaje, las inflorescencias y los frutos de diferentes especies.	
Hormigas Atta spp (<i>Hymenóptera Formicidae</i>)	Considerado como plagas de plantaciones y cultivos diversos debido a la defoliación intensa que causan a los brotes tiernos en los árboles en desarrollo vegetativo y la eliminación de inflorescencias.	
Escamas (<i>Homóptera: Coccoidea-Diaspididae</i>)	Son especies polifagas y presentan hasta 200 hospederos entre los que destacan los frutales como cítricos, mango y membrillo. Sus formas son acorazadas y circulares, con un surco circular central y la cubierta cerosa color rojizo. El daño lo producen en las hojas, frutos y ramitas, causando manchas amarillas al follaje.	







Fuente: Secretaría de Desarrollo Rural (2005)

- **Enfermedades**

Las principales enfermedades que afectan la producción del cultivo de mango en México son la antracnosis, cenicilla y fumagina (Tabla 6). Los daños que originan dependen de las condiciones climáticas presentes en cada ciclo de cultivo, si éstas son adecuadas para los patógenos las enfermedades pueden ser muy destructivas (Becerra y Rosas, 2004).



Tabla 6. Principales enfermedades en mango.

Enfermedad	Descripción	Imagen
Antracnosis <i>(Colletotrichum gloeosporioides Penz.)</i>	En México se encuentra distribuida en todos los estados productores de mango. Las pérdidas son del 3% de la producción; cuando las condiciones ambientales son óptimas para su desarrollo los daños pueden alcanzar el 60% ^(a) .	
Cenicilla polvorienta <i>(Oidium mangiferae Berth)</i>	Esta enfermedad se encuentra presente en toda la región productora de mango y puede causar pérdidas estimadas en un 20%. Cuando las condiciones son propicias en la época de floración puede dejar al árbol sin flores ^(a) .	
Fumagina o Negrilla <i>(Caprodidium mangiferum)</i>	En las hojas y tallos aparecen manchas semejantes a capas de tizne. El hongo no parasita el tejido vegetal, sino que se nutre de los azúcares que contienen los excrementos de los insectos, el daño consiste en que obstaculiza la función clorofílica ^(a) .	
Sarna ó Verrugosis <i>(Elsinoe mangifera)</i>	El hongo afecta frutos, hojas y ramas, manifestándose su presencia por manchas de color marrón claro, ligeramente levantadas que arrugan el tejido afectado, ocasionando pérdidas ^(b) .	
Ceniza ó mildiú polvoriento <i>(Oidium mangifera)</i>	El daño principal que ocasiona es sobre la inflorescencia, sin embargo afecta también hojas y frutos. Los órganos afectados presentan una cubierta polvorienta o micelial blanquecina. El hongo se alimenta de las células externas de los frutos jóvenes y flores, las que caen en caso de ataques muy severos ^(b) .	
Cercosporiosis <i>(Cercospora mangifera)</i>	Ataca al follaje, formando manchas marronzcas inicialmente circulares, frecuentemente aparece en condiciones de alta humedad y en brotes nuevos, los que tienden a caerse cuando los ataques son severos. Las manchas señaladas se identifican por tener un halo amarillento, rodeando la parte necrótica ^(b) .	

Fuente: (a) Secretaría de Desarrollo Rural (2005), (b) Sergent (1999)

1.1.7.1. Características generales de la antracnosis

Las especies de *Colletotrichum* afectan a un rango amplio de especies vegetales y causan enfermedades tanto en pre-cosecha como en postcosecha. Las pérdidas postcosecha ocasionadas por este patógeno se presentan principalmente en los trópicos, y es el factor principal que limita la



exportación de los frutos debido al deterioro de su calidad. El hongo *Colletotrichum* se ha reconocido como el agente causal de la enfermedad comúnmente llamada antracnosis, la cual afecta frutos, flores, tallos y hojas en un rango amplio de cultivos. La antracnosis, causada por *Colletotrichum gloeosporioides* Penz, es una de las principales enfermedades postcosecha en varios cultivos tropicales (Gutiérrez *et al.*, 2002).

Al secar las inflorescencias reduce el cuajado de la fruta. En México, la antracnosis se reporta en los 26 estados productores de mango; sin embargo, en Tabasco se han detectado ataques fuertes y más destructivos en las etapas de floración, mientras que en el resto de las entidades su impacto es tanto en cosecha como en postcosecha (Becerra y Rosas, 2004). La antracnosis del mango (*Mangifera indica* Linn), causa graves pérdidas económicas en diversos cultivos de regiones tropicales y subtropicales del mundo (Huerta *et al.*, 2009).

1.1.7.2. Agente causal y sintomatología

El agente causal de la antracnosis en frutales de pepita es el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz y Sacc (anamorfo), *Glomerella cingulata* (telemorfo) Spauld y H. Schrenk. Produce acérvulos justo debajo de la cutícula que se rompen en el momento en que se producen los conidióforos y conidias. Las conidias se producen en masa de color rosa-asalmonado, son hialinas uninucleadas, y cilíndricas. Su telemorfo es *Glomerella cingulata*, produce peritecas de 85-300 µm de diámetro que se encuentran en grupos o separadas, a veces en estromas que pueden no estar bien desarrollados (Montesinos *et al.*, 2000). En la Tabla 7 se muestra la descripción del hongo.

Tabla 7. Descripción del *Colletotrichum gloeosporioides*

	Reino:	Fungi
	Subdivisión:	Deuteromicotina
	Clase:	Deuteromycetes
	Orden:	Melanconiales
	Familia:	Melanconiaceae
	Género:	Colletotrichum
	Especie:	Gloeosporioides

Fuente: Sermeño *et al.* (2005)



Existen diversas formas de *C. gloeosporioides* aquellas procedentes de ascosporas de peritecas y formas procedentes de conidias que pueden generar a su vez dos tipos de micelio, uno cromogénico y otro no cromogénico. Los aislados procedentes de ascosporas forman colonias gris-verdosas en cultivos en agar patata-dextrosa en los que crece más rápidamente que las cepas procedentes de conidias. Los aislados procedentes de conidias no producen peritecas y tienen dos formas posibles. La cromogénica coincide con *C. acutatum* en agar patata dextrosa producen colonias con el micelio de color rojo púrpura a verde oscuro con puntos naranja debidos a las conidias (Figura 6). La otra forma es la no cromogénica que corresponde a *C. gloeosporioides* y produce colonias de color crema a marrón oscuro o verde (Montesinos *et al.*, 2000).

Los fitopatólogos consideran a la especie *Colletotrichum gloeosporioides* como uno de los hongos que tienen mayor éxito en su estrategia de ataque a los vegetales; esto se sustenta por las observaciones realizadas sobre el desarrollo de la enfermedad y las respuestas defensivas por parte del huésped, ya que, en la mayoría de los casos, la producción de fitoalexinas por parte de las variedades de plantas resistentes es tardía y sólo se presenta cuando la infección ha avanzado significativamente y el hongo ha invadido las células casi en su totalidad. Esto hace pensar que el repertorio químico empleado por el hongo es muy efectivo y pasa desapercibido por las plantas (Femenía, 2007).

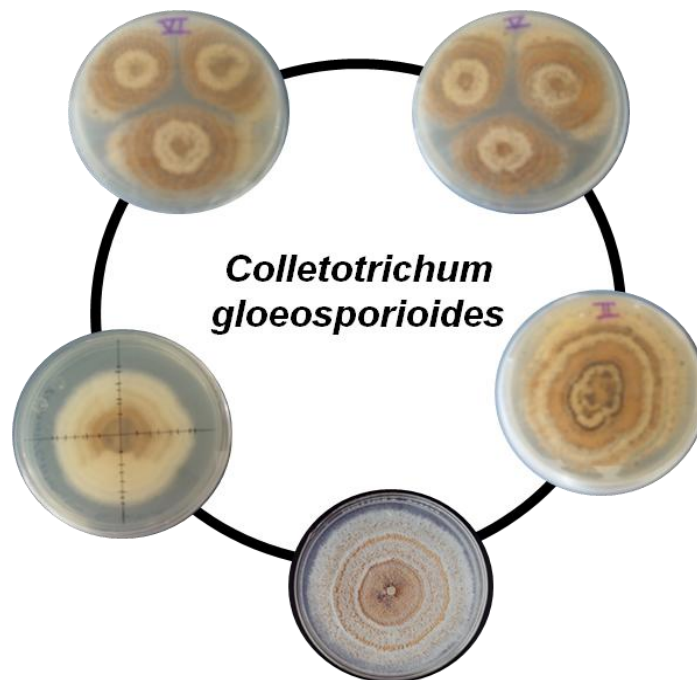


Figura 6. *Colletotrichum gloeosporioides*
Fuente: Elaboración propia



Sintomatología en el fruto

La infección del fruto se produce mayoritariamente cuando éste llega a la madurez, pero ya desde el cuajado existen niveles bajos de infección en forma de pequeñas manchas que se mantienen sin desarrollar hasta la maduración. Las lesiones empiezan como pequeñas manchas ligeramente hundidas, que pueden ser de color marrón claro a oscuro y que en frutos maduros pueden presentar un halo rojo (Figura 7). La descomposición progresa hasta producir la caída del fruto o su modificación en el árbol (Montesinos *et al.*, 2000).

Los síntomas en frutos difieren según si la infección se inicia a partir de ascosporas procedentes de la fase sexual o de conidias procedentes de la fase asexual. Las lesiones producidas por infecciones a partir de conidias son circulares y se hunden en el tejido al crecer. Las lesiones que tienen más de 1-3 cm de diámetro producen acérvulos en círculos concéntricos en torno al punto de inicio de la infección. En los acérvulos se producen numerosas conidias que se liberan en la superficie del fruto. En condiciones de baja humedad las masas de conidias tienen una apariencia cristalina mientras que en condiciones de humedad elevada tienen un aspecto cremoso y de color salmón. Las peritecas se encuentran en grupos esparcidos en la superficie del fruto, son de color marrón oscuro o negro. Las masas de conidias asociadas a los peritecas son inicialmente de color naranja o salmón y se vuelven de color marrón oscuro cuando la lesión es vieja. Los dos tipos de lesiones se extienden en forma de cono hacia el corazón de la lesión, de manera que la sección transversal tiene forma de V (Montesinos *et al.*, 2000).

En las hojas las ascosporas procedentes de la fase sexual causan lesiones en condiciones de humedad elevada. Estas se inician como pequeñas manchas de color rojo que crecen hasta formar manchas irregulares de unos 0.5-1.5 cm de diámetro. También se producen lesiones circulares y de 1-2 cm de diámetro a partir de conidias (Montesinos *et al.*, 2000).

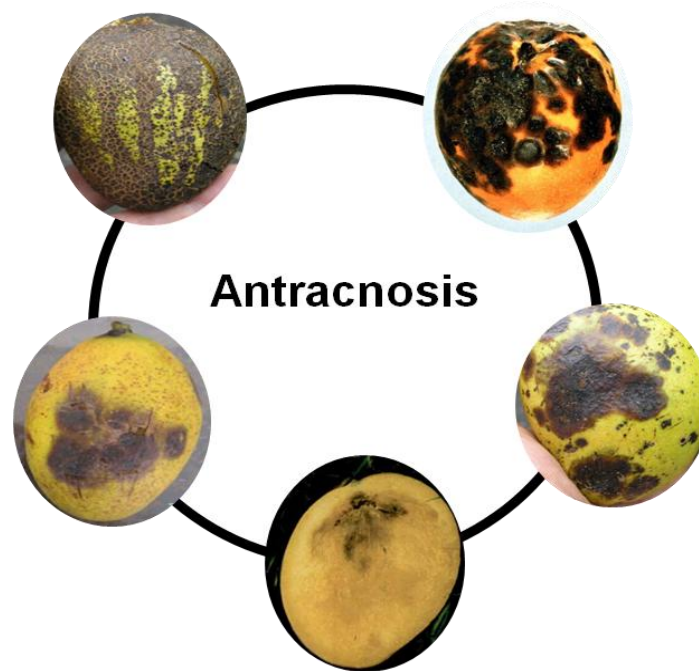


Figura 7. Síntomas causados por antracnosis
Fuente: Elaboración propia

- **Ciclo de la enfermedad y epidemiología**

C. gloeosporioides sobrevive durante el periodo desfavorable entre dos épocas productivas en forma de peritecas y acérvulos en manzanas momificadas y ramas desprendidas de los árboles o bien en forma de micelio en madera y chancros. Las primeras esporas viables se producen a mediados de abril coincidiendo con la época lluviosa y temperaturas entre 19-24 °C. Las ascosporas producidas en peritecas y las conidias provenientes de acérvulos son liberadas durante la lluvia y dispersadas por el aire. Las conidias y ascosporas germinan en agua libre, forman apresorios, y pueden producir infección después de 5 h a temperatura óptima (Figura 8). Las infecciones en frutos aumentan en períodos de humectación largos y se producen por penetración directa de las hifas a través de las células de la cutícula o epidermis (Montesinos *et al.*, 2000).

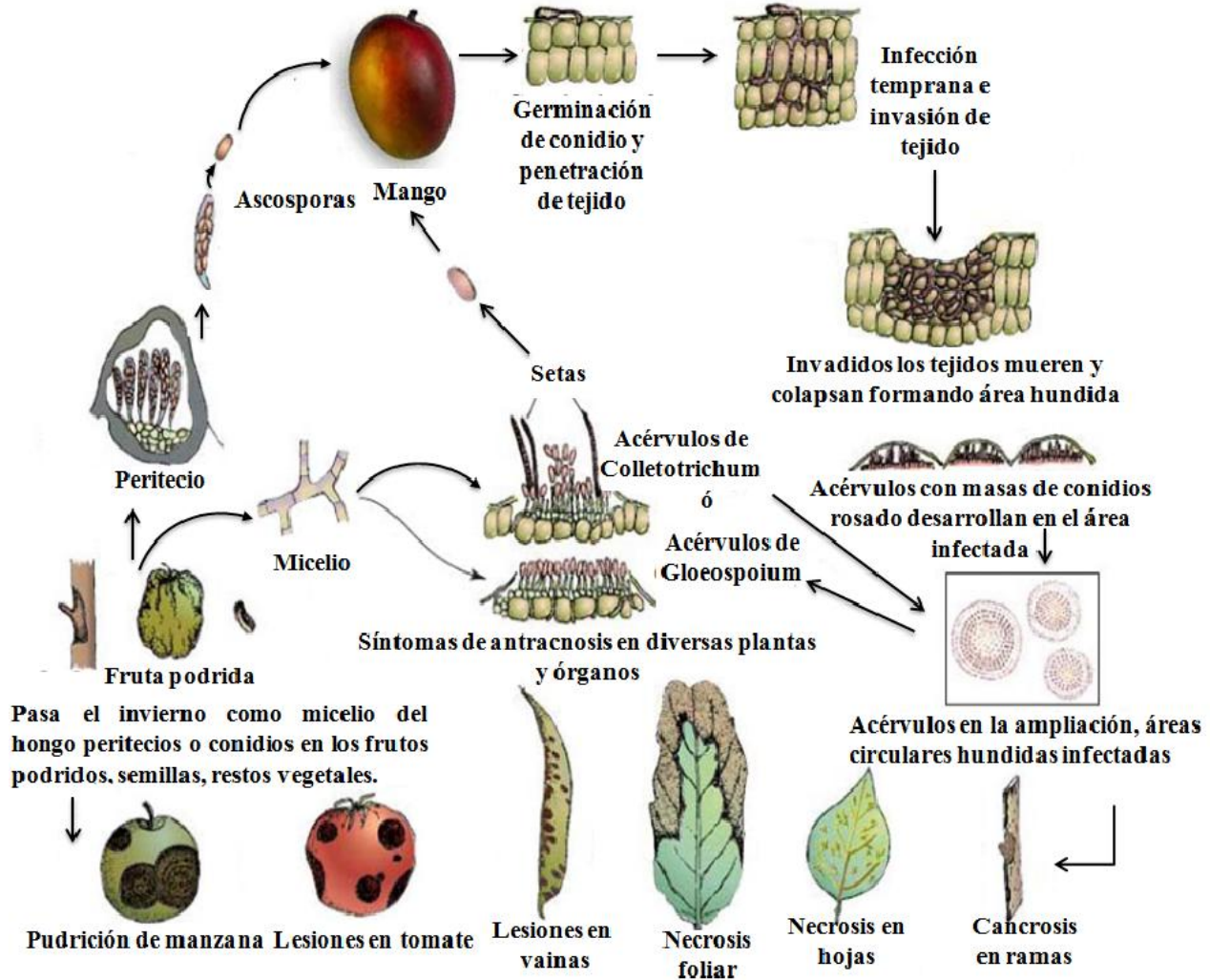


Figura 8. Ciclo de la antracnosis
Fuente: Parra (2008)

La infección de los frutos puede ocurrir justo después de la floración pero es más común a partir de mitad del periodo vegetativo. Los frutos son igualmente sensibles durante todos los periodos del desarrollo. Las primeras lesiones pueden aparecer en mayo o en junio y pueden constituir la fuente de inóculo secundario. El patógeno tiene un corto periodo de incubación y esporula abundantemente en frutos infectados. Como consecuencia esta enfermedad puede desarrollarse muy rápidamente en condiciones favorables, especialmente bajo calor prolongado y tiempo húmedo (Montesinos *et al.*, 2000).



1.1.8. Tratamientos postcosecha para conservación del mango

La aplicación de los principios y fundamentos en los que se basa la conservación de alimentos ha dado origen a una gran diversidad de métodos. En el caso particular de la conservación de frutas, los métodos más comúnmente utilizados tanto para la conservación de frutas frescas como para su transformación en productos se dividen en tratamientos químicos y físicos. En la Tabla 8 se muestran los principales métodos de conservación aplicados a mangos.

Tabla 8. Principales métodos de conservación en mango




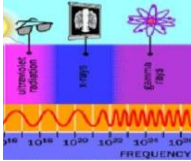
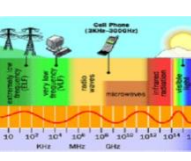


Métodos	Fundamentos	Efecto	Referencia
Refrigeración 	Es la parte activa como conservación, ya que reduce los cambios adversos en la composición y en la calidad y prolonga sustancialmente la vida útil de muchos productos como frutas y hortalizas.	Disminución de los procesos metabólicos, retrasa el deterioro manteniendo la calidad.	Wiley (1997)
Atmósfera Modificada 	Técnica simple y sencilla que utiliza materiales poliméricos que permiten el intercambio gaseoso y proporcionan una atmósfera diferente a la normal alrededor del producto.	Reducción del metabolismo del fruto.	Rodríguez - Félix <i>et al.</i> (2005)
Atmósfera Controlada 	Técnica de control activo sobre la atmósfera, mediante el control de sistemas gaseosos como a) control del CO ₂ , b) control de etileno y oxígeno c) generador de nitrógeno líquido atmosférico, d) separador de gas y e) almacenamiento hipobárico.	Reducción de los efectos del etileno sobre el metabolismo.	Rodríguez - Félix <i>et al.</i> (2005)
Irradiación ionizante 	Aquella que por su energía, longitud de onda y frecuencia, pueden desligar un electrón de su átomo, se produce un proceso de ionización, consistente en la formación de un par de iones. Las radiaciones clasificadas como ionizantes incluyen rayos X, gamma, catódicos ó β .	Inhibición de enfermedades	Medina y Reyes (2002)
Irradiación no ionizante 	Serán radiaciones no ionizantes las frecuencias comprendidas entre las frecuencias bajas o radio frecuencias y el Ultravioleta A (UVA): 320-400nm y Ultravioleta B (UVB): 200-290nm	Esterilización de materiales	Rojas (2008)



Tabla 8. Principales métodos de conservación en mango (Continuación)

<i>Métodos</i>	<i>Fundamentos</i>	<i>Efecto</i>	<i>Referencia</i>
Recubrimientos 	Se define como una capa continua y uniforme a base de diferentes materiales (polisacáridos, proteínas y ceras), constituyen una barrera semipermeable a los gases, para retrasar el deterioro del alimento, ayudan a mantener la integridad estructural del fruto.	Controlan la respiración, senescencia y reduce el deterioro del fruto.	Llanos (2007)
Tratamientos químicos 	Los fungicidas (benomilo, imidazol) son de gran eficacia para tratamientos preventivos como curativos, el producto se absorbe por las hojas y raíces de las plantas tratadas, actúa interfiriendo en la síntesis del ADN de los microorganismos.	Control e inhibición de enfermedades que atacan a los frutos	Ulloa (2007)

Durante el almacenamiento las frutas continúan respirando, consumiendo nutrientes y obteniendo la energía necesaria para su metabolismo. La velocidad de respiración determina, por tanto, la velocidad de deterioro del fruto. Las tecnologías postcosecha tienen por objeto ralentizar los procesos de deterioro del fruto, lo que permite prolongar su periodo de vida útil. Idealmente, la máxima vida útil se logra a temperaturas ligeramente superiores al punto de congelación de las mismas (Llanos, 2007).

1.1.9. Control de enfermedades

Control biológico

El control biológico de enfermedades de plantas constituye una práctica ampliamente difundida y sigue siendo objeto de investigación y desarrollo. Un concepto amplio de control biológico incluye aspectos como las prácticas de cultivo y resistencia a las enfermedades. Desde esta perspectiva se acepta que: “El control biológico es el control de los patógenos por uno o más organismos, logrado de forma natural o a través de la manipulación del medio ambiente, huésped o antagonistas, o por la introducción masiva de uno o más antagonistas”(Femenía, 2007).



- 🍊 Por otra parte, se encuentra el concepto clásico que se restringe a que: “*Control biológico es el uso deliberado de un organismo para controlar a otro*”. Sin embargo, y en relación a este último concepto, es necesario considerar que las interacciones de múltiples variables presentes en el medio ambiente pueden modificar las interacciones entre los microorganismos y su entorno, muchas de las cuáles pueden favorecer o impedir un control efectivo. Un antagonista ideal debe poseer las siguientes características (Femenía, 2007):
- 🍊 Estabilidad genética.
- 🍊 Eficacia a bajas concentraciones y frente a un amplio número de patógenos.
- 🍊 Requisitos nutricionales simples.
- 🍊 Supervivencia en condiciones ambientales adversas.
- 🍊 Crecimiento sobre sustratos baratos en fermentadores.
- 🍊 Ausencia de patogenicidad para la planta huésped y no producción de metabolitos tóxicos para humanos.
- 🍊 Resistencia a los pesticidas más comunes y compatibilidad con otros tratamientos físicos y químicos.

Control químico

Los fungicidas continúan siendo de vital importancia para el control de las enfermedades vegetales. Desde su introducción en los años 60, los fungicidas sistémicos han sustituido gradualmente a los protectores, estableciendo mayores niveles de control y abriendo nuevos mercados. Entre ellos, los SBIs (Inhibidores de la biosíntesis de esteroides) constituyen el grupo líder, son ampliamente utilizados como antimicóticos y fungicidas agrícolas, las alilaminas (por ejemplo, Terbinafina) son inhibidores de la epoxidación del escualeno, y se han desarrollado únicamente para uso medicinal contra hongos. Sin embargo, a pesar de los avances considerables en el descubrimiento, desarrollo y uso de los productos sistémicos, los fungicidas protectores Mancozeb, Clortalonil + cobre y productos azufrados siguen siendo los más utilizados (Sergent, 1999).



En los últimos años, la investigación de fungicidas ha producido diversos productos con nuevos modos de acción, que se espera tengan un impacto significativo en el control de las enfermedades en la próxima década. Las nuevas clases de fungicidas incluyen anilino pirimidinas, fenoxiquinolinas, espiroxaminas, fenilpirroles y estrobilurinas (Sergent, 1999).

Un aspecto importante de la actual investigación sobre fungicidas ha sido la identificación de nuevos puntos de acción adecuados. Los avances más recientes se han originado a partir de distintas aproximaciones. Algunos fungicidas nuevos han sido descubiertos a través del tradicional cribado empírico de productos sintéticos y, en muchos casos, esto ha puesto de manifiesto dianas sin explotar. Otros han sido descubiertos a través del examen de productos naturales (Sergent, 1999).

1.2. Películas y recubrimientos comestibles

Definición

Los recubrimientos comestibles se definen como productos comestibles que forman una fina capa sobre el alimento. Constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa el deterioro del alimento, mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a mantener la integridad estructural de producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y también pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios (antimicrobianos, microorganismos de control biológico, antioxidantes, aromatizantes, colorantes, etc.). Aplicados a frutas permiten controlar la respiración y senescencia de forma similar a las atmósferas modificadas, ejerciendo una barrera a los gases que reduce el deterioro del fruto. Ejercen, así mismo, una barrera al vapor de agua que reduce la transpiración del fruto y el deterioro asociado a este proceso fisiológico (Llanos, 2007).

Las características más importantes de las películas comestibles son que funcionan como buenas barreras contra gases y humedad, así como acarreadoras de antimicrobianos, antioxidantes, nutrientes y colorantes. Las películas comestibles más comunes se elaboran a partir de polisacáridos, proteínas y lípidos. Dentro de los polisacáridos más comúnmente utilizados en la elaboración de películas comestibles destacan el almidón, las dextrinas, y los derivados de la celulosa. Las películas de proteínas se elaboran con colágeno, gelatina, gluten de trigo y maíz de zeína, mientras que las de lípidos con ceras naturales y surfactantes. Es importante que las películas



comestibles no sean totalmente limitantes en el intercambio de gases, ya que ello puede provocar ciertos desórdenes fisiológicos (Ulloa, 2007).

1.2.1. Componentes de los recubrimientos

Las películas y recubrimientos comestibles se elaboran con biopolímeros naturales de alto peso molecular que proporcionan una matriz macromolecular con resistencia cohesiva alta. Los tipos de macromoléculas que se emplean para este propósito son hidrocoloides (proteínas, polisacáridos) los cuales debido a su naturaleza hidrofílica, son muy sensibles al agua. Los otros componentes mayoritarios en la formulación lo constituyen los lípidos y resinas; pero las formulaciones pueden incluir plastificantes, emulsificantes, agentes de superficie activa (surfactantes), agentes de liberación específica de compuestos, lubricantes, etc., por lo que realmente se trata de formulaciones multicomponentes (Bósquez, 2003).

1.2.1.1. Proteínas

Los recubrimientos hechos a base de proteínas presentan mejores propiedades de barrera a los gases, sin embargo, la resistencia que presenta al vapor de agua es menor debido a su naturaleza hidrofílica (Ramos *et al.*, 2010).

Las proteínas y polisacáridos son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas (puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals). Su cohesión molecular les confiere buenas propiedades mecánicas, pudiendo ejercer de matriz estructural del recubrimiento, y buenas propiedades de barrera a gases (O_2 y CO_2). Las proteínas en recubrimientos añaden valor nutricional a los alimentos que protegen pero, por motivos culturales o de salud, pueden ser socialmente rechazadas. Otras proteínas sin embargo pueden causar intolerancias, como el gluten del trigo (enfermedad celiaca). Algunas proteínas utilizadas en la formulación de recubrimientos comestibles son: la zeína, el gluten, la gelatina, el colágeno, la caseína, queratina, así como proteínas de soja, de cacahuete, del suero de leche (Llanos, 2007).



1.2.1.2. Polisacáridos

Los recubrimientos hechos a base de polisacáridos han sido los más utilizados para recubrir frutos, y esto es debido a sus propiedades mecánicas de adherencia y flexibilidad en la superficie de los productos hortofrutícolas. Los recubrimientos a base de polisacáridos mostraron mejores propiedades de barrera a los gases que el control, formularon un recubrimiento a base de alginato de sodio, pectina y goma de gelana, obteniendo un incremento en la resistencia de pérdida de agua y reducción en la producción de etileno en peras cortadas (Ramos *et al.*, 2010).

A pesar de la alta permeabilidad al agua de los recubrimientos formados por polisacáridos como pectinas, alginatos, forman geles de alta humedad que actúan como agentes sacrificantes de agua evitando la deshidratación del producto que recubren. Los derivados de celulosa, las fracciones del almidón y sus derivados, el quitosán, las gomas de garrofin, guar son algunos de los polisacáridos utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles (Llanos, 2007).

1.2.1.3. Lípidos

Los recubrimientos a base de lípidos son muy eficientes para reducir la deshidratación de los productos debido a su baja polaridad presentan una escasa permeabilidad al vapor de agua. La pérdida de humedad en frutas y vegetales frescos disminuye la firmeza y el peso de los productos afectando su calidad y como consecuencia ocurren pérdidas económicas durante su comercialización. Estos recubrimientos presentan algunas limitaciones tales como: propiedades mecánicas pobres y en ocasiones mala apariencia (Ramos *et al.*, 2010).

Los lípidos y las resinas, por su naturaleza hidrofóbica, ejercen una buena barrera al vapor de agua. Sin embargo, su falta de cohesividad e integridad estructural hace que presenten malas propiedades mecánicas formando recubrimientos quebradizos. Las resinas aportan brillo al recubrimiento, son más permeables al vapor de agua que los lípidos y ejercen una importante barrera a la difusión de gases, por lo que pueden inducir la hipoxia del fruto recubierto. Los lípidos más utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles son ceras naturales (cera de abeja, candelilla y carnauba), ácidos grasos, monoglicéridos acetilados y diversos aceites vegetales (maíz y soja). Las resina más utilizada es la goma laca (Llanos, 2007).



1.2.1.4. Aditivo

Los recubrimientos pueden incluir la incorporación de aditivos con el fin de modificar las condiciones superficiales del recubrimiento u otras funcionalidades (Figura 9). Entre los aditivos comúnmente utilizados en recubrimientos se encuentran: surfactantes, emulsificantes, agentes antimicrobianos. Estos se utilizan para impartir flexibilidad, así como reducir el quebramiento, o como agentes conservadores (Llanos 2007).



Figura 9. Aditivos

1.2.1.4.1. Surfactantes y emulsificantes

La adición de emulsificantes y surfactantes, son sustancias que incorporadas hacen posible la formación y/o mantenimiento de una dispersión uniforme entre dos o más sustancias inmiscibles. Las sustancias con capacidad emulsionante presentan una estructura dipolar, donde se distingue una parte hidrófila (afín al agua) formada por grupos disociables o grupos hidroxilo y otra lipófila (afín a aceites y grasas), algunos emulsionantes son: sales biliares, fosfolípidos, lecitinas y saponinas (Cubero *et al.*, 2002).

1.2.1.4.2. Plastificantes

La adición de plastificantes mejora las propiedades de los recubrimientos, dado que estos compuestos debilitan las interacciones moleculares del biopolímero incrementando su flexibilidad y favoreciendo la formación de una red estructural más homogénea lo que a su vez permite una mejor distribución de las sustancias hidrofóbicas (Bósquez y Vernon, 2005).

1.2.1.4.3. Extractos antimicrobianos

La incorporación de agentes antimicrobianos dentro de recubrimientos comestibles constituye una técnica innovadora en el mantenimiento de la seguridad inocuidad y vida útil de alimentos. El crecimiento de microorganismos en la superficie de productos frescos es una de las principales causas de su deterioro, pudiendo ser evitado mediante el uso de agentes antimicrobianos. Entre los



principales agentes antimicrobianos incorporados en recubrimientos comestibles se encuentran sorbatos, bacteriocinas, lisozima y más recientemente aceites esenciales (Rojas, 2006).

Los recubrimientos pueden servir como vehículos para un amplio rango de aditivos, incluyendo compuestos antimicrobianos, con la finalidad de proporcionarles mayores atributos como es el control de microorganismos. Entre los aditivos naturales están los aceites esenciales y extractos obtenidos de diferentes plantas (Tabla 9). Estos extractos naturales presentan inhibición contra hongos y bacterias (Ramos *et al.*, 2010).

Tabla 9. Principales plantas con propiedades antimicrobianas









<i>Nombre común</i>	<i>Fundamento</i>	<i>Efecto</i>	<i>Referencia</i>
<p><i>Larrea tridentata</i></p> 	<p>Actividad antibacterial <i>in vitro</i> de fitoextractos de <i>Larrea tridentata</i> sobre el crecimiento de <i>Escherichia coli</i>, <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Enterobacter aerogenes</i>, <i>Bacillus cereus</i> y <i>Shigella dysenteriae</i>.</p>	<p>Inhibición del crecimiento bacteriano.</p>	<p>Castro-Franco <i>et al.</i> (2001)</p>
<p><i>Flourensia cernua</i></p> 	<p>Efecto de hojas frescas de <i>Flourensia Cernua</i> sobre la inhibición micelial y esporulación de <i>Alternaria alternata</i>, <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> y <i>Penicillium digitatum</i>.</p>	<p>Control biológico e inhibición micelial.</p>	<p>Guerrero-Rodríguez <i>et al.</i> (2007)</p>
<p><i>Acacia farnesiana</i></p>  <p><i>Escoba amarga</i></p> 	<p>Extractos hidroalcohólicos de aroma amarilla <i>Acacia farnesiana</i>, <i>Escoba amarga</i> y <i>salvia cimarrona</i> sobre el hongo <i>Pyricularia grisea</i> y <i>Phytophthora parasitica</i> var. <i>Nicotianae</i>.</p>	<p>Actividad antifúngica contra enfermedades.</p>	<p>Rodríguez <i>et al.</i> (2000)</p>
<p><i>Aceite esencial de orégano</i></p> 	<p>Efectividad antimicrobiana del aceite esencial de orégano sobre células de <i>vibrio cholerae</i>.</p>	<p>El aceite esencial causó la muerte de la célula al contacto con el microorganismo.</p>	<p>Paredes-Aguilar <i>et al.</i> (2001)</p>




Tabla 9. Principales plantas con propiedades antimicrobianas (Continuación)

<i>Nombre común</i>	<i>Fundamento</i>	<i>Efecto</i>	<i>Referencia</i>
<p><i>Lippia palmeri</i></p>  <p><i>Thymus vulgaris</i></p>  <p><i>Cinnamomum zeylanicum</i></p> 	<p>La efectividad de la inhibición fue en concentración de 1:1, 1:5 muestran en el siguiente orden de inhibición: <i>Lippia palmeri</i>, <i>Thymus vulgaris</i> y <i>Cinnamomum zeylanicum</i>.</p>	<p>Los extractos de aceite esencial mostraron inhibición de crecimiento de la bacteria <i>C. michiganensis</i> subespecie <i>michiganensis</i>.</p>	<p>Borboa- Flores <i>et al.</i> (2010)</p>

1.2.1.5. Generalidades de la planta gobernadora (*Larrea Tridentata*)

El conocimiento de las propiedades terapéuticas de las plantas ha sido utilizado por la humanidad desde la prehistoria. Las plantas contienen gran cantidad de compuestos químicos con principios antimicrobianos. De la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) se han identificado compuestos (flavonoides y sesquiterpenos) con posible actividad antimicrobiana (Sáenz y Rojas, 2011).

Tabla 10. Nombres asociados a la planta Gobernadora (*Larrea tridentata*)

	<p>Nombre científico:</p>	<p>Larrea Tridentata</p>
	<p>Nombres populares:</p>	<p>Español: Chaparral, Gobernadora, creosota. Portugués: Chaparral Inglés: Creosota</p>

FUENTE: Alonso (2004)



1.2.1.5.1. Descripción botánica y hábitat

Se trata de un arbusto resinoso siempre verde perteneciente a la familia de las Zigoofiláceas, caracterizado por presentar una altura entre 1-3 metros; hojas discretamente aromáticas. Arbusto de 60 cm a 3m de altura, ramificado. Las hojas están divididas en hojuelas, que al tocarlas se sienten como cuero, y están cubiertas de vellos y resina. Las flores son amarillas y están solitarias. Los frutos son unas cápsulas con vellos largos. Originaria de América central. Presente en clima muy seco y templado. Asociada a bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, bosques de encino y de pino (Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, 2009).

Este arbusto crece en zonas áridas de Norteamérica tales como el suroeste de E.U. (Utah, California, Texas) y norte de México (especialmente en los desiertos de Sonora, Chihuahua y Mojave).

1.2.1.5.2. Composición química

Larrea tridentata contiene un aceite esencial en el que se han identificado varios compuestos (Tabla 11): terpénicos, calameno, borneol, bornil-acetato, alcanfor, camfeno, para-cimeno, alfa-fenchona, limoneno, linalol, beta-ocimeno y alfa-pineno; los sesquiterpenos alfa agarofurano, alfa-bergamoteno, alfa-calaneneno, copaeno, alfa-curcumeno, beta y gamma-eudesmol, farnesol, 2-rosaleno, beta-santaleno; los componentes fenólicos acetofenona, benzaldehído y el flavonoide edulano (Alonso, 2004).

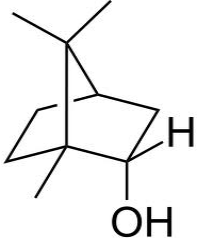
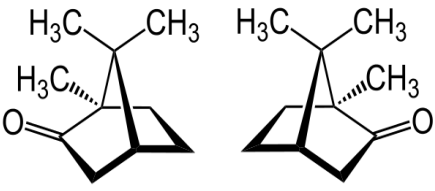
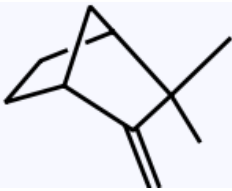
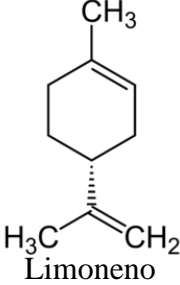
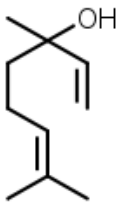
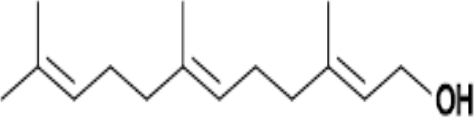
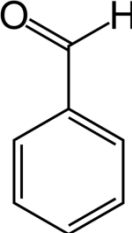
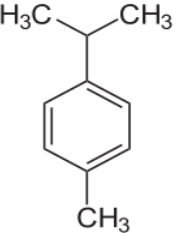
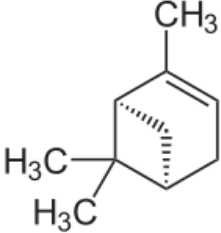
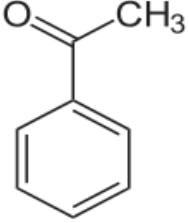
En las hojas se han identificado los flavonoides 6-8-diglucósido de crisoeriol, 3-3'-7-8-éter-tetrametílico de gossipetín, 3-7-dimetil-herbacetín, 3-7-8-éter-trimetílico de herbacetín y vecenín 2; y los lignanos ácidos dihidroguayarético, 3'-demetoxi-6-demetil-isoguaiacín, 4-epilearreatricín y su derivado 3'-hidroxilado. Del tallo se han aislado los lignanos isoguaiacín, sus derivados 3'-demetoxi-6-demetilado y 6-demetilado, larreatricín, sus derivados 3', 3''-dimetoxilado, 3-4-dehidrogenado y el 4-epi-compuesto y larreatridenticín; los triterpenos 3-beta (3-dihidroxicinamoil)-eritrodol; y el esteroide betasitosterol. La raíz contiene el compuesto quinoideo larreantín. En las hojas se ha aislado una resina que contiene la mayor cantidad hasta ahora encontrada del ácido nordihidroguayarético que es usado como antioxidante. También se han identificado flavonoides, se han reportado más de 20, destacando isorhamnetina, glucopiranosil-apigenina,



kempferol, quercetina, gosipetina, herbacetina y sus respectivos derivados, aceites esenciales, alcaloides halogénicos (Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, 2012).

Entre otros compuestos hay aminoácidos (arginina, cistina, ácido glutámico, glicina, isoleucina, leucina, fenilalanina, triptófano, urosina, valina), triterpenos (larreagenina A, ácido larreico, eritrodil-3-β-4-HO-cinnamdil); saponinas y larrentina, un derivado naftoquinónico citotóxico aislado de la raíz (Alonso, 2004).

Tabla 11. Principales compuestos en la planta gobernadora (*Larrea tridentata*)

 Borneol	 Alcanfor	 Camfeno	 Limoneno
 Linalol	 Farnesol	 Benzaldehído	 Para-cimeno
 Alfa-pineno	 Acetofenona		

1.2.1.5.2.1. Farmacología

Se describe en la literatura que la naftoquinona larreantín, posee actividad citotóxica. Se ha demostrado que los extractos acuoso y de éter de petróleo de esta planta presentan actividad antihelmíntica en pollos infestados con *Eimeria tenella* y actividad antibiótica contra bacterias y hongos patógenos. Estudios realizados para detectar la acción antitumoral del extracto acuoso de la



raíz en ratones a los que se indujeron leucemia 1210 y sarcoma 180 indicaron ausencia de actividad. El extracto etanólico obtenido de las ramas ejerció una actividad antibiótica sobre *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* y *Streptococcus faecalis* y ausencia de esta actividad sobre *Escherichia coli* y *Candida albicans* (Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, 2012).

1.2.2. Estudios sobre la aplicación de recubrimientos en los frutos

El efecto que tienen los recubrimientos en frutos frescos se pueden incluir disminución en el crecimiento microbiano, lo que representa una alternativa para alargar la vida útil del fruto fresco, así como la disminución de la respiración por la atmósfera que se modifica en el fruto, al actuar como barrera frente al transporte de gases; entre otros parámetros el recubrimiento puede tener efecto en la pérdida de peso, acidez, entre otros.

Tabla 12. Estudios realizados sobre la aplicación de recubrimientos comestibles

<i>Material</i>	<i>Fruto</i>	<i>Efecto</i>	<i>Referencia</i>
Hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja	Ciruelas, naranjas y mandarinas	Calidad, menor deshidratación, ablandamiento y desordenes fisiológicas.	Llanos (2007)
Gelatina	Fresa	Prolongación de la vida útil hasta 9 días y disminución de pérdida de la firmeza.	Pérez y Ramos (2006)
Goma arábica, Carboximetilcelulosa y glicerol	Frutas	La capacidad de intercambio gaseoso disminuido.	Valle-Guadarrama <i>et al.</i> (2008)
Cera	Mango <i>Tommy Atkins</i>	Menores pérdidas de peso	Pérez <i>et al.</i> (2005)
Goma de mezquite y cera de candelilla	Limón persa	Buena calidad por un periodo de 25 días.	Bósquez (2003)



Tabla 12. Estudios realizados sobre la aplicación de recubrimientos comestibles (Continuación)

<i>Material</i>	<i>Fruto</i>	<i>Efecto</i>	<i>Referencia</i>
Mucílago	Manzana cortada	Menor pérdida de peso, mayor firmeza	Abraján (2008)
Alginato	Trozos de manzana	Permeabilidad al vapor, soporte de antioxidantes.	Rojas (2006)
Alginato y grenetina	Mango cortado	Mejóro la calidad, proporcionó mayor firmeza, color y apariencia.	González y Guzmán (2011)
Grenetina	Zarzamora	Proporcionó brillo y mayor firmeza.	Negrete (2009)
Goma xantana-nanopartículas lipídicas	Guayaba	Mayor firmeza y menor pérdida de peso.	González (2011)
Alginato, goma gelana, aceite esencial de orégano, canela y limón	Manzana	Antimicrobianos en recubrimientos comestibles, efectivo contra <i>Escherichia coli</i> .	Rojas-Graü, <i>et al.</i> (2007)



Objetivos



2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de alginato y un extracto de origen natural para controlar los síntomas de la antracnosis en mangos ‘*Tommy Atkins*’ y ‘*Keitt*’ que sirva como alternativa para alargar la vida útil del fruto.

2.2. Objetivos particulares

Objetivo particular 1.

Establecer las condiciones (tiempos y tipo de disolvente) para la extracción por el método de sonicación de extractos de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) que permita obtener el mayor rendimiento.

Objetivo particular 2.

Evaluar la actividad antifúngica de diferentes extractos de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) por medio de pruebas *in vitro* para la inhibición del crecimiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*.

Objetivo particular 3.

Seleccionar la formulación del recubrimiento comestible a base de alginato de sodio que preserve los parámetros de calidad y no afecte el proceso de maduración del mango variedad ‘*Tommy Atkins*’.

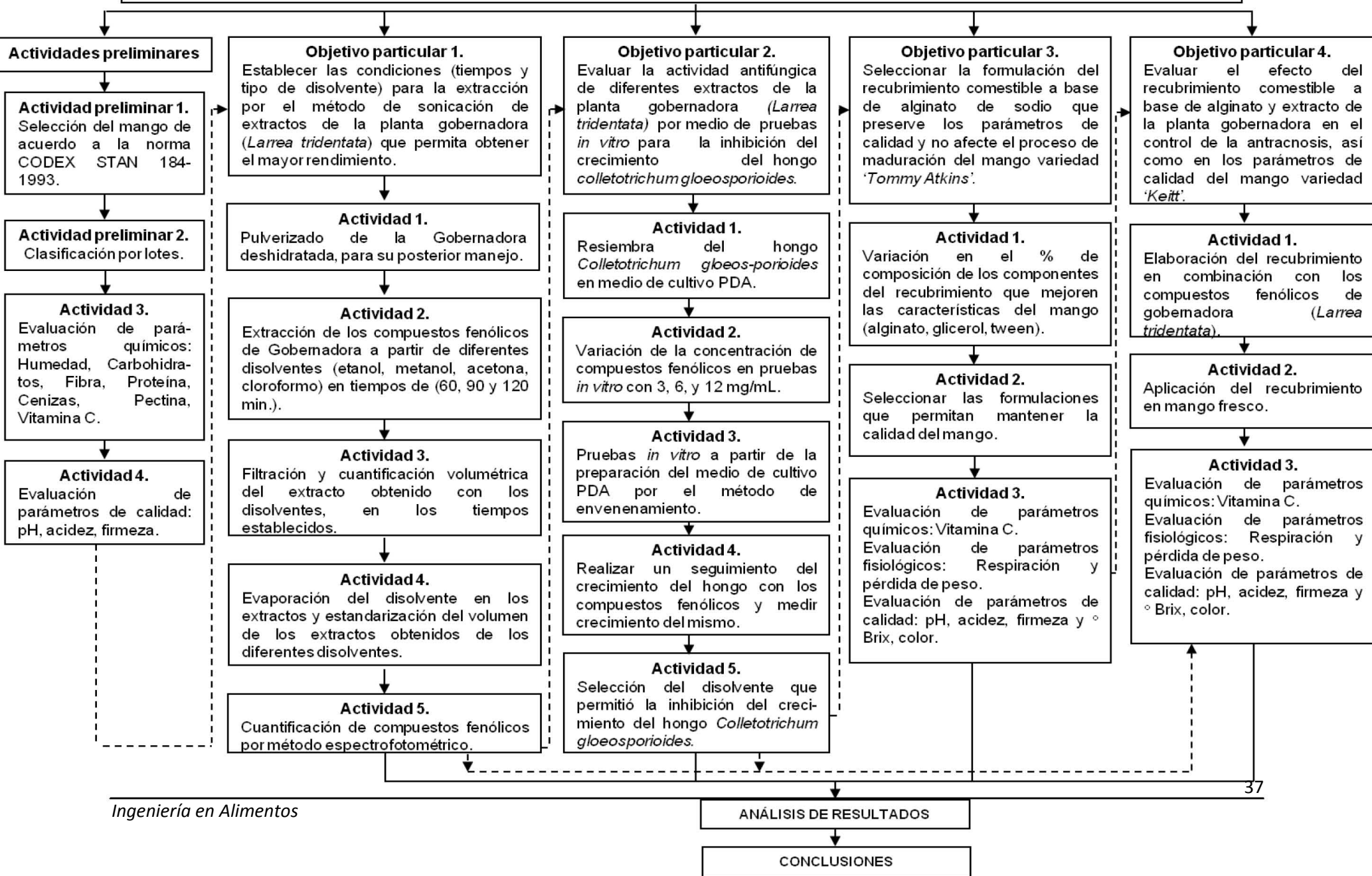
Objetivo particular 4.

Evaluar el efecto del recubrimiento comestible a base de alginato y extracto de la planta gobernadora en el control de la antracnosis, así como en los parámetros de calidad del mango variedad ‘*Keitt*’.



2.3. Cuadro metodológico

OBJETIVO GENERAL: Evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de alginato y un extracto de origen natural para controlar los síntomas de la antracnosis en mangos 'Tommy Atkins' y 'Keitt' que sirva como alternativa para alargar la vida útil del fruto.





Materiales y Métodos



2.4. Materiales y métodos

2.4.1. Material biológico

La planta gobernadora (*Larrea tridentata*) se adquirió en un mercado local de Cuautitlán estado de México en estado deshidratado. Los mangos de la variedad 'Tommy Atkins' y 'Keitt' se adquirieron en la Central de Abastos de la Ciudad de México, provenientes del estado de Guerrero en estado de madurez comercial (verde) y fueron trasladados al Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales del Centro de Asimilación Tecnológica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM para su posterior tratamiento (Figura 10).



Figura 10. Material biológico para la experimentación: mango variedad 'Keitt' (a) y 'Tommy Atkins' (b)

2.4.2. Tratamiento previo de la muestra

Los mangos se seleccionaron con base en el color, tamaño y se formaron lotes del mismo volumen con el fin de trabajar con lotes homogéneos (Figura 11), eliminando aquellos que presentaron daños mecánicos o por insectos.



Figura 11. Selección y clasificación del mango



2.4.3. Caracterización de la materia prima

La caracterización se llevó a cabo antes de la aplicación del tratamiento. Los parámetros físicos (peso, diámetros longitudinal y ecuatorial del fruto), químicos (humedad, carbohidratos, proteína, ceniza, fibra cruda, vitamina C, pectina) y fisicoquímicos (pH, acidez titulable) fueron evaluados de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 2.7 cada prueba se llevó a cabo por triplicado.

2.4.4. Selección de la formulación del recubrimiento

Esta actividad se realizó con el objetivo de establecer la formulación de un recubrimiento y seleccionar la que preservará la calidad y alargará la vida útil del mango. La base de este recubrimiento fue a partir de alginato de sodio, glicerol anhidro (marca Baker analyzed) y tween 80 (Polysorbate 80 marca Baker). Posterior a la aplicación del recubrimiento se sumergieron los frutos en una solución de cloruro de calcio para fijar el gel en el fruto.

Diferentes formulaciones se probaron y en la Tabla 13 se muestran las aplicadas para mango ‘*Tommy Atkins*’ y en la Tabla 14 para la variedad ‘*Keitt*’.

Tabla 13. Formulaciones a base de alginato de sodio para la conservación de la calidad y vida útil de mango variedad ‘*Tommy Atkins*’

Formulación	Componentes (%)			t de inmersión en recubrimiento (min)	t de inmersión en cloruro de calcio (min)
	Alginato	Glicerol	Tween 80		
1	1	2	0.5	2	5
2	1			4	
3	1			6	
4	1.5			2	
5	1.5			4	
6	1.5			6	







Tabla 14. Formulaciones a base de alginato de sodio para la conservación de la calidad y vida útil de mango variedad 'Keitt'

Formulación	Componentes (%)			t de inmersión en recubrimiento (min)	t de inmersión en cloruro de calcio (min)
	Alginato	Glicerol	Tween 80		
1	0.75	2	0.5	2	5
2	0.75			4	
3	0.75	2			
4	0.75	4			

2.4.5. Aplicación de los recubrimientos

Para la aplicación del recubrimiento en mango fresco se llevó a cabo siguiendo la siguiente metodología (Figura 12):

-  *Selección del mango:* Los mangos se seleccionaron con base al color y se formaron lotes homogéneos, eliminando los frutos que presentaron daño físico (mecánico, por frío, transporte). Posteriormente, los mangos se lavaron, y se secaron sobre papel de estraza, con ayuda de un ventilador.
-  *Aplicación de los recubrimientos:* El recubrimiento a base de alginato de sodio se aplicó en mango fresco 'Tommy Atkins' y 'Keitt' por inmersión durante un tiempo de 2, 4, 6 minutos. Posterior a la inmersión se extrajeron y se eliminó el exceso de solución y se incorporaron a una solución de cloruro de calcio para fijar el gel.
-  *Escurrido y secado:* El fruto fue extraído de la segunda solución para escurrirse y secarse sobre rejillas de secado.
-  *Almacenamiento:* Finalmente el fruto se depositó en cajas de cartón y se almacenaron a una temperatura de 14 °C por diez días y fueron transferidos a una temperatura de 23 ± 2°C para lograr su maduración comercial.

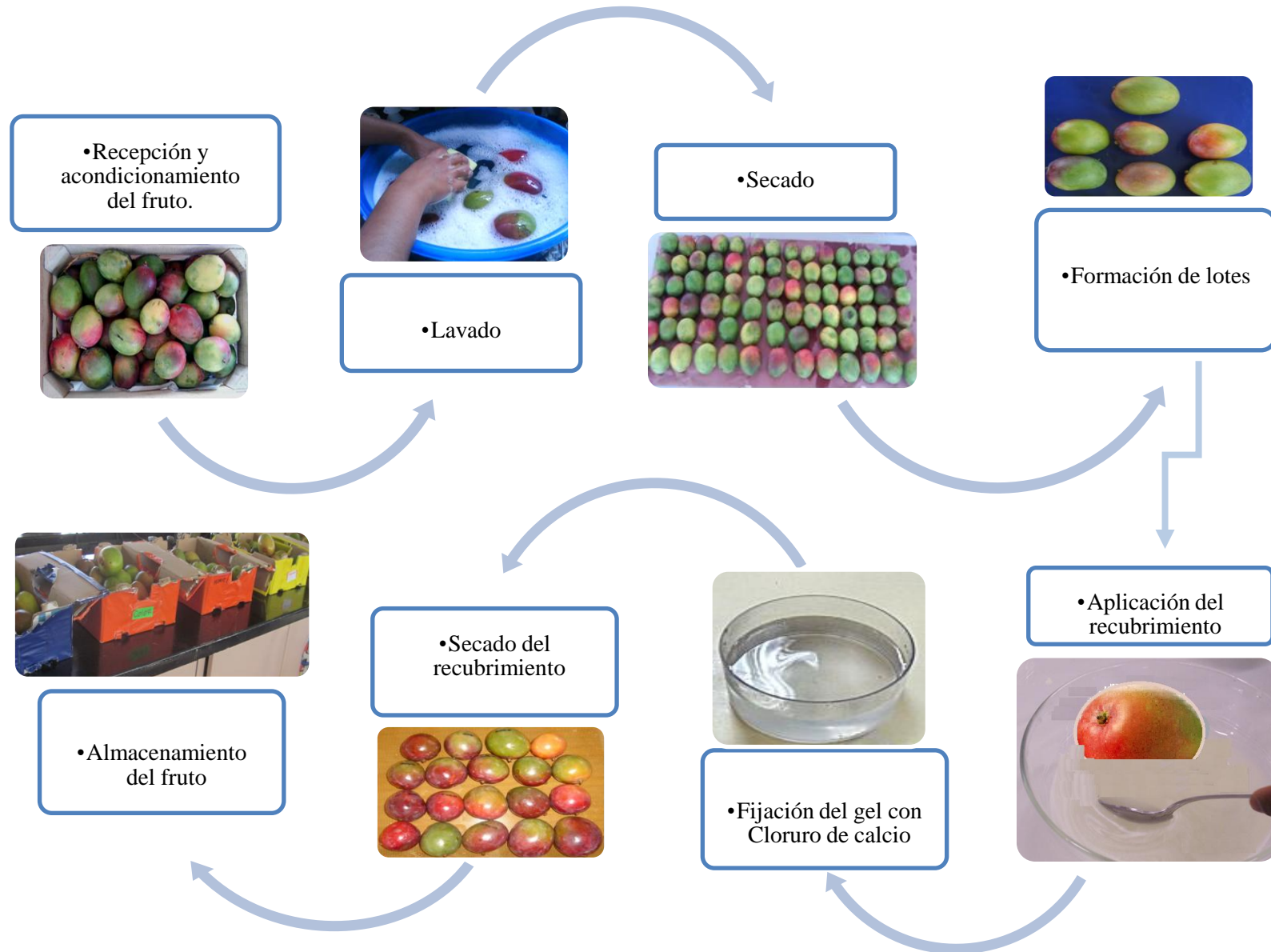


Figura 12. Aplicación del recubrimiento



2.4.6. Obtención de extractos

La planta gobernadora (*Larrea tridentata*) deshidratada obtenida fue pulverizada y almacenada a temperatura ambiente en un recipiente obscuro para evitar la oxidación de los compuestos bioactivos por exposición a la luz (Figura 13).



Figura 13. Gobernadora (*Larrea tridentata*) deshidratada

La extracción de los compuestos bioactivos de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) se llevó a cabo por el método de sonicación, el cual se realizó en un baño de ultrasonido (marca Cole-Parmer, modelo 8891) (Figura 14).



Figura 14. Baño de ultrasonido Cole-Parmer

La obtención de los extractos naturales se efectuó utilizando cuatro diferentes disolventes: etanol, metanol, acetona a una concentración de 70% y en el caso de cloroformo de 100% (Guerrero-Rodríguez *et al.*, 2007). Para el proceso de extracción se utilizó una relación 1:5 (planta: solvente), y tiempos de extracción de: 60, 90 y 120 minutos por periodos de 0.5 horas y descansos de 15 minutos, para evitar el calentamiento del equipo (Figura 15).

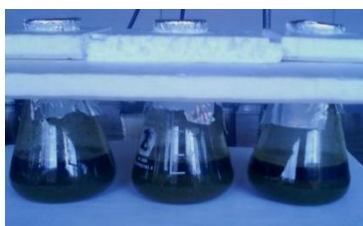


Figura 15. Gobernadora (*Larrea tridentata*) con disolvente



Posteriormente los extractos se filtraron y se midió el volumen en cada una de las condiciones de proceso. Los extractos fueron almacenados a baja temperatura en un recipiente ámbar para impedir el paso de la luz y se determinó el rendimiento en función del volumen obtenido. De cada extracto se determinó el contenido de fenoles de acuerdo a la técnica descrita en el apartado 2.7.1. (Figura 16).



Figura 16. Medición del volumen obtenido de extracto de la planta Gobernadora (*Larrea tridentata*)

2.4.7. Efecto de extractos de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) en el crecimiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*.

2.4.7.1. Resiembra del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*

El hongo utilizado fue previamente aislado e identificado en el Laboratorio de Poscosecha de Productos vegetales. El hongo se sembró en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA), (Figura 17), y se incubó por un periodo de 7 días en condiciones de fotoperiodo (24 horas con luz blanca y 24 horas con luz negra) para facilitar y estimular la esporulación y el crecimiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*.



Figura 17. Cepa de hongo *Colletotrichum gloeosporioides*



2.4.7.2. Pruebas *in vitro*

Para evaluar la actividad antifúngica de los diferentes extractos de la planta Gobernadora (*Larrea tridentata*) sobre el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* se realizaron pruebas *in vitro* basándose en el método de envenenamiento de cultivo utilizado por García *et al.* (2006) con leves modificaciones. La metodología realizada se describe a continuación (Figura 18):

- 🍌 La concentración de los extractos se fijó con base al contenido de fenoles totales, siendo 3, 6 y 12 mg/L. Las concentraciones evaluadas fue para cada uno de los diferentes extractos obtenidos a partir de etanol, acetona y metanol. Estos extractos fueron adicionados al agar PDA previo a la solidificación.
- 🍌 El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* se sembró en agar PDA por 8-10 días a temperatura de 25°C.
- 🍌 Las cajas petri con el agar PDA fueron preparadas y distribuidas como: control (sin extracto), extracto de planta de gobernadora y control negativo (con disolvente puro), cada uno se preparó con su réplica. A partir de las cajas con hongo previamente crecido se extrajo un disco, el cual fue ubicado en el centro de cada una de las cajas petri descritas anteriormente.
- 🍌 Los cultivos se incubaron durante 10 días (24 horas con luz blanca y 24 horas con luz negra), monitoreando el crecimiento del hongo a partir de la medición con ayuda de un vernier, así como inspección visual de la actividad del extracto sobre el hongo en estudio.

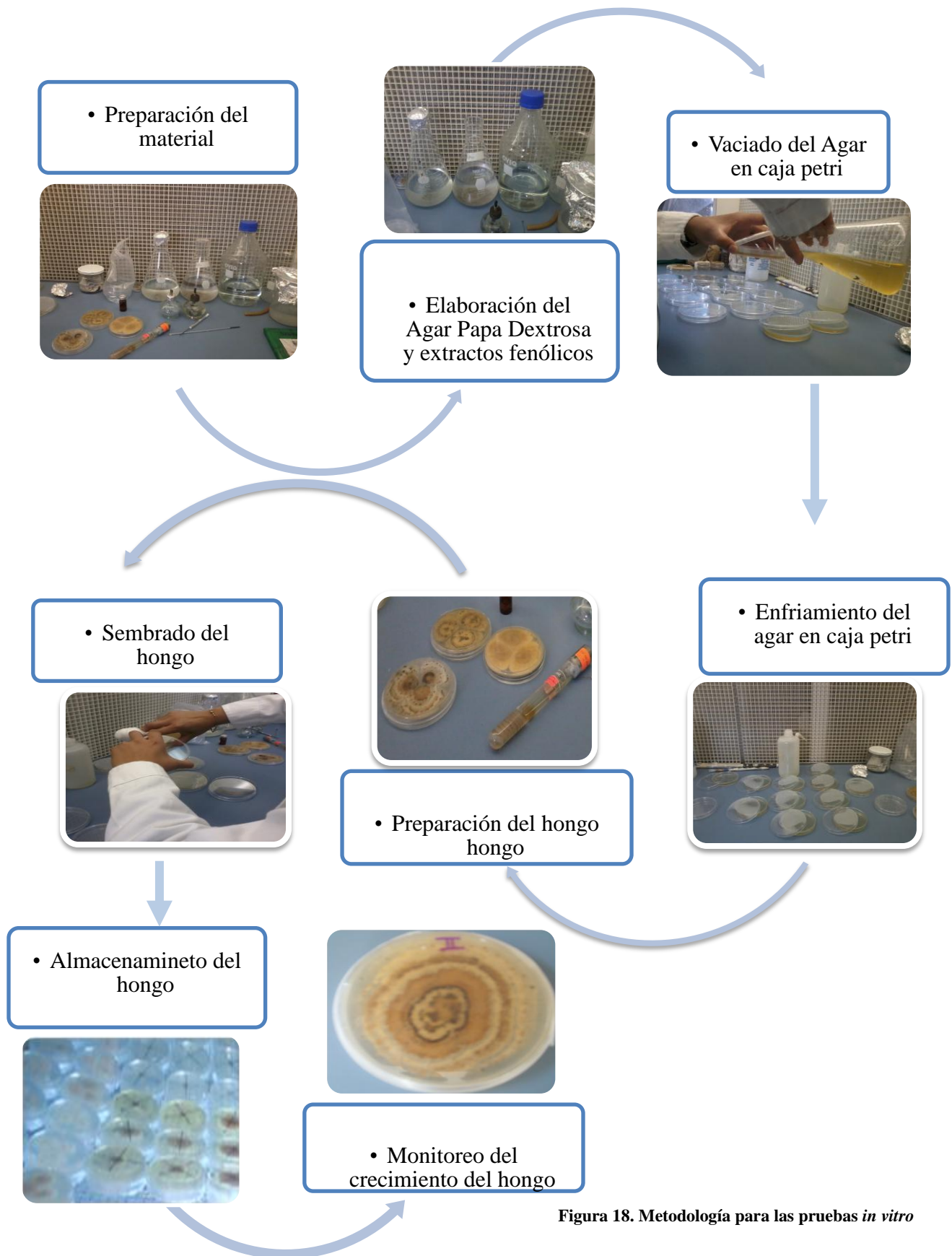


Figura 18. Metodología para las pruebas *in vitro*



2.5. Evaluar el efecto del recubrimiento en mango variedad ‘Tommy Atkins’

Una vez que se aplicó el recubrimiento a base de alginato de sodio a los mangos; los lotes con y sin tratamiento fueron almacenados en cajas de cartón, en una cámara de refrigeración a temperatura de $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 10 días, para posteriormente ser transferidas a una temperatura de $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 5 días para alcanzar su madurez comercial.

Los parámetros evaluados cada 5 días fueron: firmeza, sólidos solubles, pH, acidez titulable, color y vitamina C; la respiración y el porcentaje de pérdida de peso se evaluaron cada tercer día durante los 15 días de almacenamiento. Dichos análisis se realizaron por triplicado y de acuerdo a las técnicas analíticas descritas en el apartado 2.7.1.

2.6. Evaluar el efecto del recubrimiento en mango variedad ‘Keitt’

Una vez que se aplicó el recubrimiento a base de alginato de sodio y adicionado con el extracto de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) a los mangos; los lotes con y sin tratamiento fueron almacenados en contenedores previamente esterilizados, en una cámara de refrigeración a temperatura de $14\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 10 días, para posteriormente ser transferidos a una temperatura de $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ alcanzando un periodo de almacenamiento de 20 días.

Los parámetros evaluados cada 5 días fueron: firmeza, sólidos solubles, pH, acidez titulable, color y vitamina C; de acuerdo a las técnicas analíticas descritas en el apartado 2.7.1. La respiración y el porcentaje de pérdida de peso se evaluaron cada tercer día durante los 20 días de almacenamiento.

2.7. Técnicas analíticas

2.7.1. Parámetros químicos


 **Determinación de humedad:** La humedad se llevó a cabo por el método de estufa de aire caliente que se basa en la determinación gravimétrica, en el cual el agua se elimina por calor aplicado a la muestra, ésta a su vez es desecada hasta masa constante con ayuda de una balanza analítica (Figura 19). Los resultados se expresaron en porcentaje (Pearson, 1998).



Figura 19. Estufa de aire por convección

🍊 **Determinación de carbohidratos:** La determinación de azúcares reductores totales y reductores directos se realizó por el método volumétrico de Lane y Eynon, el cual se basa en el uso de disoluciones alcalinas de cobre que se reducen a óxido cuproso, se hace reaccionar sulfato cúprico con azúcar reductor en medio alcalino formándose óxido cuproso. (Figura 20). Los resultados fueron expresados en porcentaje (Pearson, 1998).



Figura 20. Determinación de carbohidratos por Lane y Eynon

🍊 **Determinación de Fibra cruda:** La fibra bruta es el residuo orgánico lavado y seco que queda después de una hidrólisis ácida y alcalina. La fibra consta esencialmente de celulosa, la cantidad obtenida depende del procedimiento analítico empleado (Figura 21). El contenido de fibra se expresó en porcentaje (Pearson, 1998).



Figura 21. Determinación de fibra cruda



🍊 **Determinación de cenizas totales:** Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica; las cenizas no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a la volatilización. La extracción de las cenizas se realiza por medio de incineración total de la muestra (Figura 22) a temperaturas elevadas (450-500°C). El contenido de ceniza fue expresado en porcentaje (Pearson, 1998).



Figura 22. Determinación de cenizas

🍊 **Determinación de Proteína.** La Proteína fue determinada por el método de Lowry donde las proteínas reaccionan con cobre en solución alcalina (pH 10-10.5) y mediante reducción del reactivo de Folin- Ciocalteau (Marca SIGMA), a heteropolibdeno azul debido a la oxidación de aminoácidos aromáticos; reacción catalizada por cobre. Las mediciones se realizaron en un espectrofotómetro (Marca Thermo spectronic Modelo Genesys 10 uv). Los valores de concentración de proteína se determinaron por interpolación gráfica en una curva patrón de albúmina sérica bovina 0.1 % obtenida a una longitud de onda de 720 nm. Los resultados se expresaron en mg de proteína/ml de extracto (Lowry *et al.*, 1951).

🍊 **Determinación de Vitamina C.** Se determinó a partir del método volumétrico, el cual se fundamenta en la propiedad del ácido ascórbico que reacciona con el indofenol (2,6 dicloro fenol indofenol), decolorando el color azul y la cantidad decolorada es proporcional a la cantidad de vitamina C presente en el alimento (Figura 23). La cantidad de ácido ascórbico se expresa en mg de vitamina C por 100 g de alimento.



Figura 23. Determinación de Vitamina C

🍌 **Determinación de Pectina.** La determinación de pectina se llevó a cabo por medio de la precipitación con cloruro de calcio y la posterior formación de pectato de calcio. Los resultados se expresaron en g/100g de muestra (Lira, 2008).

🍌 **Cuantificación de los compuestos fenólicos (Fenoles totales)**

La determinación de los compuestos fenólicos se realizó por el método descrito por Slinkard y Singleton (1977). En tubos de ensaye, se colocaron 1.5 ml de agua destilada, 100 μ l del reactivo de Folin-Ciocalteu, 200 μ l de Na_2CO_3 y 25 μ l del extracto, se homogenizaron y se dejaron reposar por un tiempo de 30 minutos. Después fueron leídos en un espectrofotómetro (Figura 24) a una longitud de onda de 765 nm.



Figura 24. Espectrofotómetro

2.7.2. Parámetros de calidad

🍌 **Determinación de firmeza:** Se utilizó un penetrómetro manual (marca Tr. Fruit Pressure Tester modelo FT 327) (Figura 25) con accesorio en la punta cilíndrica de 8 mm de diámetro, los resultados se expresaron como la fuerza necesaria para penetrar la cáscara del mango en kg_f/cm^2 .



Figura 25. Penetrómetro

🍌 **Determinación de sólidos solubles:** Se realizó con un refractómetro de mano (Marca Atago) poniendo una gota de jugo de la pulpa que se desprende del mango (Figura 26). Los resultados se expresaron como ° Brix.



Figura 26. Refractómetro

🍌 **Determinación de pH:** Se basa en la determinación de la actividad de iones hidrógeno (H^+) medidos en un potenciómetro usando un electrodo de vidrio y otro de referencia. La fuerza electromotriz producida por el sistema de electrodo es proporcional al pH de la solución problema. El pH del mango fue determinado con un potenciómetro manual (Figura 27) marca Hanna instruments, por medición directa a temperatura ambiente (Pearson, 1998).



Figura 27. Potenciómetro

🍌 **Determinación de acidez:** La acidez titulable es el % de los ácidos contenidos en el producto. La determinación de este parámetro se realizó por medio del análisis de titulación directa, que es la neutralización de los iones hidrógeno del ácido con una solución de hidróxido de sodio de concentración conocida (Figura 28). El cambio de acidez a la alcalinidad se determina utilizando fenolftaleína como indicador (AOAC, 1994).



Figura 28. Acidez titulable

🍌 **Determinación de pérdida de peso:** Se realizó mediante la diferencia de pesos, por método gravimétrico (Figura 29) tomando en cuenta como base el peso inicial del día de la aplicación del tratamiento de cada uno de los mangos menos su peso final. Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento.



Figura 29. Pérdida de peso

🍌 **Determinación de Color:** Para la medición de los cambios de color en el mango se llevó a cabo las mediciones en la piel del fruto (Figuras 30, 31), con un colorímetro (Marca Minolta), Los resultados 'L', 'a' y 'b' se utilizaron para calcular el tono (ángulo de Hue) donde Hue: 0=rojo-purpura, 90=amarillo, 180=azulado-verde y 270=azul. El croma indica la intensidad del color o saturación del color. El Hue se calcula a partir de la ecuación $h^{\circ} = \arctan [b/a]$ y la cromaticidad por la ecuación $C = [a^2 + b^2]^{1/2}$. 'L' significa luminosidad donde el color negro presenta un valor de L=0 mientras que el blanco L=100 (McGuire, 1992).

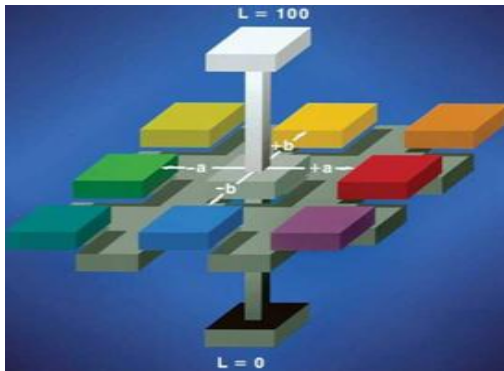


Figura 30. Rango de color



Figura 31. Colorímetro

2.7.3. Parámetros fisiológicos

🍌 Medición de la respiración: La respiración fue determinada tomando en cuenta la producción de CO_2 generado por los mangos, utilizando un sistema cerrado-estático (Figura 32). Los mangos fueron colocados dentro de un recipiente sellado y después de 1 hora se midió la acumulación de CO_2 . La generación de CO_2 se registró en el analizador de gases (marca Analyzer nite), el resultado se expresó en mgCO_2/kg peso fresco.



Figura 32. Analizador de gases

2.8. Tratamiento estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño de análisis factorial con dos factores (tratamiento y tiempo). Los factores fueron: las concentraciones de recubrimientos y los tiempos de inmersión. Para establecer el efecto por tratamientos se aplicaron pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) y Duncan ($\alpha=0.05$), mediante el programa estadístico SPSS STATISTICS versión 19.0.



Resultados y Discusión



3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización física y fisicoquímica

Para establecer las características de los frutos se realizó una caracterización a partir de la determinación de los parámetros de físicos, químicos, fisicoquímicos, fisiológicos y de calidad del mango variedad 'Tommy Atkins' y 'Keitt'. Estas características están relacionadas con los índices de madurez del fruto tales como: la forma, firmeza y color que son propios de cada variedad.

La mayoría de las frutas climatéricas, como el mango, maduran tanto en el árbol como en postcosecha. Sin embargo la mejor calidad comercial y la mayor vida de almacenamiento del mango se obtienen cuando la fruta es madurada en postcosecha (Yahia *et al.*, 2006).

En la Tabla 15 se muestran las características físicas de los mangos variedad 'Tommy Atkins' y 'Keitt' con los cuales se realizó el estudio. De acuerdo al peso, los mangos 'Tommy Atkins' y 'Keitt' correspondieron al calibre A y B, respectivamente de acuerdo a la norma del Codex Alimentario (CODEX STAN 184-1993).

Tabla 15. Características físicas del mango variedad 'Tommy Atkins' y 'Keitt'

Parámetro	Variedad	
	<i>Tommy Atkins</i>	<i>Keitt</i>
Peso (g)	336.10 ± 51.62	406.33 ± 47.28
Longitud ecuatorial(cm)	8.03 ± 4.06	8.59 ± 3.12
Longitud axial (cm)	9.46 ± 0.56	10.16 ± 0.36

Los valores representan la media de tres réplicas ± desviación estándar.

El análisis químico proximal se realizó a los mangos de las variedades 'Tommy Atkins' y 'Keitt', los valores se muestran en la Tabla 16. El contenido de humedad fue el componente mayoritario, por lo que se considera un fruto jugoso a la hora de su consumo, como segundo parámetro más importante se encontraron los azúcares responsables del sabor. También presenta un contenido regular de fibra que va a depender de la variedad del mango. Estos frutos contienen una baja concentración de proteína en comparación con otros alimentos que son fuente de proteína. También se observó que de acuerdo al



estado de madurez, los componentes varían como es el caso de los azúcares los cuales se incrementaron de 8.11 a 11.09.

Tabla 16. Caracterización química de los mangos de las variedades ‘Tommy Atkins’ y ‘Keitt’ en dos estados de madurez

Parámetro (%)	Tommy Atkins		Keitt	
	Edo. Pre-climatérico	Edo. climatérico	Edo. Pre-climatérico	Edo. climatérico
Humedad	86.36±4.33	83.92±8.30	83.18±0.18	82.42±0.09
Carbohidratos	8.11±0.24	11.09±0.62	5.80±0.22	9.56±1.47
Pectina	1.59±0.03	0.92±0.10	1.68±0.14	0.32±0.01
Fibra	0.56±0.06	0.41±0.01	0.14±0.00	0.45±0.09
Cenizas	0.42±0.09	0.36±0.03	0.64±0.00	0.36±0.07
Proteína	0.51±0.04	1.02±0.02	0.40±0.09	0.68±0.10

Los valores representan la media de tres réplicas ± desviación estándar.

En cuanto a los parámetros físico-químicos en los mangos de las variedades ‘Tommy Atkins’ y ‘Keitt’ en dos estados de madurez se muestra en la Tabla 17.

Los parámetros físico-químicos del mango son de suma importancia, ya que indican los cambios durante la maduración que conducen a la madurez comercial, estos parámetros ayudan a determinar la calidad y aceptación del fruto durante su vida útil.

Tabla 17. Parámetros físico-químicos de los mangos de las variedades ‘Tommy Atkins’ en dos estados de madurez

Parámetro	Tommy Atkins		Keitt	
	Edo. Pre-climatérico	Edo. climatérico	Edo. Pre-climatérico	Edo. climatérico
Firmeza (Kg/cm ²)	13.00±0.00	8.25±0.49	13.00±0.00	8.20±0.57
Sólidos solubles (° Brix)	9.27±0.25	11.33±1.04	11.90±0.71	13.20±2.54
pH	3.29±0.34	4.64±0.01	3.90±0.07	4.52±0.01
Acidez (% ácido cítrico)	0.06±0.00	0.02±0.01	0.06±0.02	0.05±0.02
Vitamina C (mg ácido ascórbico /100g muestra)	12.53±2.86	6.67±0.27	15.19±5.57	7.98±0.97

Los valores representan la media de tres replicas ± la desviación estándar.



Los parámetros relacionados con el sabor como son los azúcares, y el pH, fueron aumentando, mientras que la acidez y la firmeza fueron disminuyendo de acuerdo al estado de madurez.

3.2. Efecto de la aplicación del recubrimiento de alginato de sodio sobre los parámetros de calidad en mango de la variedad ‘Tommy Atkins’.

Durante la maduración tiene lugar en el fruto una sucesión de importantes cambios bioquímicos y fisiológicos que determinan las características sensoriales relacionadas con el sabor, aroma y textura, que conducen al logro del producto adecuado para el consumo (Romojaro *et al.*, 1996).

La calidad de la fruta se establece en función de criterios de apreciación visual, como: tamaño, forma, color, carencia de defectos y enfermedades. También se registra en los frutos durante la maduración una amplia gama de cambios estructurales en el grosor de la pared celular y la cantidad de espacios intercelulares, que contribuyen al ablandamiento de los tejidos que es considerada como un primer indicio de madurez, confiriendo al fruto la textura necesaria para su aceptación (Pérez y Ramos, 2006).

3.2.1 Cambios en la acidez

Los ácidos orgánicos son importantes en el metabolismo respiratorio y como sustancias de almacenamiento en frutas y hortalizas. Estas contienen pequeñas cantidades de ácidos orgánicos que son intermediarios metabólicos (por ej., en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos o ciclo de Krebs, principal vía de oxidación de los ácidos orgánicos que proporciona la energía necesaria para mantener la integridad celular). Entre los ácidos alifáticos más comunes y abundantes que contienen las frutas y hortalizas se encuentran el cítrico y el málico. La acidez total de las frutas generalmente disminuye durante la maduración porque los ácidos se utilizan como sustrato respiratorio o se convierten en azúcares (Fennema, 2010).

En la Figura 33 se muestra el efecto de la aplicación del recubrimiento en la acidez de los mangos expresado en porcentaje de ácido cítrico, el cual fue disminuyendo conforme al transcurso de los días de almacenamiento presentando el siguiente comportamiento.

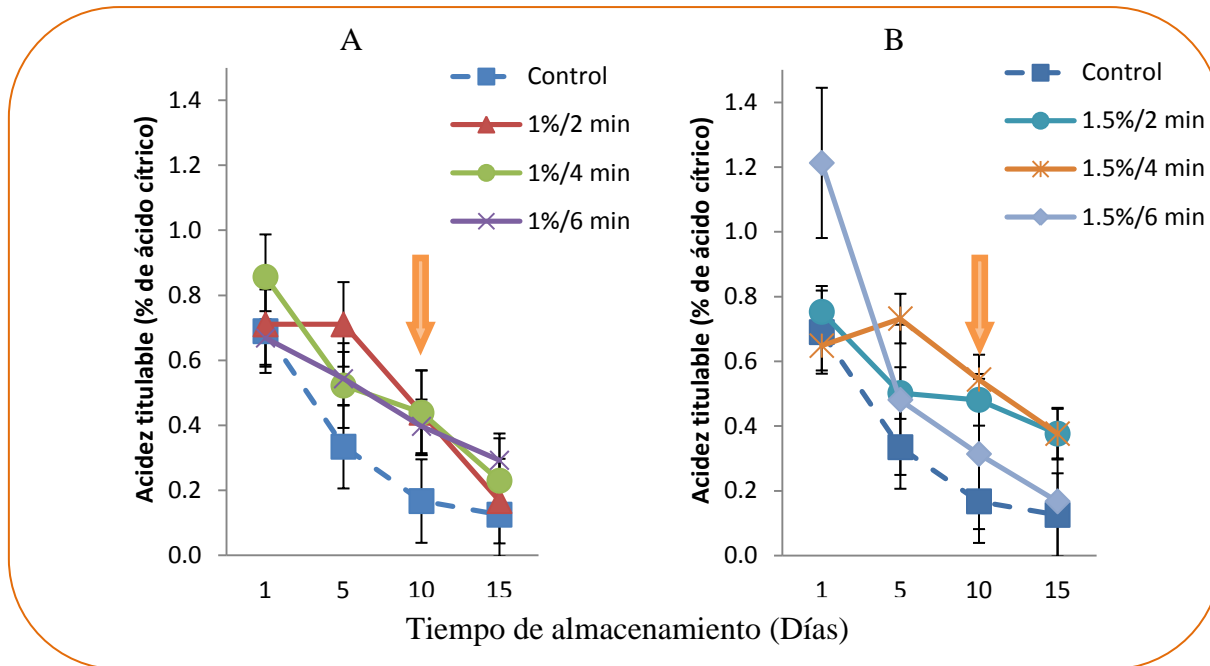


Figura 33. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4, 6 minutos, en la acidez de mango variedad 'Tommy Atkins'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

Para el primer día de almacenamiento (Figura 33A) se observó en el grupo control un contenido de ácido cítrico de 0.69%, disminuyendo para el quinceavo día a 0.13%, mostrando una disminución del 81.4% desde el primero hasta el último día de almacenamiento. Para el caso de los mangos con recubrimiento al 1% y tiempo de 2 minutos de inmersión registraron valores iniciales de 0.71% de ácido cítrico, reduciendo el contenido hasta 0.17% al final del almacenamiento con un incremento del 76%. Los frutos tratados con esta concentración y tiempo de 4 minutos de inmersión presentaron un contenido inicial en ácido cítrico de 0.85%, disminuyendo 0.23% al final del almacenamiento con una disminución del 72.9%; mientras que los frutos tratados a esta concentración y tiempo de 6 minutos de inmersión presentaron un comportamiento similar. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días uno y quince; mientras que para el quinto y décimo día de almacenamiento se registró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los frutos al 1% y tiempo de inmersión de 2, 4 y 6 minutos, con respecto al control.

En la Figura 33B se muestran los mangos con los recubrimientos al 1.5% de alginato, registrándose valores de 0.7, 0.6, 0.2% de ácido cítrico correspondientes a los tiempos de inmersión de 2, 4, y 6 minutos para el primer día, registrándose diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los mangos con tratamientos 1.5% y de alginato a 6 min de inmersión con respecto al grupo control y al resto de los mangos con



tratamiento. Para el décimo día los valores oscilaron entre 0.2 y 0.5 % siendo los mangos con concentración al 1.5% tiempo de inmersión de 4 minutos los que presentaron máxima acidez. Asimismo se encontró que entre mangos con tratamiento presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$); sin embargo los frutos con el recubrimiento al 1.5% en tiempo de inmersión de 4 minutos presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con base en el lote control.

En el último día de almacenamiento se registraron datos de acidez que fluctuaron entre 0.13 a 0.38%, siendo la concentración al 1.5 % en tiempos de inmersión al 2 y 4 minutos los máximos valores reportados. Se encontró que estadísticamente para este día de muestreo, no hay diferencia significativa entre los mangos con tratamiento, ni con respecto al grupo de mangos control.

Durante la maduración la presencia de ácidos y azúcares simples representan a los componentes más importantes en el desarrollo del sabor del fruto, por lo que aumentos en el contenido de sólidos solubles durante la maduración se verán acompañados con una disminución en la acidez del fruto, ya que los niveles de ácidos orgánicos desciende debido a su utilización como sustrato respiratorio (Castillo, 2005). La aplicación del recubrimiento al 1% en mangos afectó significativamente al contenido de ácido cítrico, de igual forma los mangos con el recubrimiento al 1.5%, contrario a los mangos que no fueron tratados, indicando un efecto de los recubrimientos sobre la acidez de los mangos, debido a la relación de los °Brix con este parámetro, al no presentar un aumento en la producción de azúcares, por lo tanto el contenido de acidez es mayor en frutos con recubrimiento. El grupo de mangos control redujo su contenido en ácido cítrico hasta un 18.84% debido a la pérdida de ácidos orgánicos por efectos de la maduración sobre el fruto y los cambios que implica la senescencia en frutos climatéricos, debido a que la respiración fue reducida y por lo tanto disminuyó la utilización de los ácidos como sustrato respiratorio. Comportamiento similar fue reportado por Zambrano *et al.* (2011) en mangos ‘*Bocado*’ con recubrimientos a base de almidón acuoso, metil-celulosa, quitosán; la acidez titulable decreció a partir de la tercera evaluación en los frutos control, en comparación con los mangos tratados.

3.2.2. Cambios en los sólidos solubles

El cambio más importante ligado a la maduración de los frutos es la degradación de los carbohidratos. Entre los polisacáridos se incluyen el almidón, la celulosa, la hemicelulosa y la pectina. Uno de los principales cambios que se producen en los productos hortofrutícolas tras la recolección son los que



afectan a los carbohidratos. Por ejemplo, la disminución de sacarosa, consecuencia de la respiración, o de su transformación en almidón, supone la disminución de dulzor. Por el contrario, la transformación del almidón en azúcar durante la maduración de las frutas, aumenta su sabor dulce (Fennema, 2010). El contenido de azúcares en los frutos se evalúa como el contenido de sólidos solubles; ó en términos de azúcares reductores y no reductores (Primo, 1997).

En la Figura 34 se muestra el efecto de la aplicación del recubrimiento en mangos variedad ‘Tommy Atkins’ sobre el contenido de sólidos solubles a lo largo de 15 días de almacenamiento. Un comportamiento similar se observó entre todos los tratamientos aplicados y el control; al incrementar los sólidos solubles con respecto al tiempo de almacenamiento.

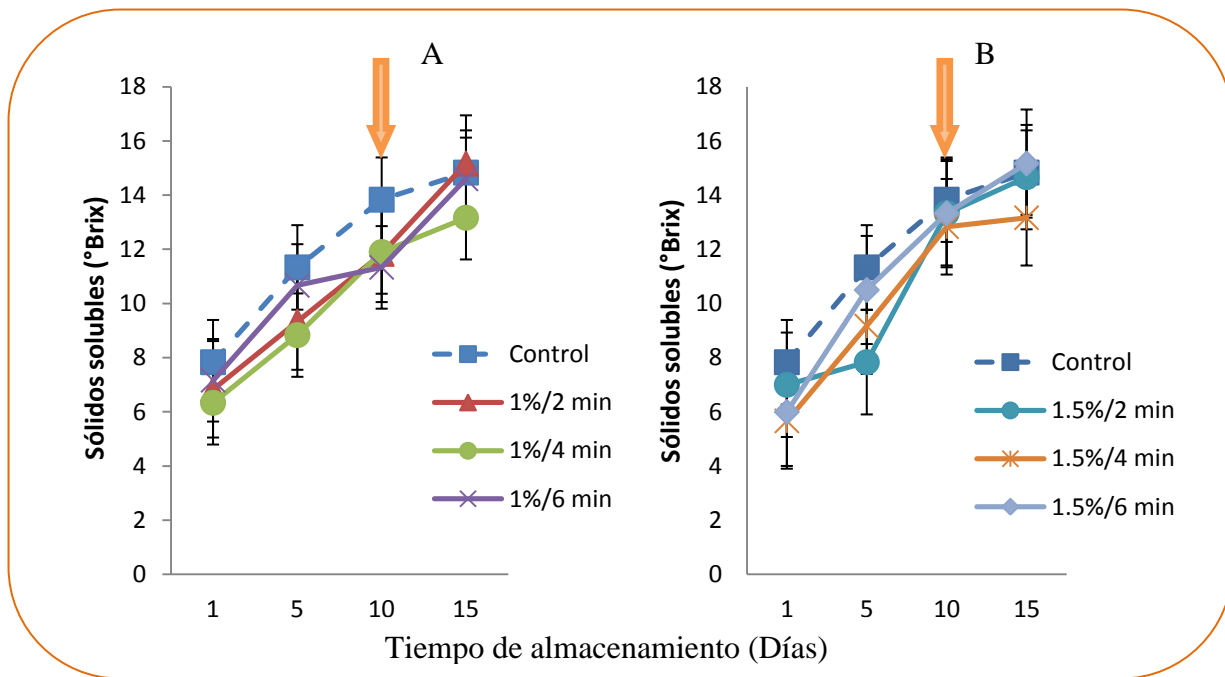


Figura 34. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4, 6 minutos, en los sólidos solubles de mango variedad ‘Tommy Atkins’. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

Para el primer día de almacenamiento (Figura 34A) se observó en el grupo control un contenido de sólidos solubles de 7.8 °Brix, incrementándose para el quinceavo día hasta 14.8°Brix, registrándose un aumento del 47.2% desde el primero hasta el último día de almacenamiento. Para el caso de los mangos con recubrimiento al 1% y tiempo de 2 minutos de inmersión se registraron valores iniciales de 6.83 °Brix, alcanzando 15 °Brix al final del almacenamiento con un incremento del 55% en sólidos solubles; mientras que los frutos tratados a esta concentración y tiempo de 4 minutos de inmersión



presentaron un comportamiento similar. Los frutos tratados con esta concentración y tiempo de 6 minutos de inmersión presentaron un contenido inicial en sólidos solubles de 7.1°Brix aumentando para el último día de almacenamiento a 14.6°Brix. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días uno, cinco y diez; mientras que para el último día de almacenamiento se registró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los frutos al 1% y tiempo de inmersión de 4 minutos, con respecto al control. En la Figura 34B el contenido de sólidos solubles de los mangos control al inicio del almacenamiento fue de 7.8 °Brix, mientras que para los frutos con recubrimiento al 1.5% en los tres tiempos de inmersión se encontraron entre 6 y 7 °Brix. Al final del almacenamiento, el contenido de sólidos solubles de los frutos con recubrimiento al 1.5% en los tres tiempos de inmersión alcanzaron un contenido entre 13.1 y 15.1 °Brix, en tanto que los mangos sin recubrimiento alcanzaron un contenido de sólidos solubles de 15 °Brix. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días uno, cinco y diez; mientras que para el último día de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos al 1.5% y tiempo de inmersión de 4 minutos, con respecto al control.

El tratamiento en ambas concentraciones de alginato no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el contenido de sólidos solubles en mangos en el primer y décimo día, ya que no se observó alguna diferencia con respecto al control, sin embargo si se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los frutos al 1.5% y tiempo de inmersión de 4 minutos con respecto al control, para el quinceavo día.

A lo largo y final del almacenamiento se observó que los mangos que fueron tratados con recubrimiento a base de alginato de sodio tuvieron un ligero retraso en el contenido de sólidos solubles, en comparación con los frutos que no fueron recubiertos, esto pudo deberse al efecto de la baja disponibilidad de oxígeno y por lo tanto a la disminución en la tasa respiratoria, por lo que la conversión del ácido cítrico en azúcares se ve afectada; resultados similares reportaron Zambrano *et al.* (2011) observaron que mangos ‘Bocado’ con recubrimientos a base de almidón acuoso, metil-celulosa, quitosán presentaron valores de sólidos solubles totales estadísticamente inferiores en los frutos recubiertos comparados con los controles; lo que sugiere que este aumento puede atribuirse a la rápida conversión de almidón a azúcares, como resultado de los cambios fisiológicos durante el almacenamiento, en el caso de los mangos sin tratamiento.



3.2.3. Cambios en el pH

El pH depende de la acidez de valoración, los ácidos orgánicos específicos que contiene el producto y sus cantidades relativas, así como de otros factores que influyen sobre la capacidad tampón. El pH varía entre 2 y 7 en las distintas frutas y hortalizas. Además de los mecanismos de control celulares, el pH puede tener una gran influencia en los cambios químicos que se producen en postcosecha, tanto en tejidos frescos como procesados (Fennema, 2010). Los valores de pH y acidez se encontraron que son inversamente proporcionales, ya que si la acidez disminuye la cantidad de pH se acerca más hacia la basicidad, esto es debido a que los ácidos orgánicos presentes en el mango cuando se encuentran en el estado de madurez comercial disminuyen, ya que al ser recolectado el mango, queda separada de su fuente natural de nutrientes, pero su tejido todavía respira. En la Figura 35 se observa el comportamiento del pH obtenido en los mangos variedad 'Tommy Atkins' con recubrimiento de alginato, en el cual se observó una tendencia ascendente con respecto a los días de almacenamiento; para el caso de los mangos control y con tratamiento.

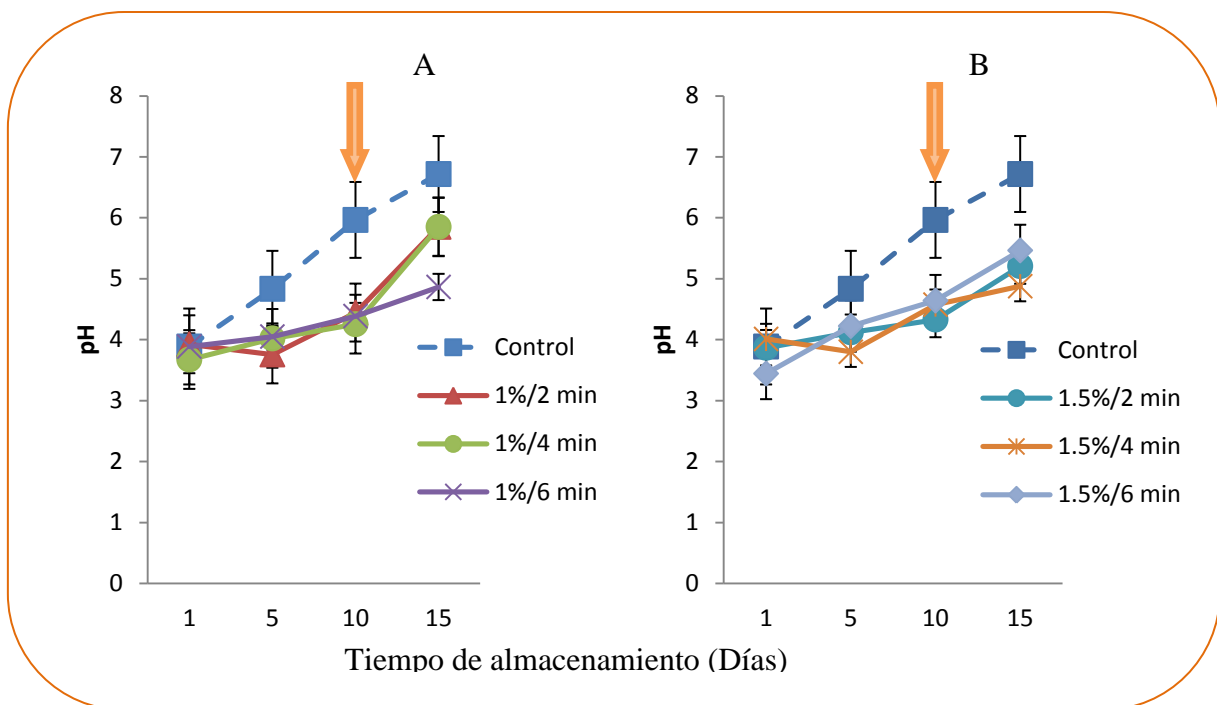


Figura 35. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4, 6 minutos, en el pH de mango variedad 'Tommy Atkins'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.



Para el primer día los mangos del grupo control reportaron valores de pH de 3.8 y el valor aumenta ligeramente hasta llegar a valores de 6.7 al final del almacenamiento (Figura 35A). Los frutos con los diferentes tratamientos al 1% de alginato y 2, 4, y 6 minutos de inmersión presentaron valores de pH inferiores a los mangos sin tratamiento, no encontrándose diferencia significativa ($P \geq 0.05$) hasta el día 10, entre las diferentes formulaciones y tiempos de inmersión, pero sí con respecto a los frutos control. Para el quinceavo día los mangos con recubrimiento y grupo control reportan valores de pH que van desde 4.8 a 5.8, en donde sobresale por encima de los tratamientos el grupo control con el máximo valor de pH reportado, en este día se encuentra diferencia significativa ($P \leq 0.05$) de los recubrimientos al 1% y 6 minutos de inmersión con respecto al grupo control.

En la Figura 35B se muestran los cambios de pH con los tratamientos al 1.5% de alginato. En el primer día de almacenamiento los mangos con recubrimiento al 1.5% por 2, 4 y 6 minutos de inmersión mostraron valores de pH de entre 3.4 a 4, valor similar mostró el grupo de mangos control al reportar un valor de pH de 3.8. Al final del almacenamiento el valor de pH de los mangos control se incrementó ligeramente hasta 5.2, mientras que los mangos con recubrimiento al 1.5% en 2, 4 y 6 minutos de inmersión reportaron datos de pH de entre 4.8 a 5.4. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) el primer y quinto día; mientras que para los días diez y quince de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos al 1.5% en los tres tiempo de inmersión, con respecto a los mangos control.

El comportamiento expuesto anteriormente en la Figura 35 mostró que los mangos tratados disminuyeron el valor de pH, sin embargo el lote control se encontró por encima de estos hasta el final del almacenamiento, este comportamiento se relaciona de igual forma con la transformación de los ácidos que tiene el mango durante la conservación de éste y por lo tanto la aplicación de recubrimientos afecta directamente este parámetro debido a la disminución de la respiración por la atmósfera que se crea alrededor del mango; comportamiento similar reportaron Zambrano *et al.* (2011) en mangos ‘Bocado’ con recubrimientos a base de almidón acuoso, metil-celulosa, quitosán; los resultados de pH mostraron un comportamiento más bajo en los frutos tratados en comparación con los frutos control. Cabe mencionar que Negrete (2009) reportó que los ácidos orgánicos no aumentaron en Zarcamoras recubiertas debido a que no hay degradación del almidón por lo tanto el comportamiento del pH es descendente en frutos con recubrimiento; siendo estos resultados similares a los encontrados en el presente trabajo con mango.



3.2.4. Cambios en la firmeza

La jugosidad y succulencia de las frutas está directamente relacionado con su elevado contenido en agua; de ahí que la pérdida de agua por transpiración produce cambios indeseables en su textura y sabor, además de la influencia de la pérdida de agua sobre el marchitamiento y la disminución de peso. Los polisacáridos son los principales componentes estructurales de la pared celular y tienen influencia sobre la textura y el ablandamiento (Fennema, 2010).

En la Figura 36 se muestra el efecto de la aplicación del recubrimiento sobre la disminución de la firmeza de mangos variedad ‘Tommy Atkins’, observándose en el grupo control mostró una disminución proporcional al periodo de almacenamiento provocado por el proceso de maduración lo que se puede deducir como el ablandamiento del fruto, esto se puede atribuir a la solubilización de la pectina, así como la degradación de la hemicelulosa.

Durante el almacenamiento la pérdida de firmeza aumento en todos los frutos, sin embargo para los frutos con recubrimiento presentaron una menor disminución en este parámetro en comparación con el grupo control.

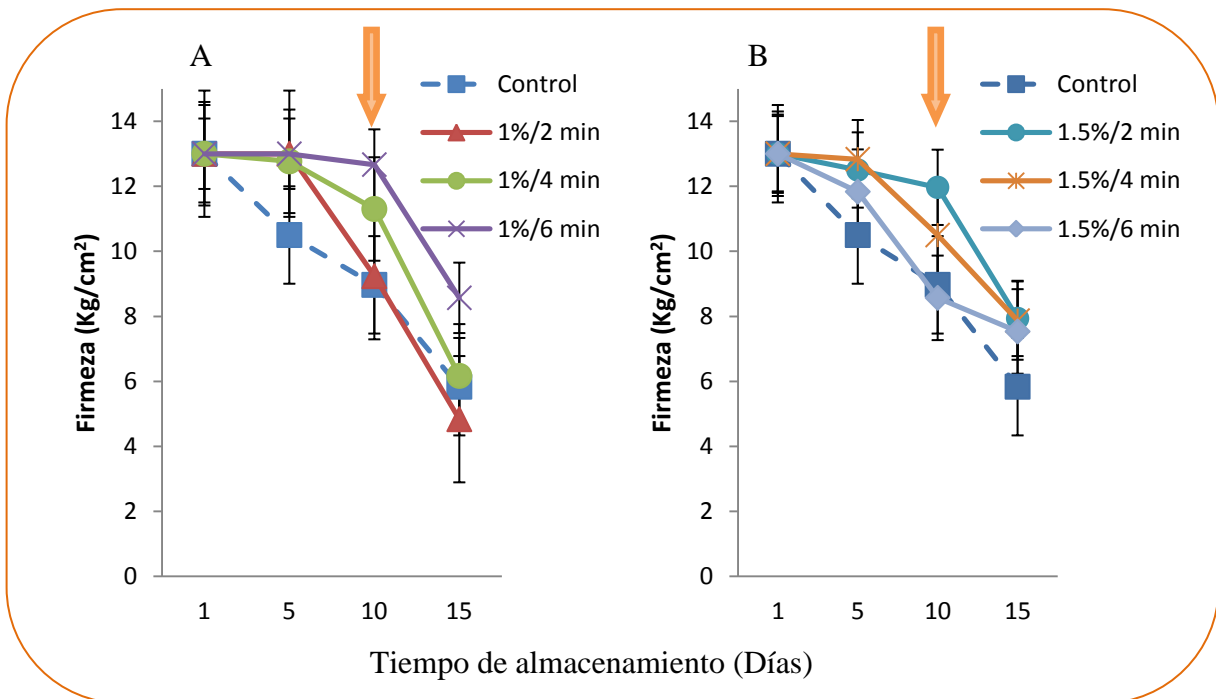


Figura 36. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4, 6 minutos, en la firmeza de mangos variedad ‘Tommy Atkins’. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.



Para el primer día de almacenamiento el grupo control al igual que los dos lotes de mango con recubrimiento al 1% registró un valor de 13 Kg/cm² (Figura 36A). Al final del almacenamiento la firmeza disminuyó por el proceso de maduración, el grupo de mangos con recubrimiento al 1% registró valores de entre 4.8 y 8.5 Kg/cm², en tanto los mangos control reportaron un valor final de 5.8 Kg/cm². Al final del almacenamiento la pérdida de firmeza fue de 55% para el lote control y 63, 53, 34% para los mangos con recubrimiento al 1% en 2, 4 y 6 minutos de inmersión, respectivamente. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) el primer día; mientras que para el quinto día de almacenamiento se registró diferencia ($P \leq 0.05$) entre los frutos al 1% en los tres tiempos de inmersión, con respecto al control; en tanto el último día de almacenamiento se registró diferencia ($P \leq 0.05$) entre los frutos al 1% y tiempo de inmersión de 6 minutos, con respecto al control.

La Figura 36B muestra los cambios en la firmeza durante el almacenamiento, al inicio los mangos con recubrimiento al 1.5% mostraron un firmeza de 13 Kg/cm², al igual que los mangos sin recubrimiento. Al final del almacenamiento los mangos con recubrimiento al 1.5% en los tres tiempos de inmersión mostraron una firmeza mayor respecto al control, entre 7.5 y 7.9 Kg/cm². Al final del almacenamiento la pérdida de firmeza fueron de 55% para el lote control y 39, 39, 42% mangos con recubrimiento al 1.5% con tiempo de inmersión 2, 4, 6 minutos, respectivamente registrándose una menor pérdida en los mangos con tratamientos. Estadísticamente para el primer, quinto y último día de almacenamiento no se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) con respecto al grupo control; sin embargo para el décimo día de almacenamiento se observó que hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los mangos con recubrimiento al 1.5% en tiempo de inmersión de 2 minutos con respecto al control.

A lo largo del almacenamiento se observó que el lote control estuvo ligeramente por encima de los mangos con recubrimiento. Estos resultados demostraron el efecto beneficioso de la aplicación del recubrimiento a base de alginato de sodio sobre la calidad de los frutos al mantener la firmeza durante la conservación del mango, esto se puede atribuir a los componentes del recubrimiento; sin embargo los últimos cinco días al final del almacenamiento el recubrimiento se desprendió ligeramente del fruto. Un comportamiento similar se observó con relación a la firmeza en trabajos de Cáceres *et al.* (2005) que reportaron que los mangos variedad ‘*Super Haden*’ tratados con ceras de carnauba y éster de sacarosa, fueron más firmes en comparación con mangos que no fueron tratados.



3.2.5. Cambios en el color

El color de las frutas se debe a los pigmentos, los más importantes en los tejidos vegetales son las clorofilas, los carotenoides y los flavonoides. Los carotenoides brindan los pigmentos amarillo, naranja y rojo-anaranjado, las antocianinas dan el pigmento rojo, azul, y morado (Fennema 2010).

El color es el cambio más obvio que se presenta en muchos frutos y es, a menudo, el principal criterio utilizado por los consumidores para determinar si un fruto está maduro o no. Los cambios de color durante la maduración de la mayoría de los frutos, son producto, principalmente, de la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos tales como carotenoides y antocianinas (Figuroa *et al.*, 2011).

En la Figura 37 se muestran los cambios en la apariencia en mangos de la variedad ‘*Tommy Atkins*’ utilizando diferentes formulaciones de alginato de sodio aplicado a dos concentraciones (1, 1.5%), seguido de tiempos de inmersión en cloruro de calcio de 2, 4, 6 minutos, para fijar el alginato. En los mangos tratados, se incrementó la intensidad del brillo con el recubrimiento en comparación con los mangos que no fueron tratados, aunado a esto el recubrimiento proporcionó mayor firmeza al fruto en ambas concentraciones de alginato, por otro lado el grupo control mostró menos firmeza proporcionalmente en el transcurso de la experimentación.

3.2.5.1. Luminosidad

En la Figura 38 se muestra el efecto de la aplicación del recubrimiento sobre el parámetro de la luminosidad en mangos variedad ‘*Tommy Atkins*’, con respecto a los mangos sin recubrimiento. El lote control presentó valores de luminosidad que se encuentra por encima de los mangos tratados a lo largo del almacenamiento.



Figura 37. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio en mangos de la variedad 'Tommy Atkins'.

DÍA	A	B	C	D	E	F	G
1							
5							
10							
15							

A) Control; B) Alginato 1%, Glicerol 2%, 0.5% tween, 2 minutos de inmersión; C) Alginato 1%, Glicerol 2%, 0.5% tween, 4 minutos de inmersión; D) Alginato 1%, Glicerol 2%, 0.5% tween, 6 minutos de inmersión; E) Alginato 1.5%, Glicerol 2%, 0.5% tween, 2 minutos de inmersión; F) Alginato 1.5%, Glicerol 2%, 0.5% tween, 4 minutos de inmersión; G) Alginato 1.5%, Glicerol 2%, 0.5% tween, 6 minutos de inmersión

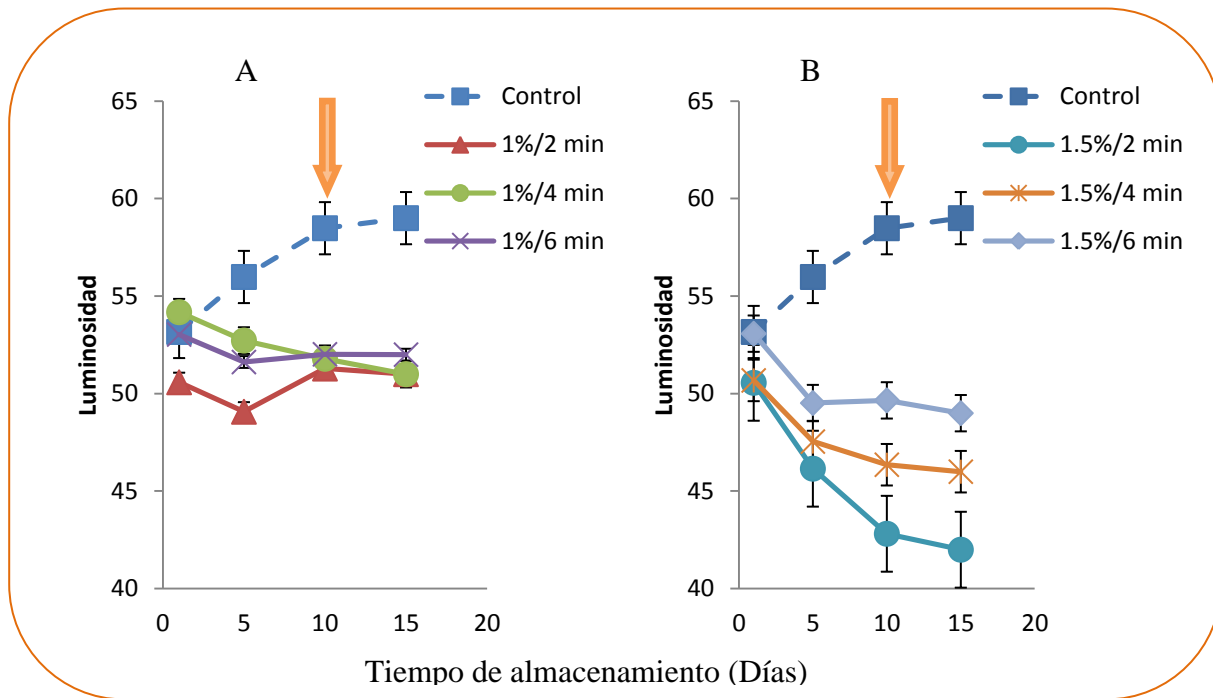


Figura 38. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4, 6 minutos, en la luminosidad en mangos variedad 'Tommy Atkins'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

La Figura 38A se muestra la luminosidad de los mangos, para el primer día de almacenamiento el grupo control registró un valor de $L=53.16$, mostrando un incremento de luminosidad hasta el último día de almacenamiento de $L=59$, siendo este grupo el que mostró mayor luminosidad. Mientras que para este día los mangos tratados con recubrimiento al 1% registraron un valor de $L=50.5$, 54.1 , 53 para los tiempos de inmersión 2, 4 y 6 minutos, respectivamente; en tanto al final del almacenamiento los mangos con recubrimiento al 1% registraron valores de luminosidad de $L= 51.1$, 51 , 52 para los tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos, respectivamente. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) el primer día; mientras que para el quinto, décimo y último día de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos al 1% en los tres tiempos de inmersión, con respecto al control.



La Figura 38B muestra que para el primer día de almacenamiento los mangos recubiertos al 1.5% presentaron valores de luminosidad de $L= 50.55, 50.68, 53.07$ para los tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos respectivamente; en tanto el recubrimiento no mostró en números lograr mayor luminosidad en los mangos con respecto al grupo control, reportando al final del almacenamiento valores de $L=42.2, 46, 49.1$ para los tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos respectivamente. Estadísticamente no se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) el primer día de almacenamiento; mientras que para el quinto, décimo y último día de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos al 1.5% en los tres tiempos de inmersión, con respecto al control, presentando los frutos con recubrimiento una menor luminosidad durante el almacenamiento.

La aplicación del recubrimiento a base de alginato de sodio se esperaba que otorgará brillo al fruto; sin embargo fue lo contrario debido a que los mangos con recubrimiento en ambas concentraciones mostraron valores de luminosidad inferiores a los mangos que no fueron tratados, esto puede atribuirse a la disminución de la disponibilidad de oxígeno del fruto y la relación que tiene esto con el retraso en la maduración y por lo tanto en la degradación y biosíntesis de los pigmentos del mango durante su almacenamiento, predominando el color verde de la clorofila y provocando que los carotenoides que proporcionan los colores amarillos no se formarán. Un comportamiento similar al observado en el presente trabajo lo reportan Figueroa *et al.* (2011) debido a que los recubrimientos en frutos pueden crear una atmósfera modificada entre la película y la superficie de los mismos, evitando la degradación de la clorofila, debido, a la ausencia de CO_2 en la atmósfera de almacenamiento.

3.2.5.2. Ángulo de tono ($^{\circ}$ Hue)

A continuación se muestra el efecto por la aplicación de un recubrimiento en el ángulo de tono de los mangos con y sin recubrimiento; se observa en la Figura 39 una disminución en este parámetro de los frutos por la aplicación del recubrimiento, en comparación con los mangos que no fueron tratados.

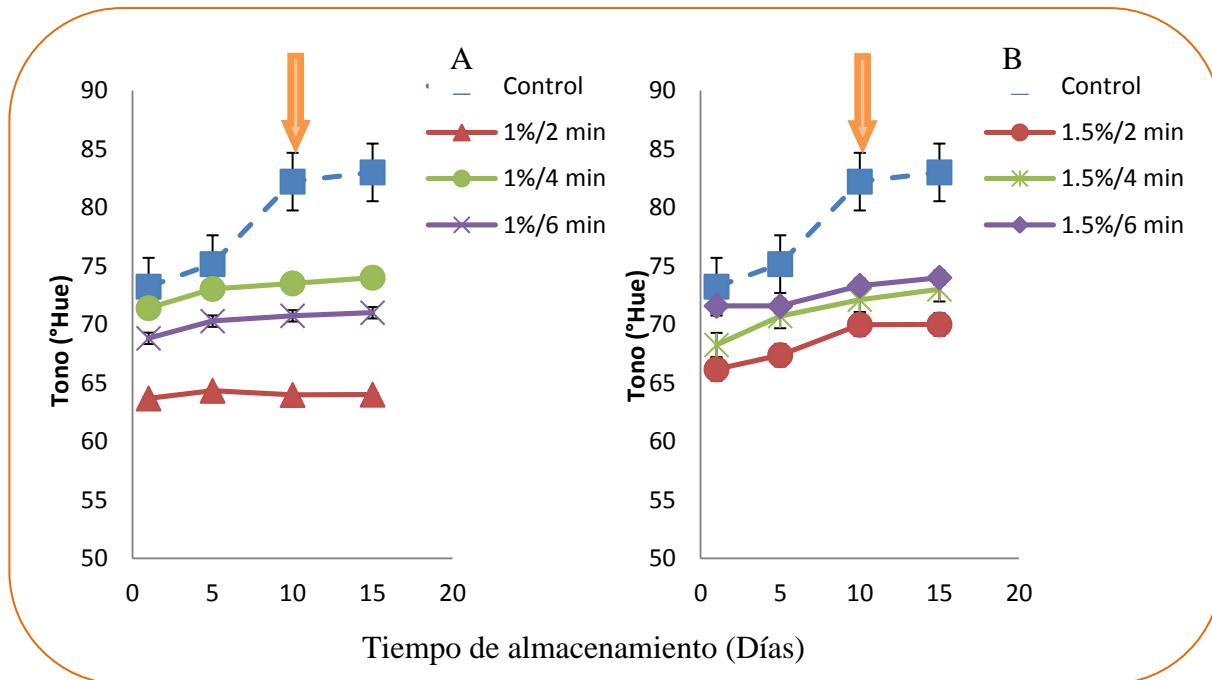


Figura 39. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4, 6 minutos, en el ángulo de tono de mangos variedad ‘Tommy Atkins’. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

Para el primer día de almacenamiento (Figura 39A) los valores de ángulo de tono de los mangos con recubrimiento al 1% en los tres tiempos de inmersión se encontraron entre 63.6 y 71.3 °Hue; en tanto los valores de los mangos control fueron alrededor de 73.2 °Hue al inicio del mismo. El valor del ángulo de tono en los mangos control fue incrementándose hasta el final del almacenamiento reportando un valor final de 83 °Hue; no así los mangos con recubrimiento al mostrar un ligero aumento al final del almacenamiento de entre 64 y 74 para los tres tiempos de inmersión. Estadísticamente se registró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) el primer y quinto día entre los frutos al 1% con tiempo de inmersión de 2 minutos, con respecto al control, de igual forma se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para los días diez y quince entre los frutos al 1% en los tres tiempos de inmersión, con respecto al control.

En la Figura 39B los valores de ángulo de tono en los mangos al 1.5% en los tres tiempos de inmersión al inicio del almacenamiento fue de entre 66.1 y 71.5 °Hue. De igual forma al final del almacenamiento, el ángulo de tono de los frutos con recubrimiento al 1.5% en los tres tiempos de inmersión alcanzaron un contenido de entre 70 y 74 °Hue, lo que significó que el grupo de mangos control se encontró al final del almacenamiento ligeramente por debajo de los mangos con recubrimiento al 1.5% en los tres tiempos de inmersión. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días uno y cinco; mientras que para el día diez y quince de



almacenamiento se registró diferencia entre los frutos al 1.5% en los tres tiempos de inmersión, con respecto al grupo de mangos control.

A lo largo del almacenamiento los mangos con recubrimiento mantuvieron color verde, esto pudo deberse al efecto de la atmósfera creada alrededor del fruto. Cáceres *et al.* (2003) reportaron que el color externo de la superficie de mangos encerados con cera de carnauba y éster de sacarosa, mostraron un retraso en la aparición del color, ya que el mayor porcentaje de estos se encontraba en colores verde-amarillo, en comparación con los frutos testigos que tenían colores amarillo-verde-rojo, lo que evidenció que los frutos encerados presentaron un retraso en la aparición del color, resultados similares fueron registrados en mango ‘Tommy Atkins’ con recubrimientos con alginato, evaluados en el presente trabajo.

3.2.5.3. Cromaticidad

A continuación se muestra en la Figura 40 el efecto de la aplicación del recubrimiento a base de alginato en la cromaticidad de los mangos variedad ‘Tommy Atkins’. En la cual se observa el comportamiento de la cromaticidad a lo largo del almacenamiento del fruto y se muestra que el lote control se encuentra por encima de los frutos con recubrimiento.

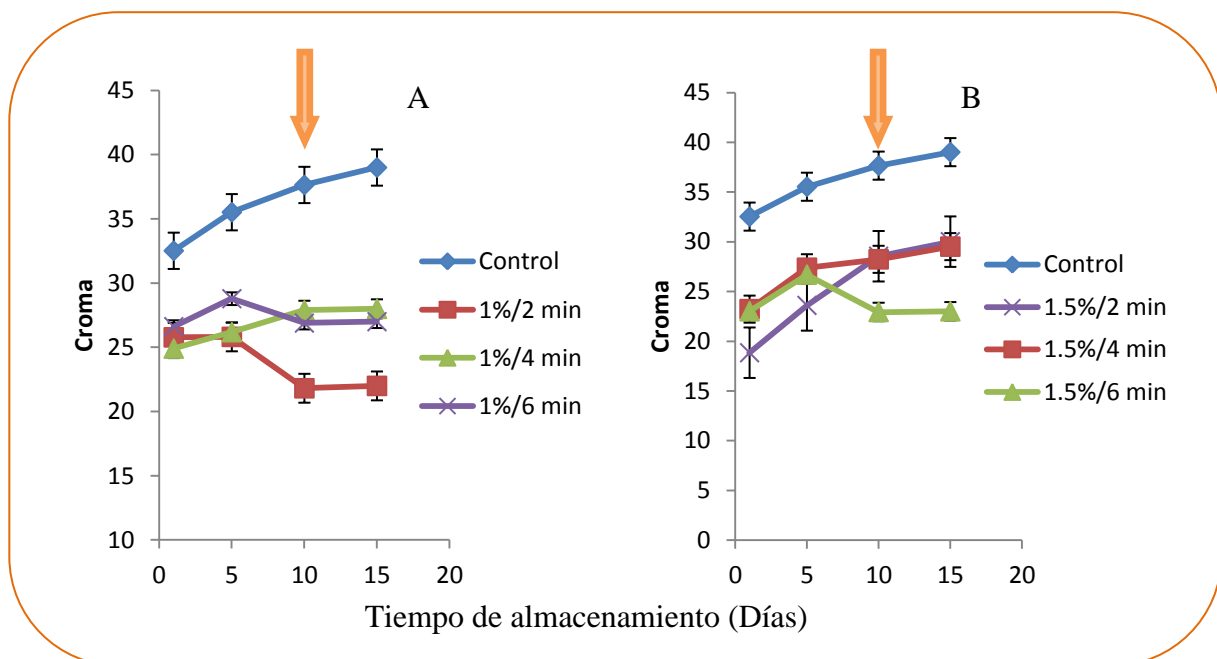


Figura 40. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4, 6 minutos, en la cromaticidad de mangos variedad ‘Tommy Atkins’. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.



Los valores de croma al inicio del almacenamiento para los mangos sin recubrimiento mostraron valores de entre 32.5 y 39.1, mostrando un ligero comportamiento ascendente hasta alcanzar un valor de 39.1. Mientras que los mangos con recubrimiento al 1% en los tres tiempos de inmersión (Figura 40A) mostraron al inicio del almacenamiento valores de entre 24.9 y 26.6 manteniendo hasta el final del almacenamiento valores de croma ligeramente constantes de entre 22.1 y 28.2. Estadísticamente se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los mangos con recubrimiento en los tres tiempos de inmersión con respecto al grupo control.

Mientras que para el recubrimiento al 1.5% (Figura 40B) registró datos de cromaticidad de entre 66.1 y 71.5 de igual forma para los tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 minutos, así hubo mayor intensidad del color en los mangos sin recubrimiento, al registrar un alto valor de 32.5. Estadísticamente se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los mangos con recubrimiento en la concentración al 1.5% en los tres tiempos de inmersión con respecto al grupo control.

A lo largo del almacenamiento el valor de croma en mangos sin tratamiento se encontró por encima de los mangos con tratamiento, lo que significa que el recubrimiento afectó directamente este parámetro, lo que puede estar relacionado con los valores de luminosidad y ángulo de tono, caso opuesto por lo reportado por Llanos (2007) quien comentó que en ciruelas con recubrimiento a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja, el croma osciló a lo largo del almacenamiento y el efecto de los recubrimientos varió para los distintos periodos de almacenamiento ensayados. En el presente trabajo con mangos, el efecto del recubrimiento no logró proporcionarle un aumento en este valor.

3.2.6. Pérdida de peso durante el almacenamiento

La pérdida de peso está relacionada con el contenido de agua del fruto, mediante el fenómeno conocido como transpiración. El agua tiene una gran influencia en su calidad y capacidad de conservación en frutos en postcosecha, constituye generalmente hasta el 90% en productos hortofrutícolas frescos. En productos hortofrutícolas pérdidas de agua muy pequeñas pueden originar cambios fisiológicos que tienen un impacto muy negativo en la calidad y en la capacidad de almacenamiento, que conllevan un deterioro de aspecto por ejemplo: alteración de la textura principalmente asocia la pérdida de peso, así como la aceleración en el desarrollo de lesiones,



marchitamiento, arrugamiento, pérdida de la jugosidad e incluso mermas en la calidad nutricional. La mayoría de los productos hortofrutícolas frescos, ya no se pueden comercializar si pierden entre el 3 y el 10% de su peso (Fennema, 2010).

En la Figura 41 se muestra el efecto de la aplicación del recubrimiento sobre la pérdida de peso en mangos variedad ‘Tommy Atkins’, en la cual se puede apreciar el comportamiento ascendente de la pérdida de peso por parte del lote control y lotes de mango con recubrimientos.

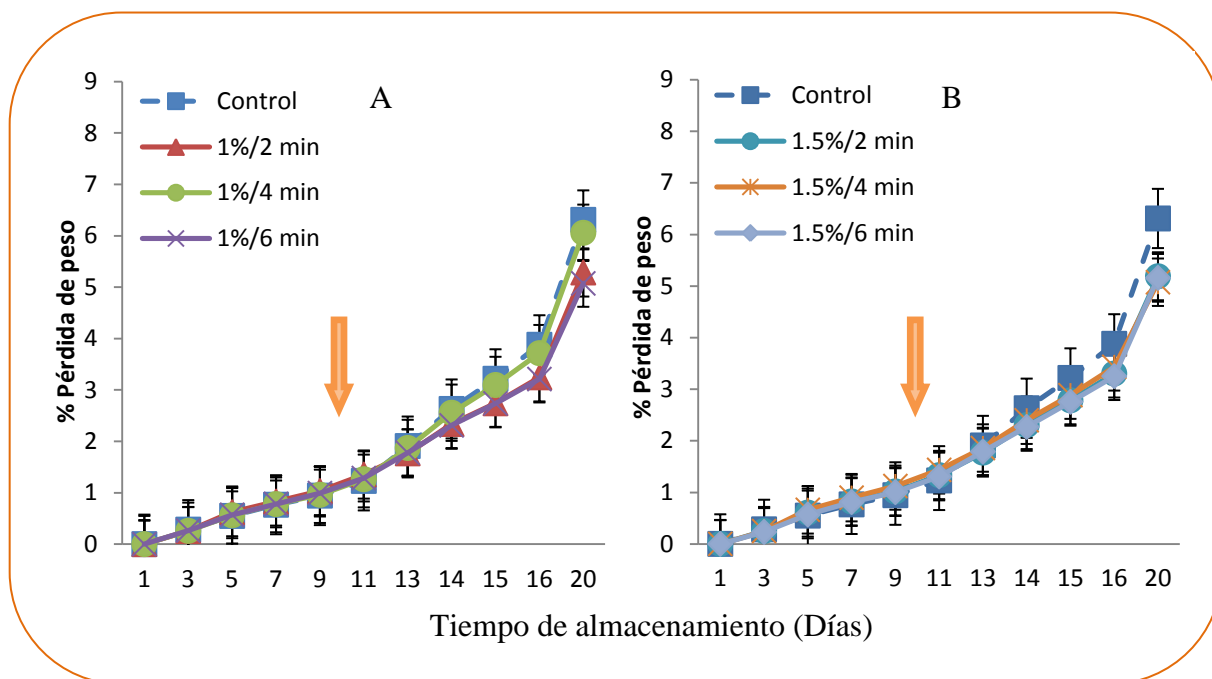


Figura 41. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4, 6 minutos, en la pérdida de peso de mangos variedad ‘Tommy Atkins’. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

En la Figura 41A se observa que la pérdida de peso en el grupo control del primer al tercer día de almacenamiento fue de 0.3% valor que fue aumentando gradualmente hasta alcanzar un valor de 7.4% al final del almacenamiento. Los mangos con recubrimiento al 1% en los tres tiempos de inmersión presentaron al inicio del almacenamiento un valor de 0.26%, de igual forma mostrando un comportamiento ascendente con valores de entre 5.9 y 6.2%. No se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) a lo largo del almacenamiento entre los mangos con recubrimiento y sin el tratamiento.



De igual forma los mangos con recubrimiento al 1.5% (Figura 41B) en los tres tiempos de inmersión mostraron al inicio del almacenamiento valores de entre 0.23 y 0.25% aumentando gradualmente hasta alcanzar valores de entre 6 y 6.4% al final del almacenamiento. No se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) a lo largo del almacenamiento entre los mangos con y sin recubrimiento. Se encontró que los frutos sin recubrimientos presentaron una pérdida de 3.8%; mientras que los mangos con tratamientos al 1 y 1.5% por 2, 4 y 6 minutos de inmersión fueron de entre 4.4 y 3.7%.

Se concluye que el recubrimiento no ayudó a controlar este parámetro al no haber diferencia significativa a lo largo del almacenamiento entre los mangos con recubrimiento y los no tratados, lo que puede atribuirse a que los frutos respiraron menos en condiciones de temperatura baja y aunado a esto el recubrimiento que rodea el fruto, además la transpiración y respiración. Aguilar (2005) obtuvo un comportamiento diferente en la pérdida de peso en aguacates que presentaron disminuciones de pérdida de peso entre un 12 y 22%, empleando recubrimientos comestibles a base de almidón y glicerol, bajo condiciones de refrigeración a 6°C.

3.2.7. Cambios en la respiración

La respiración es el proceso fisiológico fundamental ya que produce la energía necesaria para desarrollar los mecanismos de síntesis y mantener la integridad celular después de la cosecha. La intensidad de este proceso fisiológico postcosecha depende de la especie, variedad, condiciones ecológicas y grado de desarrollo en recolección (Castillo, 2005).

En la Figura 42 se muestra el comportamiento de la tasa de respiración medida en función de la producción de CO_2 del mango variedad 'Tommy Atkins' con recubrimiento en almacenamiento de diez días en refrigeración a 14 °C y diez días en almacenamiento a temperatura ambiente de 25 °C.

En la Figura 42 se muestra que para el primer día de almacenamiento los frutos registraron un ligero aumento en la producción de CO_2 , ya que el fruto sufrió un estrés por la aplicación del recubrimiento. Los frutos sin recubrimiento presentaron un comportamiento climatérico, alcanzando el punto máximo el día 15, con un valor de 474.8 mg $\text{CO}_2/\text{kg h}$, y posteriormente disminuyó al iniciar la senescencia. Para los frutos con tratamientos con tiempos de inmersión de 2, 4 y 6 se observó que el máximo climaterio se presentó el día 15 para los mangos con tiempo de inmersión de 2 y 6 minutos,



y el día 13 para los mangos con tiempo de inmersión de 4 minutos, con valores de entre 279.4 y 466.1 mg CO₂/kg h.

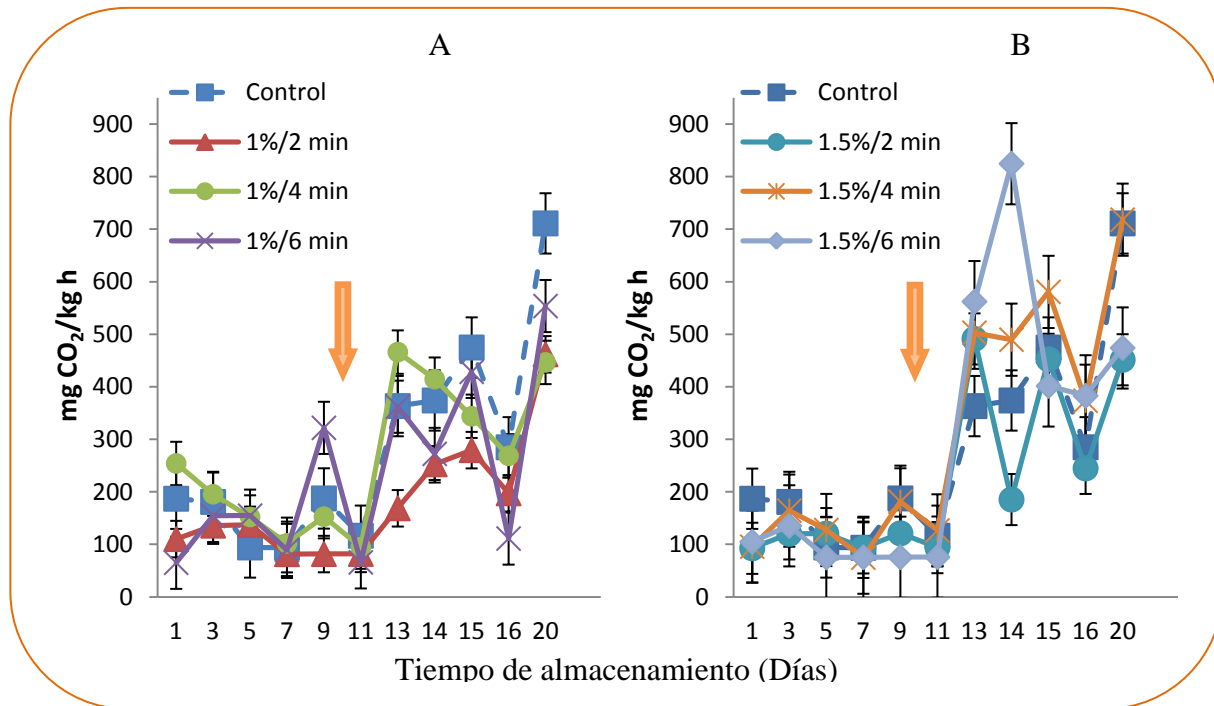


Figura 42. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4, 6 minutos, en la respiración de mangos variedad 'Tommy Atkins'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

Estadísticamente a lo largo del almacenamiento no hay diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre recubrimientos con respecto al grupo control.

Durante los primeros diez días almacenados a temperatura de 13 °C se observó que el tratamiento que obtuvo valores máximos de producción de CO₂ fue de 105.03 a 181.28 mg CO₂/Kg. h fue la concentración al 1.5 %, valores encontrados por debajo de los valores del lote control; mientras que a partir del décimo día, el tratamiento de 1% se encontró con los valores más altos, con una producción de 94.86 a 553.75 mg CO₂/Kg. h a 20°C, pero por debajo de los valores del lote control; comportamiento similar encuentra González (2011), con la aplicación de un recubrimiento en guayabas a baja temperatura, encontrando que dicho recubrimiento fue una barrera de salida de agua y también pudo impedir la salida de gases, bloqueando con eso el proceso de maduración y conduciendo a la anaerobiosis en las frutas.

Sin embargo el comportamiento de los mango fue opuesto a lo fue reportada por Aguilar (2005) quien observó un proceso de maduración muy lento de aguacates con recubrimiento y obtuvo una producción de 104.56 mg CO₂/Kg. h a 20°C, inferior a los frutos sin recubrimiento.



3.2.8. Cambios en la vitamina C

La vitamina C se encuentra en los tejidos vegetales en una forma reducida como ácido ascórbico, o en una forma oxidada como ácido dehidroascórbico, ambos con actividad vitamínica (González, 2011).

En la Figura 43 se muestra el efecto del recubrimiento de alginato de sodio sobre el contenido de vitamina C en mangos variedad ‘Tommy Atkins’, observándose una tendencia ascendente a partir del tercer día de almacenamiento en los mangos.

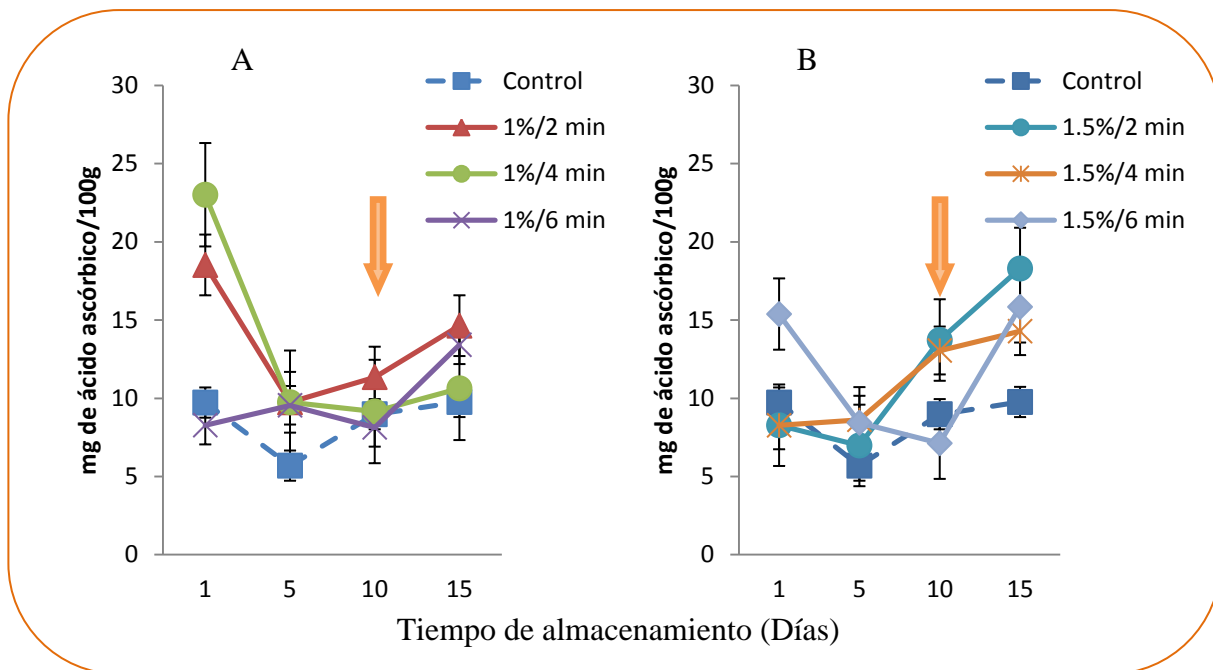


Figura 43. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 1% (A), 1.5% (B), con tiempos de inmersión de 2, 4, 6 minutos, en la vitamina C de mangos variedad ‘Tommy Atkins’. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

Para el primer día de almacenamiento (Figura 43A) se observó en el grupo control un contenido de vitamina C de 9.61 mg de ácido ascórbico/100g, incrementándose ligeramente para el quinceavo día hasta 9.75 mg de ácido ascórbico/100g, registrándose un aumento del 1.43% desde el primero hasta el último día de almacenamiento. Para el caso de los mangos con recubrimiento al 1% y tiempo de 2 minutos de inmersión se registraron valores de 18.5 y 14.6 mg ácido ascórbico/100g al inicio y al final del almacenamiento, respectivamente; mientras que los frutos tratados a esta concentración y tiempo de 4 minutos de inmersión presentaron un valor inicial de 23 mg ácido ascórbico/100g,



mostrando al final del almacenamiento con un valor de 10.6. Los frutos tratados a esta concentración y tiempo de 6 minutos de inmersión presentaron un valor de 8.2 y 13.4 mg ácido ascórbico/100g, al inicio y final del almacenamiento respectivamente. Estadísticamente se registró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) el primer día de almacenamiento entre los frutos al 1% y tiempo de inmersión de 2 y 4 minutos, con respecto al control, mientras que para el día cinco, diez y quince de almacenamiento no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los mangos al 1% en los tres tiempos de inmersión.

En la Figura 43B el contenido de vitamina C de los mangos con recubrimiento al 1.5% en los tres tiempos de inmersión se encontraron entre 8.2 y 15.3 mg ácido ascórbico/100g. Al final del almacenamiento, el contenido de vitamina C de los frutos con recubrimiento al 1.5% en los tres tiempos de inmersión alcanzaron un contenido entre 14.2 y 18.2 mg ácido ascórbico/100g, en tanto que los mangos sin recubrimiento alcanzaron un contenido de 9.75 mg ácido ascórbico/100g. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días cinco, diez y quince; mientras que para el primer día de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos al 1.5% y tiempo de inmersión de 6 minutos, con respecto al control.

Durante los diez primeros días de almacenamiento los valores fueron bajos y posterior al cambio de temperatura se observó que los valores de vitamina C aumentaron, los mangos que fueron recubiertos al 1.5% presentaron el mayor contenido de vitamina C a lo largo del almacenamiento; comportamiento opuesto se reportó en los estudios realizados por Cortez *et al.* (2011) que indican que la pérdida de vitamina C es acelerado por las altas temperaturas y con el tiempo de almacenamiento más larga.

3.3. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio en mango de la variedad 'Keitt'.

El uso de recubrimientos comestibles no puede, ni pretende, sustituir al empleo de materiales de envasado tradicionales, pero es necesario tener en cuenta sus características funcionales y las posibles ventajas de comportamiento en determinadas aplicaciones (González *et al.*, 2005).

A continuación se presenta la aplicación del recubrimiento en mango Keitt, la formulación utilizada fue ligeramente modificada con respecto a la aplicada en la variedad 'Tommy Atkins', debido a que se pretende incrementar la permeabilidad del recubrimiento, que permita a su vez preservar los parámetros de calidad y no afecte el proceso de maduración del fruto. Por lo que, se evaluaron cuatro formulaciones utilizando 0.75% de concentración de alginato de sodio, mientras que la concentración



de glicerol se incrementó a 3% y el surfactante a 0.5; los tiempos de inmersión fueron dos y cuatro minutos, el tiempo de inmersión en cloruro de calcio se mantuvo en 5 minutos, así como la incorporación del extracto de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) y las actividades previas a la obtención del mismo, entre las cuales se encuentra la obtención del extracto a partir de la planta gobernadora, la cuantificación de compuestos fenólicos en los extractos y las pruebas *in vitro*.

3.3.1. Obtención de extracto a partir de la planta gobernadora

Para la obtención de los extractos con componentes bioactivos de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) se llevó a cabo la extracción con diferentes disolventes y tiempos como se describió en la metodología experimental.

En la Tabla 18 se muestran los valores del rendimiento de la extracción por el método de sonicación de los diferentes disolventes (metanol, etanol, acetona y cloroformo).

Los rendimientos de los extractos etanólicos, no presentó diferencia significativa en los tres tiempos de extracción, registrándose un valor del 50 %. Por otra parte, en el caso de la extracción con metanol, el mayor rendimiento se logró en un tiempo de 90 minutos con un rendimiento del 58%. En acetona se alcanzó un mayor rendimiento a los 60 y 90 minutos, manteniéndose constante con un 38 %.

La extracción con cloroformo presentó el mayor rendimiento en comparación con los demás disolventes en los tres tiempos, sin embargo el mejor rendimiento se obtuvo en a los 120 minutos con un 66 %.

Tabla 18. Rendimiento de los extractos de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) a partir de disolventes.

Disolvente	Rendimiento (%)		
	60 min	90 min	120 min
Etanol	50 ^a	50 ^a	50 ^a
Metanol	54 ^a	58 ^a	50 ^a
Acetona	38 ^a	38 ^a	36 ^a
Cloroformo	64 ^a	62 ^a	66 ^a

^a La letra igual en la misma fila representan que no se encontró diferencia significativa $p > 0.05$



3.3.2. Contenido fenólico en los extractos de la planta gobernadora

La concentración de compuestos fenólicos en los extractos de la planta gobernadora a partir de diferentes disolventes (acetona, etanol, metanol y cloroformo), y en los diferentes tiempos de extracción por sonicación (60, 90 y 120 minutos) se muestran en la Figura 44.

El mayor contenido de fenoles extraído fue a partir de acetona en los tres tiempos (60, 90, 120 minutos), mostrando que no hay diferencia significativa. El extracto con acetona a un tiempo de extracción de 120 minutos presentó la mayor concentración de fenoles totales. Los extractos etanólicos presentaron una menor concentración de fenoles que los de acetona, sin embargo el extracto a un tiempo de 90 y 120 minutos no presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en cuanto a la concentración de compuestos fenólicos, por lo que se seleccionó el de menor tiempo de extracción (90 minutos), por una cuestión de ahorro de energía y tiempo. Los extractos metanólicos a 60 y 120 minutos; presentaron la misma concentración de compuestos fenólicos; por lo que fue seleccionado el menor tiempo de extracción que fue de 60 minutos.

En el caso de los extractos con cloroformo fueron sin duda los que presentaron menor concentración de fenoles, independientemente de que en este disolvente se obtuvo mayor rendimiento en relación al volumen obtenido, no fue así en la concentración de los compuestos fenólicos que se encontraron en niveles menores que en el resto de los extractos, por este motivo estos extractos fueron descartados para la realización de pruebas *in vitro*.

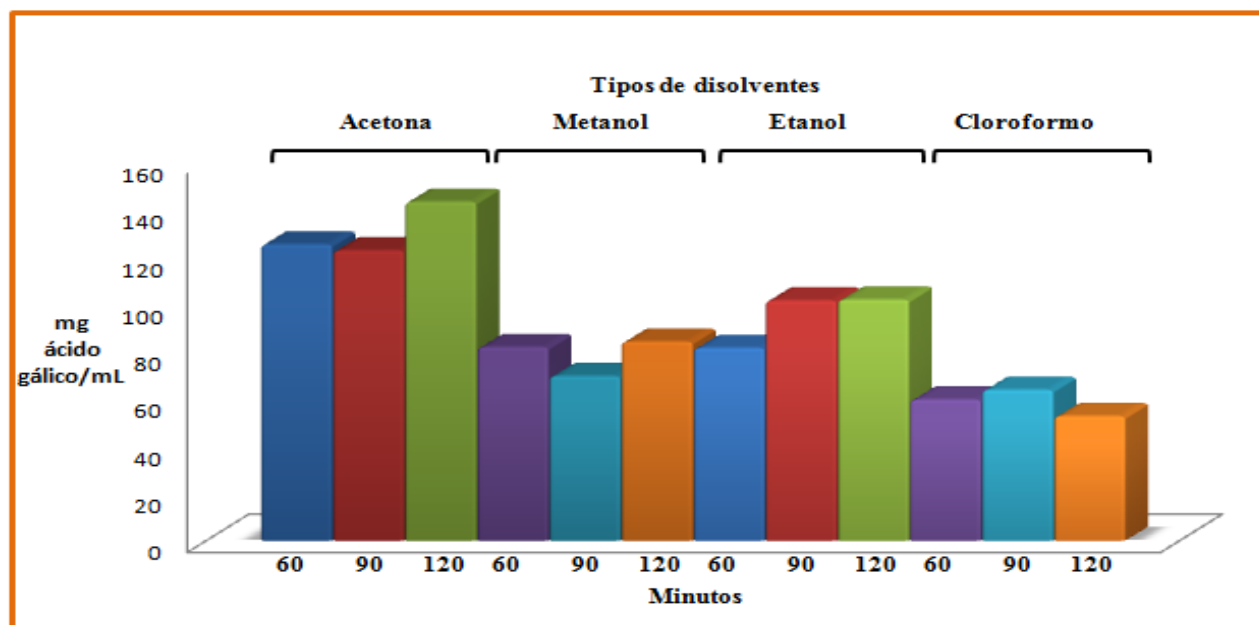


Figura 44. Contenido de fenoles totales en extractos obtenidos de la planta gobernadora
Los tiempos indican el periodo de extracción por sonicación a partir del disolvente



3.3.3. Efecto de los diferentes extractos de la planta gobernadora en la inhibición del crecimiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* por medio de pruebas *in vitro*

En la Figura 45 se muestran las imágenes del seguimiento de las pruebas *in vitro*, en donde se observa el efecto de los extractos de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) en el crecimiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*. En el primer día de incubación se observó que el hongo no tocó la superficie del agar, para todos los extractos, de igual forma los disolventes al 100%.

El segundo día en el control el hongo creció y se observó poca diferencia en comparación con los extractos a base de acetona (120 minutos), etanol (90 minutos) y metanol (60 minutos). En el tercer día de incubación el control presentó un mayor desarrollo del hongo, sin embargo las cajas petri con extracto presentaron un ligero crecimiento y casi nulo a la vista, el hongo no tocó la superficie del agar.

Para el cuarto y quinto día el crecimiento del hongo sin extracto aumentó, mientras que en el extracto ya habían crecido de 1 a 2 milímetros permaneciendo casi nulo a la vista el desarrollo del hongo, aunado a esto el hongo no tocó la superficie del agar de la caja petri. Para el sexto y séptimo día el hongo control continuo con un comportamiento de crecimiento logarítmico, los extractos presentaron un crecimiento casi nulo con aumentos ligeros de 2 a 3 milímetros en estos dos días y visiblemente el hongo tiene contacto con la superficie del medio de cultivo.

Para el octavo, noveno y décimo día, el hongo control aumentó su crecimiento, los extractos presentaron un nulo crecimiento del hongo con un ligero desarrollo de 3 a 4 milímetros en ambos días favorablemente. A lo largo del almacenamiento no se observó crecimiento con los disolventes al 100%.



Figura 45. Pruebas *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*

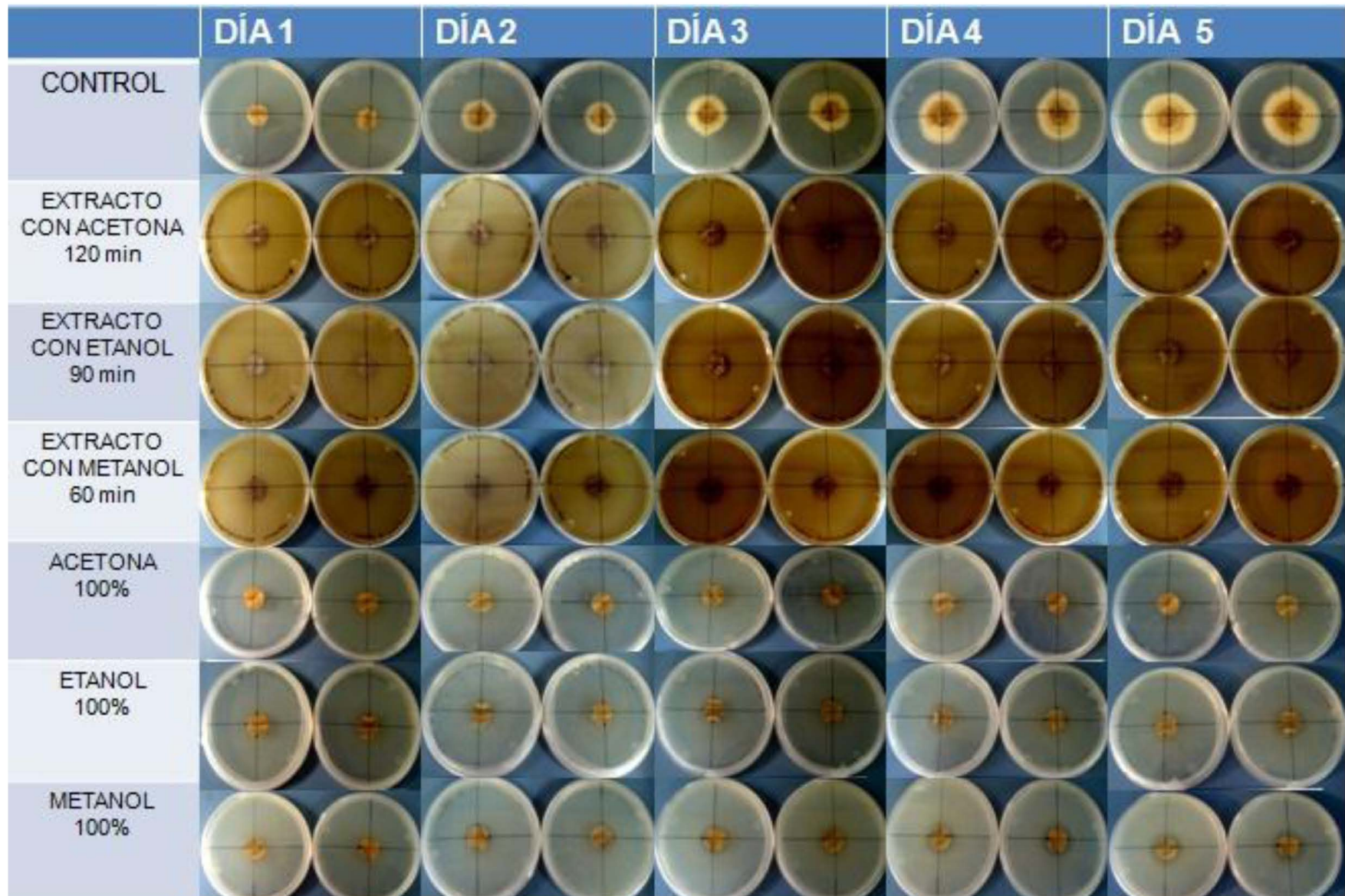
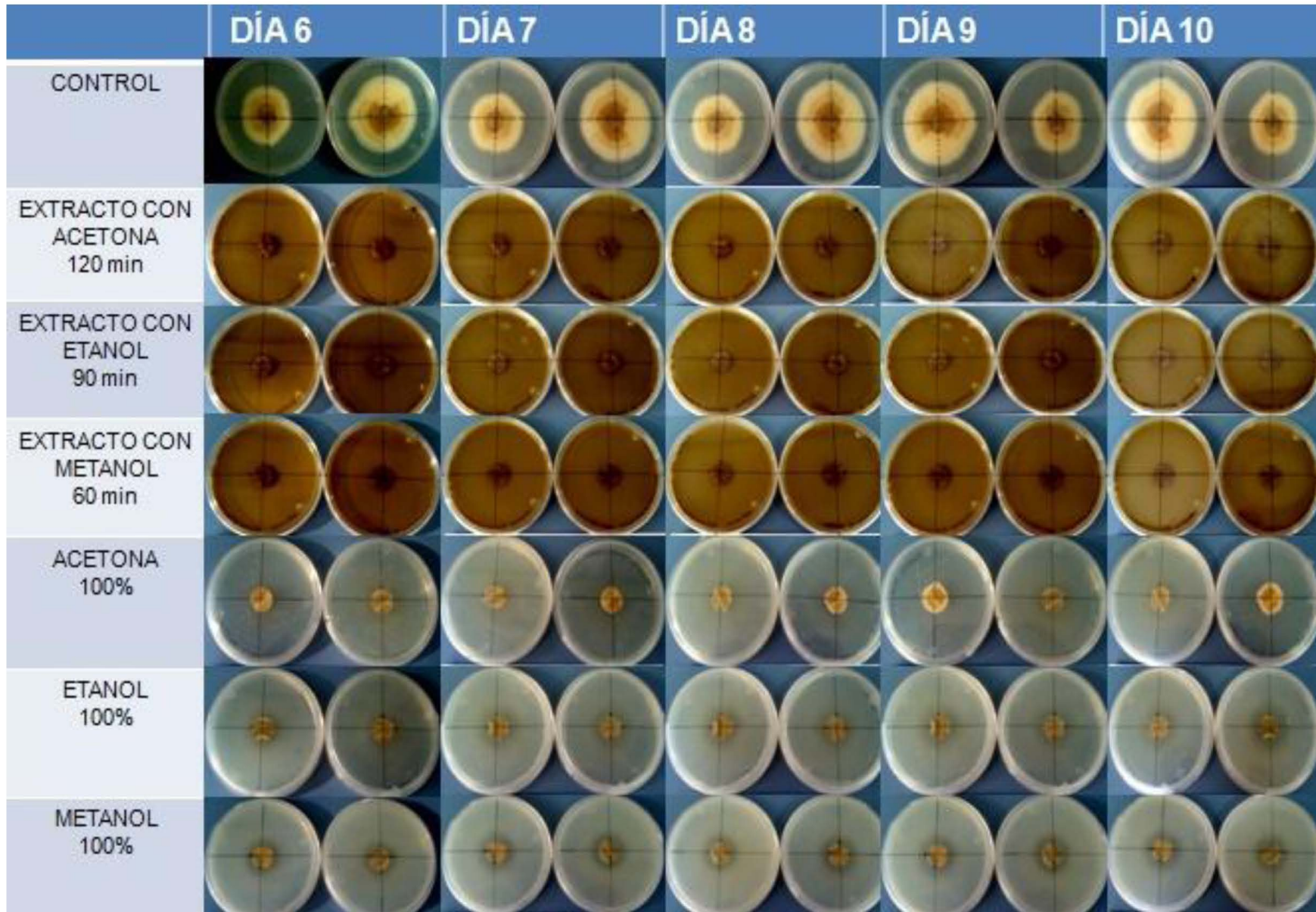




Figura 45. Pruebas *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides* (Continuación)





El mango es una fruta comercial pero altamente perecedera, y por lo tanto, es necesaria para su comercialización un mayor tiempo de conservación es con eso la satisfacción del consumidor (Moalemiyan, 2009).

En la Figura 46, se muestra el contenido de compuestos fenólicos de cuatro disolventes iniciales se eligieron los extractos de gobernadora (*Larrea tridentata*) con mayor contenido de compuestos polifenólicos, los seleccionados fueron acetona con 120 minutos, etanol con 90 minutos y metanol con 60 minutos, los cuales sirvieron para la realización de las pruebas *in vitro*. Dichas pruebas se realizaron para evaluar el crecimiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* causante de antracnosis en mango.

En la Figura 46 se muestra el efecto de los diferentes extracto de gobernadora en el crecimiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, utilizando concentraciones de 3, 6 y 12 mg/L, de acuerdo a referencias bibliográficas.

El control presentó un crecimiento de manera proporcional y logarítmica, como era de esperarse su crecimiento fue homogéneo al igual que su réplica. Una inhibición parcial del crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* se observó a 3 mg/L para el caso de los extractos con los tres disolventes, sin embargo a esta concentración el extracto que menos inhibió el crecimiento del hongo fue el de metanol, encontrándose por encima de los dos extractos (acetona y etanol).

En el caso de la concentración de 6 mg/L el extracto que disminuyó el crecimiento del hongo fue el de acetona, estando por debajo de los demás extractos (etanol y metanol), de igual forma el etanol presentó un efecto por debajo del metanol, siendo este el menos efectivo en la inhibición del crecimiento del hongo.

Evidentemente se logró el mayor efecto inhibitorio sobre el crecimiento del hongo a las dosis más altas (12 mg/L) a partir de los tres disolventes. Sin embargo el extracto a partir de etanol a 12 mg/L inhibió completamente el crecimiento en comparación con acetona y metanol a la misma concentración.

La planta gobernadora (*Larrea tridentata*) inhibe más el crecimiento de las bacterias (*Pseudomonas c.*, *Xanthomonas axonopodis pv.* y *Erwinia c.*) seguido del extracto de nuez, la explicación que se reporta es que la planta gobernadora presenta una mayor concentración de polifenoles, en comparación con la nuez, cabe señalar que Osorio *et al.* (2004) reporta que la gobernadora tiene efectos inhibitorios sobre bacterias de alimentos a concentraciones de 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$.

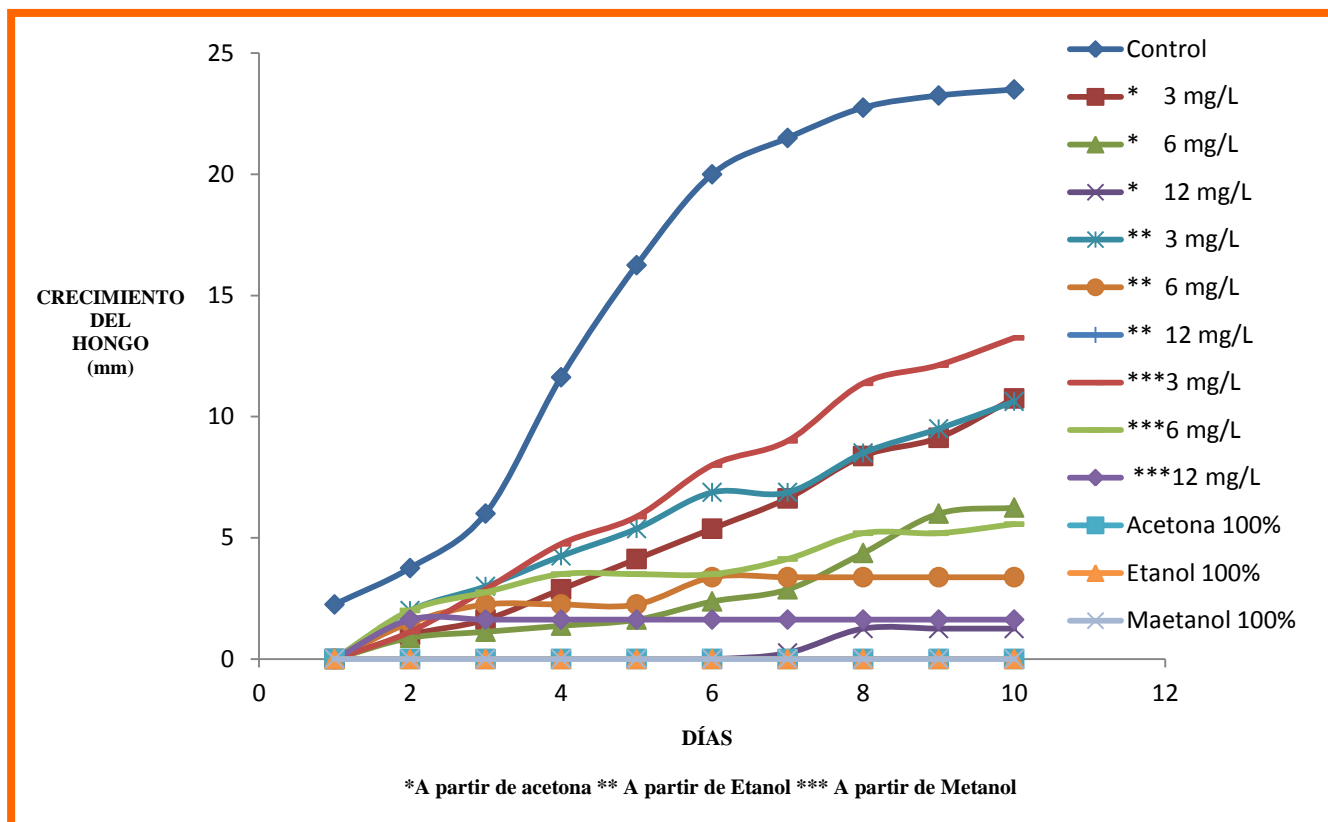


Figura 46. Crecimiento del Hongo *Colletotrichum gloeosporioides* sometido a diferentes concentraciones de extracto de la planta gobernadora obtenido por diferentes disolventes.

3.4. Efecto de la aplicación del recubrimiento de alginato de sodio adicionado con un extracto de la planta gobernadora sobre los parámetros de calidad en mango de la variedad 'Keitt'.

En el caso de mango variedad *Keitt* se evaluaron los recubrimientos a base de alginato con una concentración menor a la evaluada para el mango *Tommy Atkins* que se presentó en el apartado anterior, además se modificó la concentración de glicerol para aumentar las propiedades de flexibilidad y permeabilidad. Por otra parte, siendo esta variedad más susceptible al ataque de *Colletotrichum gloeosporioides* se incorporó al recubrimiento un extracto de la planta gobernadora.



3.4.1. Cambios en la acidez

En la Figura 47 se muestra el efecto de la aplicación del recubrimiento en la acidez del mango variedad 'Keitt', los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico. Se muestra que el porcentaje de acidez de los mangos fue descendiendo ligeramente conforme a los días de almacenamiento presentando el siguiente comportamiento.

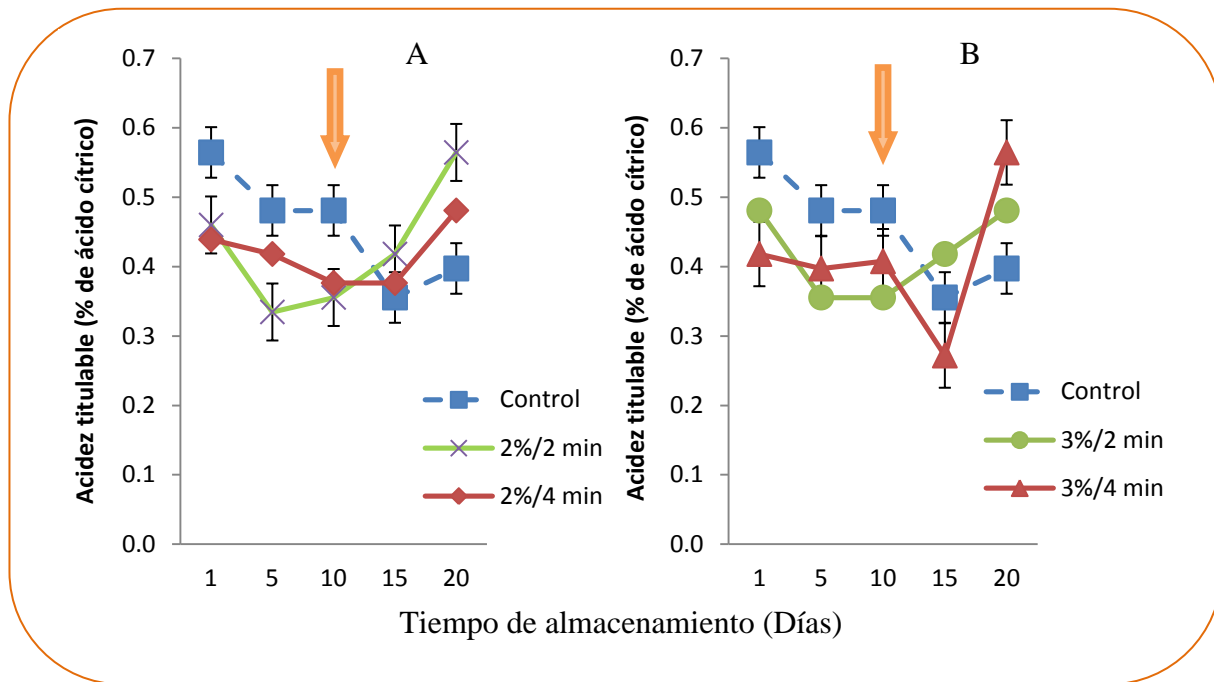


Figura 47. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 0.75% y glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75% y glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la acidez de mango variedad 'Keitt'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

En la Figura 47A se muestran los mangos con recubrimiento al 0.75% de alginato de sodio y 2% de glicerol. Para el primer día de almacenamiento los mangos con tiempos de inmersión de 2 minutos presentaron un contenido de ácido cítrico de 0.46%, aumentando para el quinceavo día a 0.56%, mostrando un aumento del 17.8% desde el primero hasta el último día de almacenamiento. Los frutos tratados con esta concentración y tiempo de 4 minutos de inmersión presentaron un contenido inicial en ácido cítrico de 0.43%, aumentando 0.48%, al final del almacenamiento con un incremento del 10.4%. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días quince y veinte; mientras que para el primer y décimo día de almacenamiento se registró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los



frutos al 2% en los dos tiempos de inmersión, con respecto al control; de igual forma se encontró para el quinto día entre frutos al 2% tiempo de 2 minutos de inmersión, con respecto al control.

Para el primer día de almacenamiento (Figura 47B) se observó en el grupo control un contenido de ácido cítrico de 0.56%, disminuyendo para el quinceavo día a 0.40%, mostrando una disminución del 28.6% desde el primero hasta el último día de almacenamiento. Para el caso de los mangos con recubrimiento 0.75% de alginato y 3% de glicerol con tiempo de inmersión de 2 minutos registraron valores iniciales de 0.48% de ácido cítrico, reportando para el final un comportamiento similar con valores de 0.47%. Los frutos tratados con esta concentración y tiempo de 4 minutos de inmersión presentaron un contenido inicial en ácido cítrico de 0.41%, aumentando a un 0.56% al final del almacenamiento con un aumento del 26.8%. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días quince y veinte; mientras que para el primer, quinto y décimo día de almacenamiento se registró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los frutos al 3% y tiempo de inmersión de 2 y 4 minutos, con respecto al control.

A lo largo del almacenamiento los mangos con recubrimiento mostraron valores menores en comparación con los mangos que no fueron tratados; por el contrario Cáceres *et al.* (2003) reportan que los datos de acidez en mangos variedad 'Súper Haden' con recubrimiento de cera de carnauba y éster de sacarosa fueron más altos en comparación con los mangos del lote control.

Con respecto a lo anterior, el recubrimiento a base de alginato de sodio afectó la acidez titulable, observándose una ligera diferencia en el contenido de acidez entre los frutos tratados con recubrimiento con respecto al grupo de mangos control; situación opuesta a lo encontrado en el estudio realizado por Barco *et al.* 2009 en donde se reporta que en fruto de banano con recubrimiento natural a base de almidón, cera comercial no hubo diferencia significativa, observándose que la acidez disminuyó con el tiempo en los mangos tratados y no tratados.

3.4.2. Cambios en los sólidos solubles

En la Figura 48 se muestra el efecto de recubrimientos sobre los sólidos solubles del mango, observando que los °Brix de los mangos fueron aumentando proporcionalmente conforme al avance de los días de almacenamiento presentando el siguiente comportamiento.

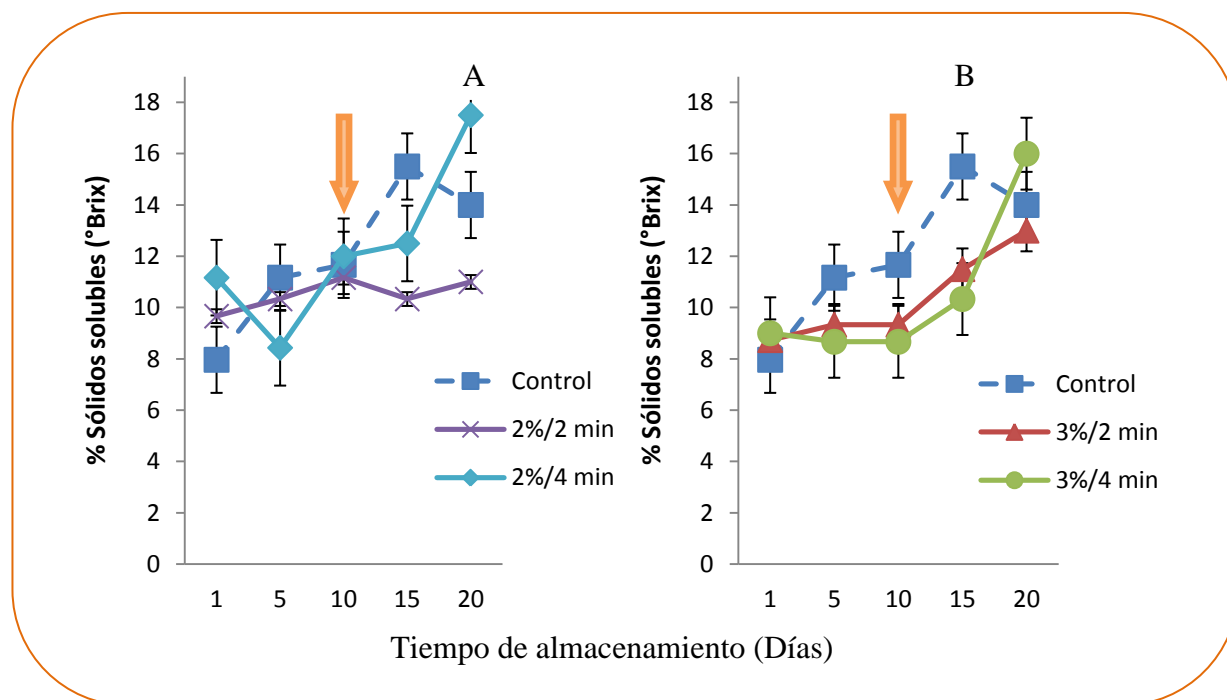


Figura 48. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75% y glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75% y glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en los sólidos solubles de mango variedad 'Keitt'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

En la Figura 48A se muestra los mangos con recubrimientos al 0.75% de alginato de sodio y 2% de alginato a diferentes tiempos de inmersión. El contenido de sólidos solubles de los mangos control al inicio del almacenamiento fue de 7.8 °Brix, mientras que para los frutos con recubrimiento al 2% en tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos se encontraron entre 9.6 y 11.1°Brix respectivamente. Al final del almacenamiento, el contenido de sólidos solubles de los frutos con recubrimiento al 2% en tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos alcanzaron un contenido entre 11 y 17.5 °Brix respectivamente, en tanto que los mangos sin recubrimiento alcanzaron un contenido de sólidos solubles de 14 °Brix. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días uno, cinco y diez; mientras que para el último día de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos al 2% en los dos tiempos de inmersión, con respecto al control.

En la Figura 48B se muestra los mangos con recubrimientos al 0.75% de alginato de sodio y 3% de alginato a diferentes tiempos de inmersión. Para el primer día de almacenamiento se observó en el grupo control un contenido de sólidos solubles de 7.96 °Brix, incrementándose para el quinceavo día hasta 14°Brix, registrándose un aumento del 43.1% desde el primero hasta el último día de almacenamiento.



Para el caso de los mangos con recubrimiento al 3% y tiempo de 2 minutos de inmersión se registraron valores iniciales de 8.7 °Brix, alcanzando 13 °Brix al final del almacenamiento con un incremento del 33% en sólidos solubles; mientras que los frutos tratados a esta concentración y tiempo de 4 minutos de inmersión presentaron un comportamiento similar. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días uno y veinte; mientras que para los días cinco, diez y quince de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos al 3% en los dos tiempos de inmersión, con respecto al control.

Al comparar los resultados con un tipo de recubrimiento aplicado en zarzamoras a base de gelatina, no encontraron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) que se le pudiera atribuir al efecto del recubrimiento en el contenido de sólidos solubles a lo largo del almacenamiento (Navarrete, 2009); resultados no similares a los presentes. En los seis tratamientos se presentó un incremento en los valores de los sólidos solubles (Figura 48), aunque en menor proporción para los mangos con recubrimiento, puesto que estos son una barrera contra el proceso de respiración y, por tanto, la degradación del almidón en azúcares es mucho más lenta, coincidiendo con lo reportado en Barco *et al.* (2009), que reportaron que en fruto de banano con recubrimiento natural a base de almidón y cera comercial, los valores de sólidos solubles fueron inferiores a frutos de banano no tratados.

3.4.3. Cambios en el pH

El valor de pH aumenta durante la maduración del fruto, disminuyendo así el sabor agrio del mango y por lo tanto la sacarosa y la glucosa tienden a aumentar a lo largo del almacenamiento, debido a las reacciones de síntesis y degradación. La degradación de clorofila está en función de los cambios de pH.

En la Figura 49 se muestra el efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio en mango variedad 'Keitt', en donde se muestra un comportamiento ascendente por parte de los mangos con y sin tratamiento, esto como efecto del proceso de maduración de los mangos.

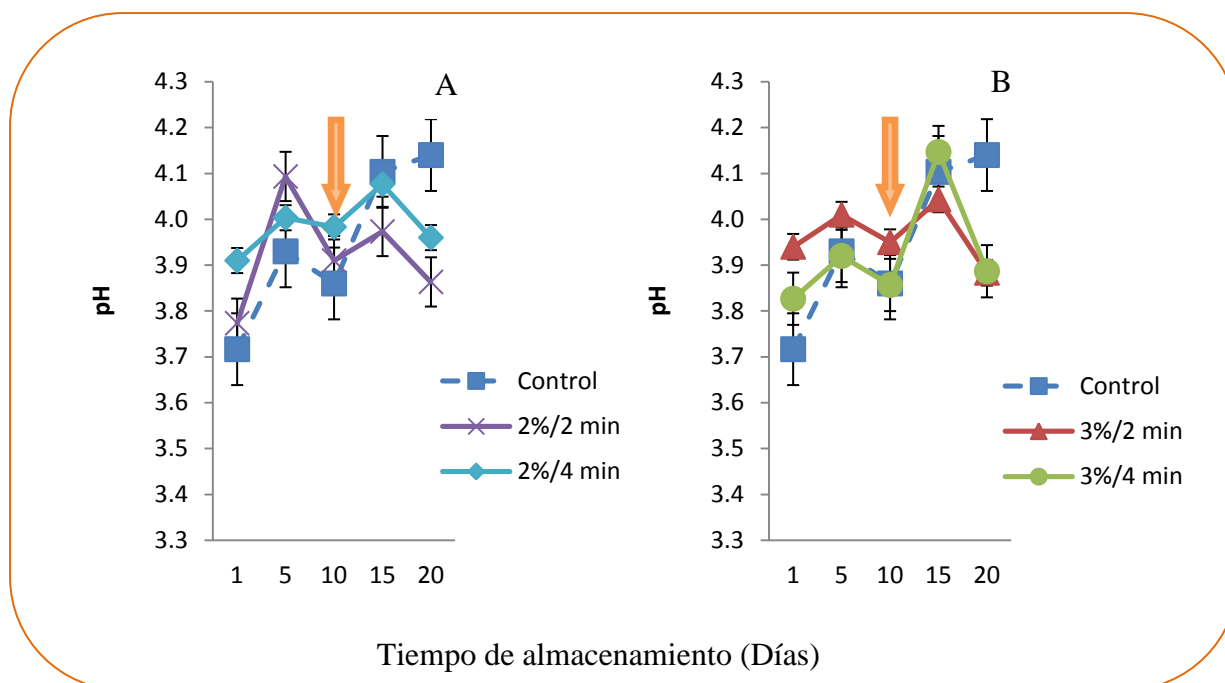


Figura 49. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio al 0.75% y glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75% y glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en pH de mango variedad 'Keitt'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

En la Figura 49A se muestran los cambios de pH con los tratamientos al 0.75% de alginato de sodio y 2% de glicerol. En el primer día de almacenamiento los mangos con recubrimiento y 2 y 4 minutos de inmersión mostraron valores de pH de entre 3.7 y 3.9 respectivamente, valor similar mostró el grupo de mangos control al reportar un valor de pH de 3.7. Al final del almacenamiento el valor de pH de los mangos control se incrementó ligeramente hasta 4.1, mientras que los mangos con recubrimiento y 2 y 4 minutos de inmersión reportaron datos de pH de entre 3.8 a 3.9. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días cinco, diez y quince; mientras que para primer y último día de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos al 2% en los dos tiempos de inmersión, con respecto a los mangos control.

En la Figura 49B se muestran los mangos con recubrimientos al 0.75% de alginato de sodio y 3% de alginato a diferentes tiempos de inmersión. Para el primer día los mangos del grupo control reportaron valores de pH de 3.7 y el valor aumentó ligeramente hasta llegar a valores de 4.2 al final del almacenamiento. Los frutos con recubrimiento y tiempo de 2 minutos de inmersión reportaron al inicio del almacenamiento 3.9 manteniendo un valor similar al final con 3.8; mientras que los frutos tratados a esta concentración y tiempo de 4 minutos de inmersión presentaron un comportamiento similar. Estadísticamente no se encuentra diferencia significativa ($P \geq 0.05$) desde el primer hasta el día quince,



entre las diferentes formulaciones y tiempos de inmersión, pero con respecto a los frutos control; sin embargo para el día veinte se encuentra diferencia significativa ($P \leq 0.05$) de los recubrimientos al 3% en los dos tiempos de inmersión, con respecto al grupo control.

De los resultado obtenidos se puede decir que el recubrimiento a base de alginato de sodio en mango variedad 'Keitt' utilizado en este trabajo no provocó un retraso en la maduración del fruto, pero sí en la aparición del color. Mismo comportamiento reportó Navarrete (2009), en la aplicación de un recubrimiento a base de gelatina en zarzamora observaron que los datos reportados de pH presentaron pocas variaciones entre los frutos con tratamiento y el lote de frutos control, mostrando un comportamiento ascendiente a lo largo del almacenamiento; estos resultados son similares a los reportados en el presente trabajo aunque el mango es de diferente naturaleza.

3.4.4. Cambios en la firmeza

En la Figura 50 se muestra el efecto de recubrimientos sobre la firmeza del mango. De acuerdo a la figura se observó que la firmeza de los mangos fue disminuyendo proporcionalmente conforme al avance de los días de almacenamiento presentando el siguiente comportamiento.

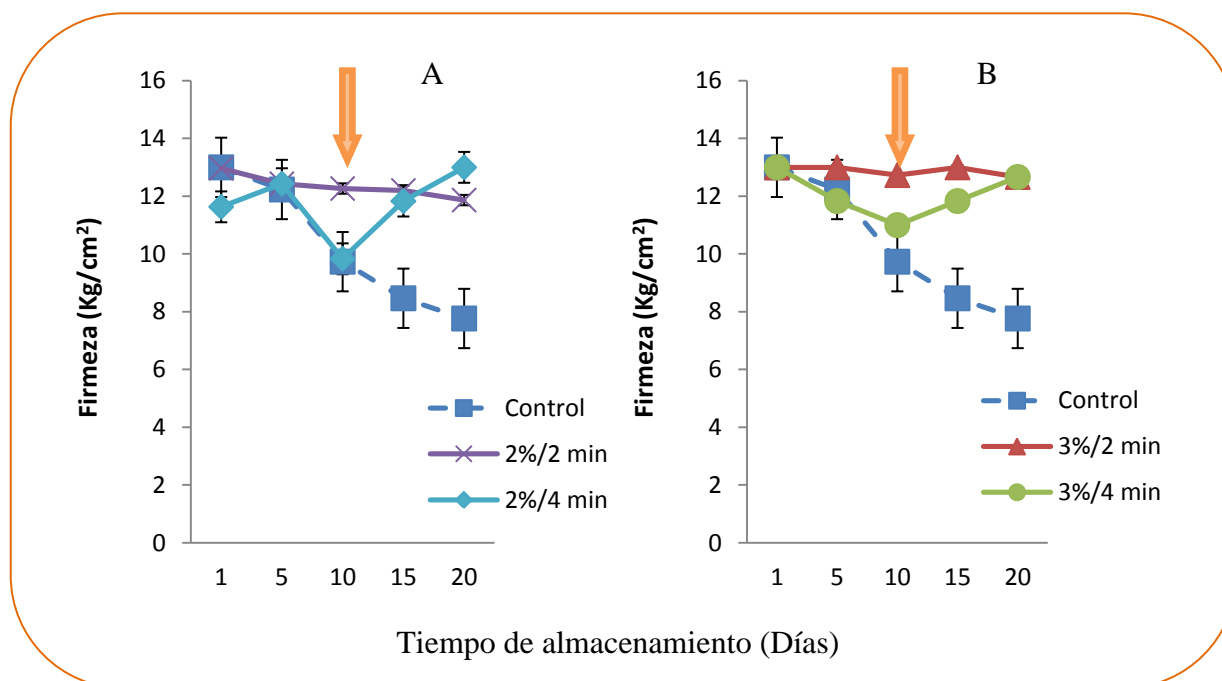


Figura 50. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75% y glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75% y glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la firmeza de mango variedad 'Keitt'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.



La Figura 50A muestra el comportamiento registrado de la firmeza durante el almacenamiento, en el cual se observó que al inicio del almacenamiento los mangos con recubrimiento 0.75% de alginato y 2% mostraron un firmeza de 11.6 y 12.9 Kg/cm² para los dos tiempos inmersión 2 y 4 minutos respectivamente; en tanto los mangos sin recubrimiento reportaron un valor de firmeza de 13 Kg/cm². Al final del almacenamiento los mangos con recubrimiento en los dos tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos mostraron una firmeza mayor respecto al control, de 11.8 y 13 Kg/cm² respectivamente. Al final del almacenamiento la pérdida de firmeza fueron de 40.7% para el lote control y 2% en mangos con recubrimiento con tiempo de inmersión 2 minutos, registrándose una menor pérdida en los mangos con tratamientos. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) el primer y quinto día; mientras que para el décimo día de almacenamiento se registró diferencia ($P \leq 0.05$) entre los frutos al 2% y tiempo de inmersión de 2 minutos, con respecto al control; en tanto el quinceavo y último día de almacenamiento se registró diferencia ($P \leq 0.05$) entre los frutos al 2% en los dos tiempos de inmersión, con respecto al control.

En la Figura 50B los mangos con recubrimientos al 0.75% de alginato de sodio y 3% de alginato a diferentes tiempos de inmersión para el primer día de almacenamiento el grupo control al igual que los mangos con recubrimiento al registraron valores de 13 Kg/cm². Al final del almacenamiento la firmeza descendió registrándose valores de 12.6 Kg/cm² para los dos tiempos de inmersión; en tanto los mangos control reportaron un valor final de 7.7 Kg/cm². Al final del almacenamiento la pérdida de firmeza fue de 40.7% para el control mientras para que los mangos con recubrimiento presentaron un 3% en los dos tiempos de inmersión. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) el primer y quinto día; mientras que para el décimo día de almacenamiento se registró diferencia ($P \leq 0.05$) entre los frutos con recubrimiento y tiempo de inmersión de 2 minutos, con respecto al control; en tanto el quinceavo y último día se registró diferencia ($P \leq 0.05$) entre los frutos con recubrimiento en los dos tiempos de inmersión, con respecto al control. Los resultados muestran una notable disminución en la pérdida de firmeza de los frutos con recubrimiento en las dos condiciones evaluadas.

A lo largo del almacenamiento los mangos con recubrimiento en ambas concentraciones de alginato de sodio mostraron valores más altos en comparación de los mangos que no fueron tratados, esto puede atribuir a las propiedades del recubrimiento sobre el fruto.



Asimismo durante el almacenamiento de mango variedad ‘Keitt’ con recubrimiento a base de alginato de sodio se observó una relación entre la firmeza y la pérdida de peso, ya que los mismos mangos que obtuvieron valores mínimos de pérdida de firmeza fueron los mismos que lograron una reducción en la pérdida de peso; comportamiento similar a lo observado por Guerrero (2011) en limón recubierto con nanopartículas lipídicas sólidas, en donde reportaron la relación que tiene la firmeza de limones recubiertos con la pérdida de peso de los mismos.

3.4.5. Cambios en el color

El cambio de color que sufre el mango durante la maduración le da las características principales de aceptabilidad en el mercado. En el mango variedad ‘Keitt’ predominan las tonalidades verdes, verdes-amarillas y muy poco las tonalidades naranjas o rojas, además tiene una ligera opacidad que va perdiendo conforme el fruto madura.

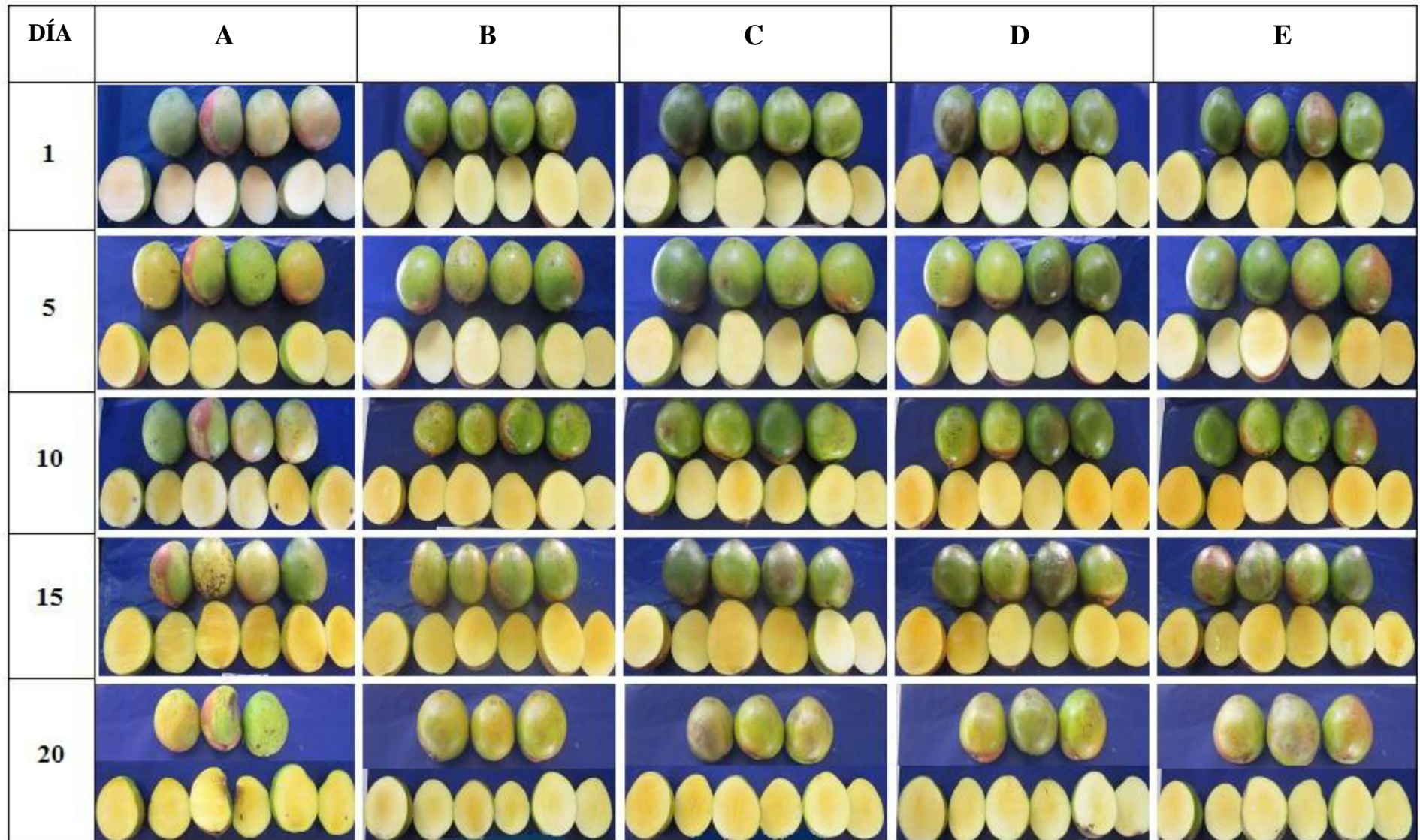
A continuación se presenta la aplicación del recubrimiento en mango Keitt, la formulación utilizada fue ligeramente modificada con respecto a la aplicada en la variedad ‘Tommy Atkins’, debido a que se pretende incrementar la permeabilidad del recubrimiento, que permita a su vez preservar los parámetros de calidad y no afecte el proceso de maduración del fruto. Por lo que, se evaluaron cuatro formulaciones utilizando 0.75% de concentración de alginato de sodio, mientras que la concentración de glicerol se incrementó a 3% y el surfactante a 0.5; los tiempos de inmersión fueron dos y cuatro minutos, el tiempo de inmersión en cloruro de calcio se mantuvo en 5 minutos, así como la incorporación del extracto de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) y las actividades previas a la obtención del mismo.

En la Figura 51 se muestran los cambios en la apariencia en mangos de la variedad ‘Keitt’, con las condiciones ya descritas, con la aplicación del recubrimiento. En los mangos tratados, se incrementó la intensidad del brillo con el recubrimiento, en comparación con los mangos que no fueron tratados, aunado a esto el recubrimiento proporcionó mayor firmeza al fruto.

Por otro lado el grupo control mostró menos firmeza proporcionalmente en el transcurso de la experimentación. Se observó que los mangos con recubrimiento a base de alginato de sodio, mostraban más calidad, por lo que esta técnica le otorga al fruto un valor agregado.



Figura 51. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio en Mangos de la variedad 'Keitt'.



A) Control; B) Alginato 0.75%, Glicerol 3%, 0.5% tween, 2 minutos de inmersión; C) Alginato 0.75%, Glicerol 3%, 0.5% tween, 4 minutos de inmersión; D) Alginato 0.75%, Glicerol 2%, tween, 2 minutos de inmersión; E) Alginato 0.75%, Glicerol 2%, 0.5% tween, 4 minutos de inmersión



3.4.5.1. Luminosidad

En la Figura 52 se reporta el comportamiento a la aplicación de un recubrimiento en mango variedad 'Keitt', en donde se observa que la luminosidad de los mangos con recubrimiento y sin recubrimiento fue descendiendo conforme al transcurso de los días de almacenamiento.

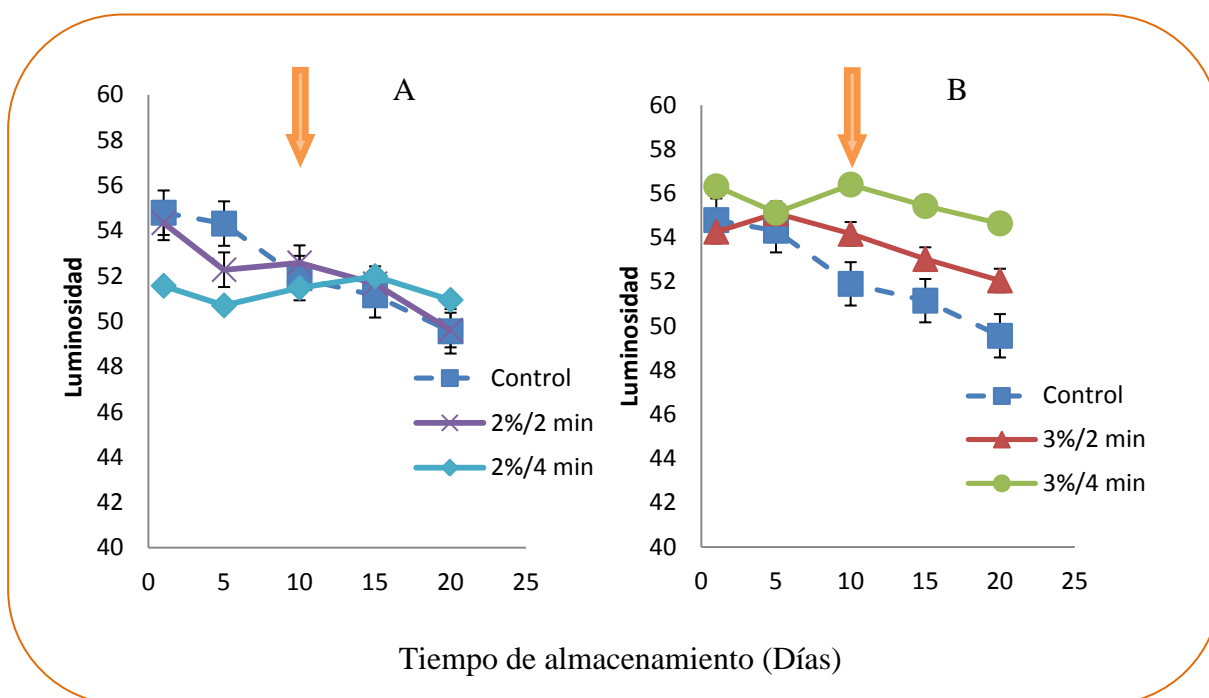


Figura 52. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75% y glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75% y glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la luminosidad del mango variedad 'Keitt'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

La Figura 52A muestra la luminosidad de los mangos con recubrimiento de alginato de sodio al 0.75% y 2% de glicerol que para el primer día de almacenamiento presentaron valores de luminosidad de $L=54.3$, 51.5 para los tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos respectivamente; en tanto el recubrimiento no proporcionó una mayor luminosidad en los mangos con respecto al grupo control, reportando al final del almacenamiento valores de $L=51.6$, 52.7 para los tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos respectivamente. Estadísticamente no se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) los días diez, quince y veinte; mientras que para el primer y quinto día de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos con recubrimiento en el tiempo de 4 minutos de inmersión, con respecto al control.



La Figura 52B se muestra la luminosidad de los mangos con recubrimiento de alginato de sodio al 0.75% y 3% de glicerol, para el primer día de almacenamiento el grupo control registró un valor de $L=54.7$, mostrando un ligero incremento en la luminosidad hasta el último día de almacenamiento de $L=55.9$, siendo el grupo de mangos control el que mostró mayor luminosidad al final del almacenamiento. Mientras que para este día los mangos tratados con recubrimiento registraron un valor inicial de $L=54.2$, 56.3 para los tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, respectivamente; en tanto al final del almacenamiento los mangos con recubrimiento registraron valores de luminosidad de $L=46.1$, 49 para los tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, respectivamente. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) el primer y quinto día; mientras que para el décimo quinceavo y último día de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos con recubrimiento en los dos tiempos de inmersión, con respecto al control.

Este parámetro fue importante para determinar si mejoraba la apariencia de los mangos a lo largo del almacenamiento, ya que uno de los objetivos de la aplicación de un recubrimiento es la de proveer luminosidad a los frutos.

En el caso de los mangos con recubrimiento al 3% de glicerol en los dos tiempos de inmersión (2 y 4 minutos) reportó valores altos de luminosidad en comparación con los mangos con recubrimiento 0.75% de alginato y 2% de glicerol y los mangos del lote control, a lo largo de la conservación del mango, comportamiento similar reportó González y Guzmán (2011), comentaron que la luminosidad en mangos variedad 'Manila' con recubrimiento a base de alginato de sodio y aceite esencial de limón, mostró que los valores del grupo control se encontraron por debajo de los mangos con recubrimiento.

3.4.5.2. Ángulo de tono ($^{\circ}$ Hue)

En la Figura 53 se reporta el comportamiento del ángulo de tono ($^{\circ}$ Hue) evaluado en la piel de mango de la variedad 'Keitt', en donde se observa que el ángulo de tono de los mangos con recubrimiento y sin recubrimiento fue ascendiendo conforme al transcurso de los días de almacenamiento y mostrando variación a lo largo de ésta.

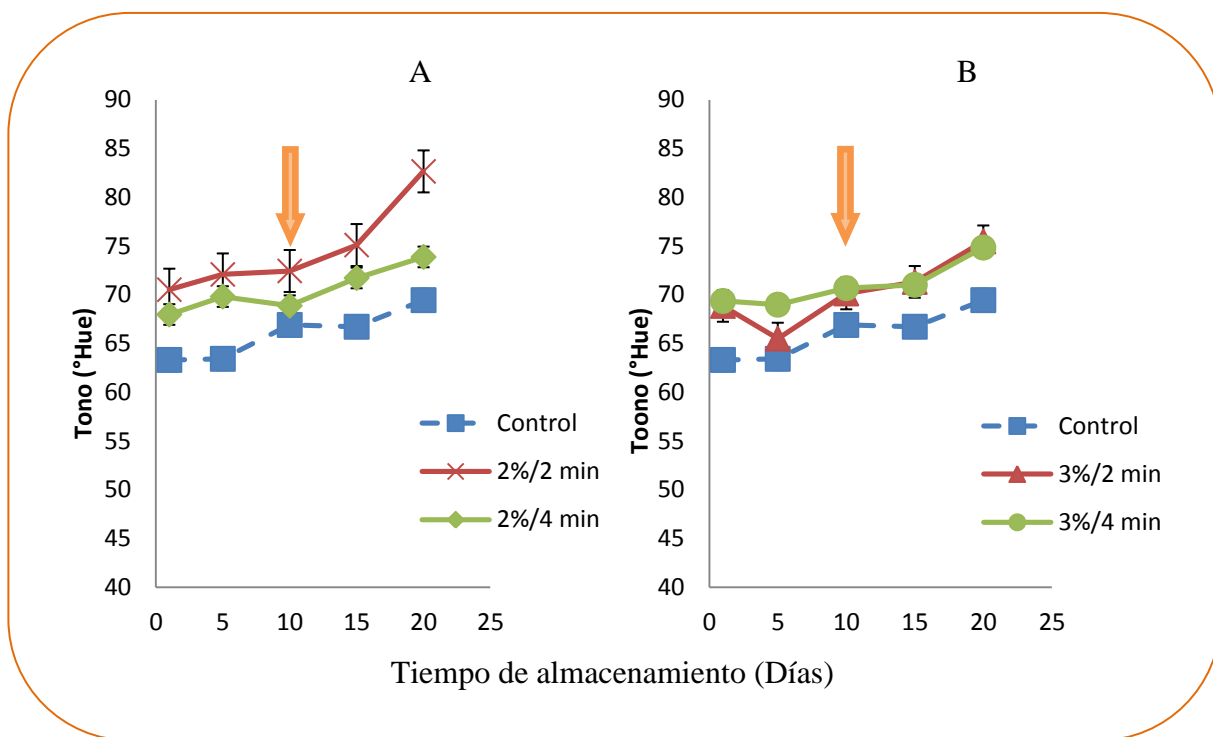


Figura 53. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75% y glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75% y glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en el ángulo de tono de mango variedad 'Keitt'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas ± desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

En la Figura 53A los valores de ángulo de tono en los mangos con recubrimiento de alginato de sodio al 0.75% y 3% de glicerol a 2 y 4 minutos de inmersión. Al inicio del almacenamiento fue de 70.5 y 67.9 °Hue, para 2 y 4 minutos de inmersión, respectivamente. De igual forma al final del almacenamiento, el ángulo de tono de los frutos con recubrimiento con 2 y 4 minutos de inmersión alcanzaron un contenido de 82.6 y 73.8 °Hue, respectivamente, lo que significó que el grupo control se encontró al final del almacenamiento por debajo de los mangos con recubrimiento al 2% en los dos tiempos de inmersión. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) el día diez; mientras que para el día uno, cinco, quince y veinte de almacenamiento se registró diferencia entre los frutos en los dos tiempos de inmersión, con respecto al grupo de mangos control.

En la Figura 53B se muestran los mangos con recubrimiento al 0.75% de alginato de sodio y 3% de glicerol con diferentes tiempos de inmersión. Para el primer día de almacenamiento los valores de ángulo de tono de los mangos con recubrimiento al 2 y 4 minutos de inmersión fueron de 68.8 y 69.3 °Hue; en tanto los valores de los mangos control fueron alrededor de 63.3 °Hue al inicio del mismo. El valor del ángulo de tono en los mangos control fue incrementándose ligeramente hasta el final del almacenamiento reportando un valor final de 69.5°Hue; así los mangos con recubrimiento mostraron un aumento ligeramente superior de los mangos control al final del almacenamiento con valores de 75.4 y 74.8°Hue



para 2 y 4 minutos de inmersión, respectivamente. Estadísticamente no se registró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) el quinto y décimo día entre los frutos al 3% en los dos tiempos de inmersión, con respecto al control; sin embargo se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para los días uno, quince y veinte entre los frutos al 3% en los dos tiempos de inmersión, con respecto al control.

A lo largo del almacenamiento los mangos con recubrimiento mostraron valores superiores de los que mostraron los mangos sin recubrimiento, asimismo se observó que hubo un retardo en la degradación de la clorofila, esto supone que probablemente fue por el uso de recubrimientos, esto se atribuye a la creación de una atmósfera modificada coincidiendo con lo que reportó Lizárraga (2001) al mencionar un retraso en la aparición del color en limón persa con recubrimiento a base de una cera.

3.4.5.3. Cromaticidad

En la Figura 54 se reporta el comportamiento de la cromaticidad de la piel de mango, en función de la aplicación de un recubrimiento en mango variedad 'Keitt', en donde se observa que el valor de cromaticidad de los mangos con recubrimiento y sin recubrimiento fue aumentando los diez primeros días y posteriormente conforme al transcurso de los días de almacenamiento fue descendiendo.

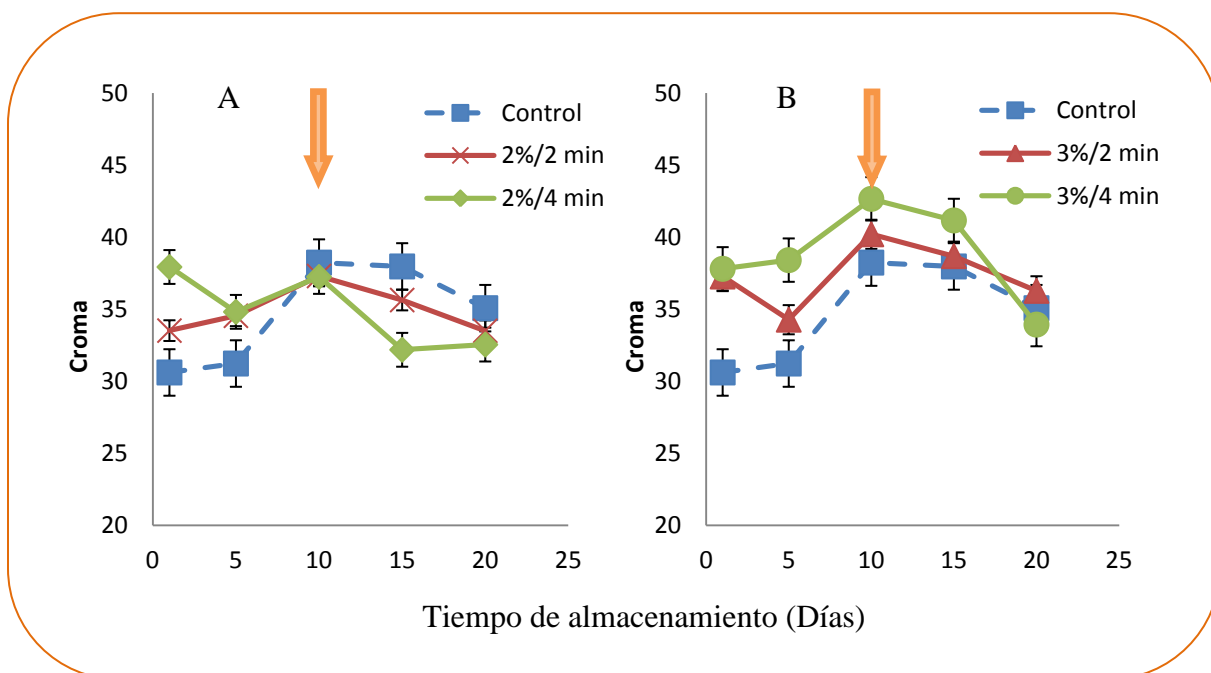


Figura 54. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75% y glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75% y glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la cromaticidad de mango variedad 'Keitt'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.



Para los mangos con el recubrimiento 0.75% de alginato y 2% de glicerol (Figura 54A) se registraron datos de cromaticidad de 33.5 y 37.9 al inicio del almacenamiento, de igual forma para los tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, así hubo mayor intensidad del color en los mangos sin recubrimiento, al registrar un alto valor de 35. Estadísticamente no se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los mangos con recubrimiento en los dos tiempos de inmersión, con respecto al grupo control, del quinto al último día de almacenamiento; sin embargo se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los mangos con recubrimiento en la concentración al 2% y tiempo de 4 minutos de inmersión, con respecto a los mangos control.

En la Figura 54B se muestran los mangos con recubrimiento de alginato de sodio al 0.75% y 3% de glicerol. Los valores de cromaticidad al inicio del almacenamiento para los mangos sin recubrimiento mostraron un valor de 30.6, mostrando un comportamiento ascendente hasta alcanzar un valor de 35 al final del almacenamiento. Mientras que los mangos con recubrimiento con 2 y 4 minutos de inmersión mostraron al inicio del almacenamiento valores de 37.2 y 37.8, respectivamente; reportando al final del almacenamiento valores de cromaticidad de 36.2 y 33.9, para los tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, respectivamente.

Estadísticamente no se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los mangos con recubrimiento los días diez, quince y veinte en los dos tiempos de inmersión con respecto al grupo control; no así el primer día de almacenamiento se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los mangos con recubrimiento en los dos tiempos de inmersión con respecto al grupo control; de igual forma para el quinto día de almacenamiento se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los mangos con recubrimiento y tiempo de inmersión de 4 minutos, con respecto al grupo control.

Este parámetro está relacionado con la luminosidad y ángulo de tono, mostrando un comportamiento ascendente a lo largo del almacenamiento, encontrando que los mangos con recubrimiento a base de alginato de sodio presentaron valores superiores de los que mostraron los mangos sin recubrimiento. Sin embargo Navarrete (2009) reportó que zarzamoras tratadas con recubrimiento a base de gelatina no afectó el color de las zarzamoras, al mostrar un comportamiento uniforme y bajo durante el almacenamiento; caso similar a lo reportado en este trabajo, ya que en la Figura 53 se observa variación de los valores de cromaticidad durante el almacenamiento.



3.4.6. Pérdida de peso durante el almacenamiento

En la Figura 55 se muestra el comportamiento del efecto de la aplicación del recubrimiento sobre la pérdida de peso en mango de la variedad 'Keitt'; se identificó una tendencia ascendente conforme transcurrió el almacenamiento, debido al proceso de maduración del mango y por lo tanto el fruto va perdiendo agua, por el proceso de transpiración, causando la disminución del peso del fruto.

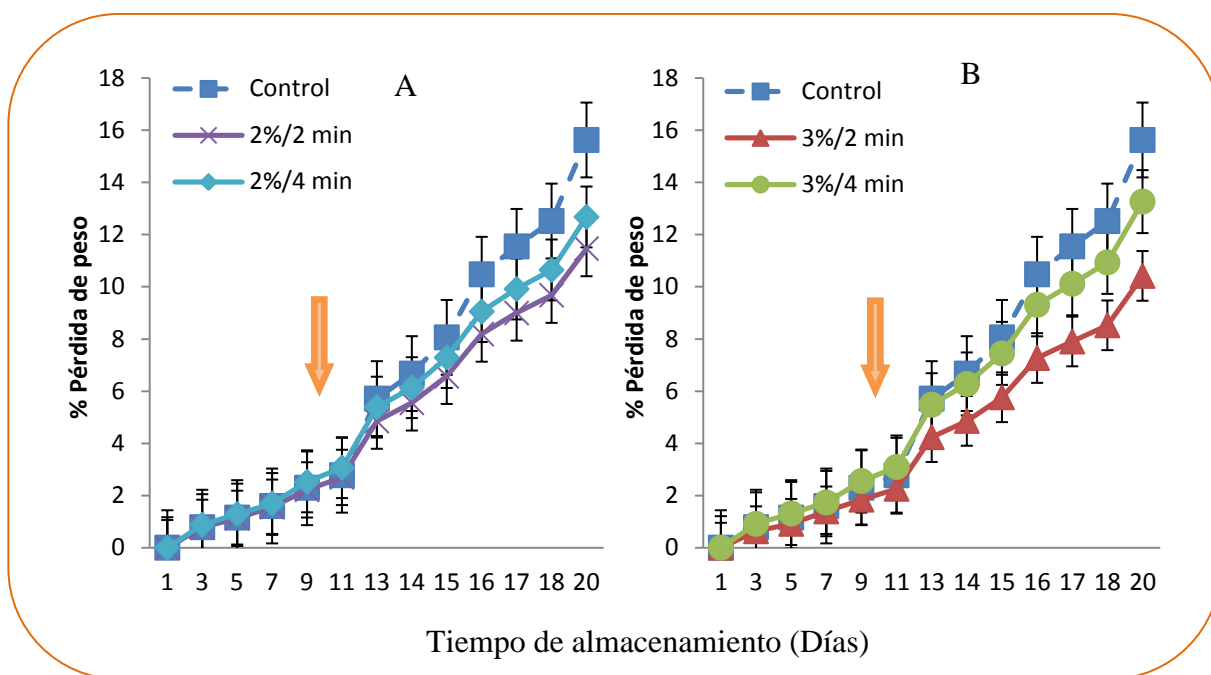


Figura 55. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75% y glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75% y glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la pérdida de peso de mango variedad 'Keitt'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

De igual forma los mangos con recubrimiento 0.75% de alginato de sodio y 2% de glicerol (Figura 55A) en 2 y 4 minutos de inmersión mostraron al inicio del almacenamiento valores de 0.78 y 0.88% aumentando gradualmente hasta alcanzar valores de 9 y 9.9%, respectivamente para los tiempos de 2 y 4 minutos de inmersión, al final del almacenamiento. De igual forma no se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) a lo largo del almacenamiento.

En la Figura 55B se observan la pérdida de peso de los mangos con recubrimiento de 0.75% alginato de sodio y 3% de glicerol, se observa en el grupo control del primer al tercer día de almacenamiento una disminución de peso de 0.78% valor que fue aumentando gradualmente hasta alcanzar un valor de 11.5% al final del almacenamiento. Los mangos con recubrimiento y tiempo de inmersión de 2 y 4 minutos presentaron al inicio del almacenamiento un valor de 0.63 y 0.91%, respectivamente, de igual forma



mostrando un comportamiento ascendente en la pérdida de peso con valores finales de 7.9 y 10.1%. No se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) a lo largo del almacenamiento.

Se encontró que los frutos sin recubrimiento presentaron una pérdida de 6.8%; mientras que los mangos con recubrimiento al 3 y 2% y tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos fueron de entre 9.1 y 8%.

Asimismo en la Figura 55 se observa que a partir de la transferencia de los mangos, en los últimos diez días de almacenamiento, los mangos con recubrimiento a base de alginato de sodio tuvieron un descenso menor en comparación con el grupo de mangos control encontrándose por debajo de estos; coincidiendo con trabajos de Guerrero (2011) en limón recubierto con nanopartículas lipídicas sólidas, los valores de pérdida de peso en limón sin recubrimiento fue mayor en comparación con limones con recubrimiento.

3.4.7. Cambios en la respiración

La Respiración en frutas y hortalizas, es un proceso metabólico que toma los azúcares, el almidón y los ácidos orgánicos entre otros compuestos, como materia prima, los somete a una degradación oxidativa, transformándolos en compuestos más simples como el dióxido de carbono, agua y energía (ATP) liberada, con destino a otras síntesis y al mantenimiento de su vida.

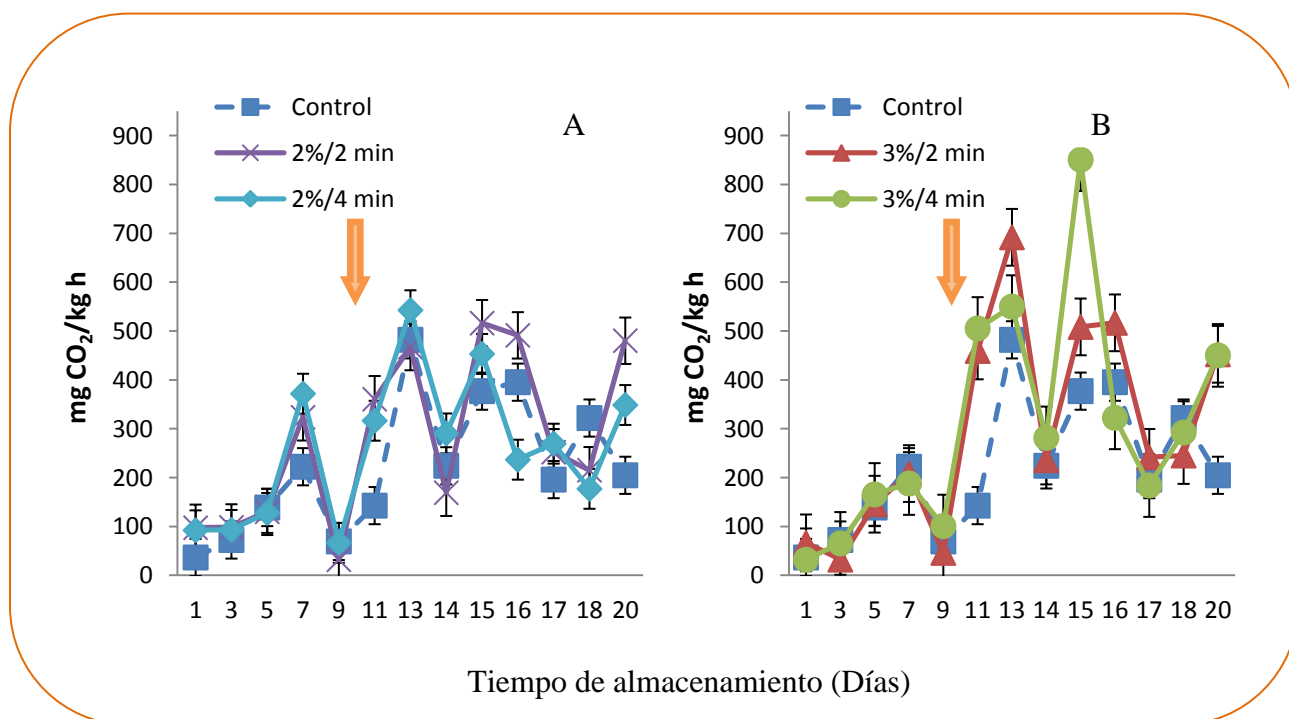


Figura 56. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75% y glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75% y glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en la respiración de mango variedad ‘Tommy Atkins’. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.



Los frutos con recubrimiento 0.75% de alginato de sodio y 2% de glicerol con tiempos de inmersión de 2 y 4 (Figura 56A) se observó que el máximo climaterio se presentó el día 15 para los mangos con tiempo de inmersión de 2 minutos, y el día 13 para los mangos con tiempo de inmersión de 4 minutos, con valores de 516.4 y 542.9, respectivamente. Estadísticamente no se reportó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) con respecto a los mangos control.

Los frutos sin recubrimiento presentaron un comportamiento climatérico, alcanzando el punto máximo el día 13, con un valor de 482.3 mgCO₂/kg h, y posteriormente disminuyó al iniciar la senescencia. En la Figura 56B el comportamiento de la tasa respiratoria del mango variedad 'Keitt' con recubrimiento 0.75% de alginato de sodio y 3% de glicerol. Para los frutos con recubrimiento con tiempos de inmersión de 2 y 4 se observó que el máximo climaterio se presentó el día 13 para los mangos con tiempo de inmersión de 2 minutos, y el día 15 para los mangos con tiempo de inmersión de 4 minutos, con valores de 692.2 y 851, respectivamente. Estadísticamente a lo largo del almacenamiento no hay diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre recubrimientos con respecto al grupo control.

El mango presentó un comportamiento climatérico que se caracteriza por llevarse a cabo en cuatro etapas o estados de madurez: la primera corresponde al preclimaterio en el cual el fruto presentó un color verde intenso y su respiración fue mínima; la segunda denominada inicio del climaterio donde se produjo un aumento en el contenido de CO₂ y llega al máximo climaterio donde se presenta el pico máximo que corresponde a la madurez comercial del fruto en donde el mango desarrolla sus características que lo hacen apto para el consumo y posteriormente el postclimaterio que comienza con la disminución de característico de la senescencia del fruto (Pérez y Ramírez, 2010) tal y como sucedió en el presente trabajo.

En la Figura 56 se distingue el comportamiento climatérico de los mangos al presentar durante los primeros diez días de almacenamiento valores uniformes en la producción de CO₂ debido a la baja temperatura y posteriormente mostrando un desorden en la producción de CO₂, por la transferencia de los mangos a 20°C, al finalizar el periodo de almacenamiento se observó diferencia significativa por efecto del recubrimiento en la respiración de los mangos; sin embargo un comportamiento opuesto se encontró en un estudio realizado por Pérez y Ramos (2006), en fresa con recubrimiento a base de gelatina el comportamiento de respiración tuvo variación, donde evidentemente el grupo control estuvo por encima de los frutos con recubrimiento.



3.4.8. Cambios en la vitamina C

En la Figura 57 se muestra el comportamiento de vitamina C a efecto de la aplicación del recubrimiento a base de alginato de sodio en mangos variedad 'Keitt', se observa del primer al último día de almacenamiento hay un comportamiento variable del parámetro.

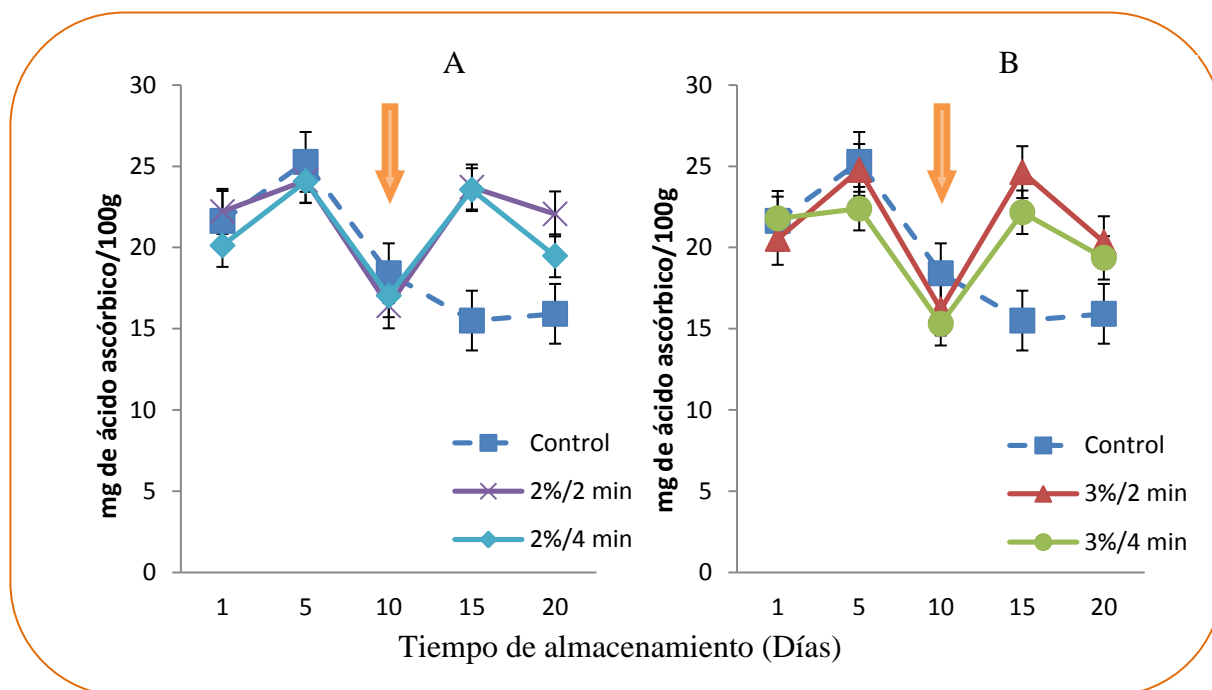


Figura 57. Efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio 0.75% y glicerol al 3% (A), alginato de sodio 0.75% y glicerol 2% (B), con tiempos de inmersión de 2 y 4 minutos, en el porcentaje de vitamina C de mango variedad 'Tommy Atkins'. Los valores obtenidos son la media de tres réplicas \pm desviación estándar. La flecha indica el día de transferencia de temperatura de 13°C a 20°C.

En la Figura 57A el contenido de vitamina C de los mangos con recubrimiento de 0.75% de alginato de sodio y 2% de glicerol en 2 y 4 minutos de inmersión, se encontraron en 22.2 y 20.1 mg de ácido ascórbico, al inicio del almacenamiento. Al final del almacenamiento, el contenido de vitamina C de los frutos con recubrimiento en 2 y 4 minutos de inmersión alcanzaron un contenido de 22 y 19.4 mg de ácido ascórbico, en tanto que los mangos sin recubrimiento alcanzaron un contenido de 15.9 mg de ácido ascórbico. Estadísticamente se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) el día quince; mientras que para el resto de los días de almacenamiento no se registró diferencia entre los frutos al 2%, con respecto al control.



En la Figura 57B los mangos con recubrimiento de alginato de sodio al 0.75 y 3% de glicerol, para el primer día de almacenamiento se observó en el grupo control un contenido de vitamina C 21.6 mg ácido ascórbico/100g, disminuyendo ligeramente para el quinceavo día hasta 15.9, registrándose un aumento del 26.3% desde el primero hasta el último día de almacenamiento. Para el caso de los mangos con recubrimiento y tiempo de 2 minutos de inmersión se registraron valores iniciales de 20.5 mg ácido ascórbico/100g, reportando 20.3% al final del almacenamiento; mientras que los frutos tratados a esta concentración y tiempo de 4 minutos de inmersión presentaron un valor inicial de 21.8 mg ácido ascórbico/100g, mostrando al final del almacenamiento con un valor de ácido ascórbico de 19.3, mientras que los frutos tratados a esta concentración. Estadísticamente solo se registró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) el día quince de almacenamiento entre los frutos con recubrimiento en los dos tiempos de inmersión, con respecto al control, mientras que para el resto de los días de almacenamiento no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los mangos al 3% en los dos tiempos de inmersión, con respecto al grupo de mangos control.

A lo largo del almacenamiento, los valores de mangos control estuvieron por encima de los mangos con recubrimiento los diez primeros días y posteriormente estuvieron por debajo de los mangos con tratamiento, lo que puede atribuirse a la transferencia que tuvieron los mangos; caso opuesto reportó en un estudio realizado por González y Guzmán (2011) evaluaron el efecto de mango ‘*Manila*’ semiprocado con recubrimiento a base de alginato de sodio y aceite esencial de limón sobre el contenido de vitamina C, estos autores concluyeron que el contenido de esta vitamina C en los mangos control se encontraron por debajo de los valores de mangos con tratamiento.



Conclusión



Conclusión



Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:







- 🍑 Los recubrimientos a base de alginato de sodio aplicados en frutas frescas de mango variedad ‘*Tommy Atkins*’ permitieron reducir la velocidad de respiración, la firmeza, y no afectaron el pH, acidez, vitamina C y sólidos solubles; sin embargo se observó una disminución en el cambio de color y por lo tanto, un efecto en la luminosidad, cromaticidad y tono de los frutos almacenados en refrigeración durante 10 días y posteriormente transferidos a temperatura ambiente.
- 🍑 Los extractos bioactivos a partir de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) fueron obtenidos con los mejores rendimientos por el método de sonicación durante 1.5 horas utilizando etanol como disolvente y un contenido de fenoles totales de 101.5 mg ácido gálico/mL.
- 🍑 Los extractos bioactivos de la planta gobernadora controlaron el crecimiento del hongo *colletotrichum gloeosporioides* en pruebas *in vitro*, estableciéndose como efectiva una concentración de 12 mg/L, lo que permitió ser una buena alternativa para el control natural de antracnosis en mango.
- 🍑 Los recubrimientos a base de alginato de sodio al 0.75% adicionados con extractos de gobernadora aplicados en mango variedad ‘*Keitt*’ permitieron reducir la pérdida de peso, la velocidad de respiración, la firmeza, y no afectaron el pH, acidez, vitamina C, sólidos solubles y de igual forma no afectó el color, esto quiere decir que no tuvo un efecto en la luminosidad, cromaticidad y tono de los frutos almacenados en refrigeración durante 10 días y posteriormente transferidos a temperatura ambiente.
- 🍑 El recubrimiento a base de alginato de sodio puede ser una alternativa tecnológica que contribuye alargando la vida útil, mejorar la calidad y generar un valor agregado en mangos.



Recomendaciones



En base a esta línea de investigación se sugiere lo siguiente:

-  Estudiar el efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de alginato de sodio en otras variedades de mango como: ‘*Haden*’, ‘*Manila*’ y ‘*Ataulfo*’, para mejorar la calidad del fruto y alargar la vida útil.
-  Determinar la actividad de las enzimas PME y PG, asimismo su relación con la pérdida de firmeza en mango.
-  Evaluar la adición del extracto de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) como agente natural antimicrobiano en la aplicación del recubrimiento en otros frutos que sufren la antracnosis.
-  Evaluar el efecto del extracto en pruebas *in vitro* sobre otros hongos causantes de enfermedades en frutos.
-  Evaluar el efecto del extracto en bacterias patógenas que podrían ayudar a controlar problemas de inocuidad.
-  Identificar los compuestos bioactivos de la gobernadora (*Larrea tridentata*) por medio de HPLC.



Abreviaturas



Abreviaturas



FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura
CO ₂	Bióxido de carbono
SBI	Inhibidores de la biosíntesis de esteroides
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
Var.	Variedad
PDA	Agar Papa Dextrosa
s.s.	Sólidos solubles
L	Luminosidad
°Hue	Ángulo de tono
atm	Atmósfera
nm	nanómetros
mm	milímetros
µl	microlitros














Referencias











- 🍌 Abraján, V.M. (2008). Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (*Opuntia ficus-indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, España.
- 🍌 Aguilar Méndez M.A. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate. Tesis de Maestría en Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional. México.
- 🍌 Alonso J. (2004). Tratado de fitofármacos y Nutraceuticos. Rosario Argentina. pp. 328-331
- 🍌 AOAC (1994). Methods of analysis. 14th USA. Association of the official analytical chemistry. Washington, D. C.
- 🍌 Barco L; Burabano A. C; Medina M; Mosquera S. A; Villada H. S. (2009). Efecto de recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano (*Musa sapientum*). Revista Scielo 7 (2) Fecha de consulta: 3 de Abril del 2011. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n2/v7n2a10.pdf>
- 🍌 Becerra E; Rosas X. (2004). Manejo de enfermedades en floración y amarre de frutos. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Jornada de Transferencia de tecnología en el mango. Sinaloa. Fecha de consulta: 10 de Abril del 2011. Disponible en: <http://www.fps.org.mx/divulgacion/>
- 🍌 Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana. (2009). Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Fecha de consulta: 3 de Abril del 2011. Disponible en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/presenta.html>
- 🍌 Borboa-Flores J; Rueda-Puente E. O; Acedo-Félix E; Ponce J. F; Cruz-Villegas M; García-Hernández J. L. y Ortega-Nieblas M. M. (2010). Evaluación de la actividad antibacteriana *in vitro* de aceites esenciales contra *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis*. Tropical and Subtropical Agroecosystems. Fecha de consulta: 15 de Agosto del 2011. Disponible en: www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/.../466/405














-  Bósquez M. E. (2003). Elaboración de recubrimientos comestibles formulación con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) tesis doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. México. Fecha de consulta: 3-Abril-2011. Disponible en: <http://148.206.53.231/UAMI10845.PDF>
-  Bósquez Molina E; Vernon Carter E. J. (2005). Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de mezquite y cera de candelilla. *Revista mexicana de Ingeniería química*. 4: 157-164. Fecha de consulta: 15 de Agosto del 2011. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=62040203>
-  Cáceres I; Mulkay T; Rodríguez J; Paumier A; Sisino A. (2005). Influencia del encerado y tratamiento térmico en la calidad postcosecha del mango. *Revista Simiente*. (12) 1: 4. Pp. 25
-  Castillo, J. E. (2005). Efecto de tratamientos por inmersión en agua caliente en la reducción de daños por frío en el contenido de poliaminas en mango variedad ‘Manila’. Tesis de Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, México
-  Castro-Franco R; Meza-Herrera C. A; Contreras-Quiróz M. del R; Santos-García J. (2001). Uso de fitoextractos en el crecimiento *in vitro* de bacterias enteropatógenas. *Revista Chapingo Serie de zonas áridas*. (2)1:2. Pp. 3
-  CODEX STAN 184-1993. Norma del Codex para el mango. Fecha de consulta: 15 de Abril del 2012. Disponible en: www.fao.org/ag/agn/fv/files/1093_MANGOSP.PDF
-  Cortez-Mazatan G. Y.; Valdez-Aguilar L. A.; Lira-Saldivar. R. H., Peralta-Rodriguez R. D. (2011). Polyvinyl acetate as an edible coating for fruits: Effect on selected physiological and quality characteristics of tomato. *Rev. Chapingo Ser. Hortíc* [online]. 17(1):15-22. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2011000100004&lng=es&nrm=iso
-  Cubero N; Monferrer A; Villalta J. (2002). Aditivos alimentarios. Madrid, España. p. 161.
-  FAO. (2011). Base de datos. Faostat. Fecha de consulta: 15 de Abril del 2012. Disponible en: www.fao.org
-  FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1993). Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: Frutas, hortalizas, raíces y tubérculos (Manual de capacitación).
-  Femenía Ríos E. (2007). Caracterización química de cepas de hongos del género *Colletotrichum*: síntesis de gloeosporioides. Diseño y síntesis de modelos de agentes fungicidas. Departamento



- de química orgánica. Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz. Fecha de consulta: 3 de Abril del 2011. Disponible en: <http://minerva.uca.es/publicaciones/asp/docs/tesis/EFemeniaRios.pdf>
-  Fennema O. R. (2010). Química de los alimentos. Acribia. Zaragoza, España. p. 1258
-  Figueroa J; Salcedo J; Agua Y; Olivero R; Narváez G. (2011). Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso de propóleo en su formulación. Revista Colombiana 3 (2). Fecha de consulta: 31 de Enero del 2012. Disponible en <http://www.recia.edu.co/documentos-recia/vol3num2/revisiones-/REC-03-02-REV-3-PROPOLIS.pdf>
-  García I. E; Gago C. L; Fernández N. J. L. (2006). Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. Informe de vigilancia tecnológica. Fecha de consulta: 3 de Abril del 2011. Disponible en www.madrimasd.org
-  González O. M. G; Guzmán M. I. (2011). Efecto de películas comestibles formuladas a base de alginato de sodio y grenetina en la vida útil del mango cortado listo para consumir. Tesis de Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, México.
-  González V. A. (2011). Desarrollo de un recubrimiento comestible goma xantana-nanopartículas lipídicas sólidas (NLS) para la conservación de guayaba a baja temperatura. Tesis de Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, México.
-  Guerrero M. J. A. (2011). Reducción del índice de blancura sobre frutos post-almacenamiento refrigerado recubierto con nanopartículas lipídicas sólidas en presencia de un ambiente húmedo. Tesis de Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, México.
-  Guerrero-Rodríguez E; Solís-Gaona S; Hernández-Castillo F. D; Flores-Olivas A; Sandoval-López V; Jasso-Cantu D. (2007). Actividad biológica *in vitro* de extractos de *Flourensia Cernua* D. C. en patógenos de postcosecha: *Alternaria alternata* (Fr.: Fr.) K., *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium digitatum*. Revista Mexicana de fitopatología (21) 1:3 48-53. Fecha de consulta: 3 de Abril del 2011. Disponible en: redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/612/61225107/61225107.html
-  Gutiérrez A. O; Nieto D. A; Gutiérrez A. J. G; Delgadillo S. F; Domínguez A. J. L. (2002). Características Morfológicas, Culturales y Patogenicidad de Aislamientos de *Colletotrichum* spp. Obtenidos de frutos de guayaba (*Psidium Guajava* L). Revista Mexicana de Fitopatología, 20(1): 24-30. Fecha de consulta: 3 de Abril del 2011. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/612/61220105.pdf>



-  Huerta P. G; Holguín M. F; Benítez C. F.A. y Toledo A. J. (2009). Epidemiología de la Antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. And Sacc.] En: Mango (*Mangifera indica* L.). Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 27:93-105 Fecha de consulta: 3 de Abril del 2011. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v27n2/v27n2a2.pdf>
-  Lira Saldivar R.H. (2003). Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora (*Larrea tridentata* (D.C.) coville). Centro de investigación en química aplicada. 21(2): 214-216.
-  Lira Vargas A. A. (2008). Estudio comparativo de enzimas que degradan la pared celular en diferentes variedades de mango durante su maduración. Tesis de Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, México.
-  Lizárraga N. J. A. (2001). Respuesta al daño por frío del limón persa (*Citrus latifolia tanaka*) con y sin recubrimientos. Tesis de Química de Alimentos. Facultad de Química. UNAM. México
-  Llanos Navarro T. M. (2007). Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España. Fecha de consulta: 25 de Enero del 2012. Disponible en: riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1923/tesisUPV2699.pdf
-  Lowry, O. H; Rosebrough, N. J; Farr, A. L; Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent, *Journal Biology and Chemistry*, 193:265-275.
-  McGuire R. G. (1992). Reporting of objective color measurements, *HortScience*. 27:1254-1255.
-  Medina, A. S. y Reyes, T. P. (2002). Radiaciones ionizantes y efectos sobre la materia. Ciencia e Ingeniería Neogranadina (12) 3: 16.
-  Moalemiyan M. (2009). Pectin-based edible coating for shelf-life extension of ataulfo mango. *Department of Food Science McGill University*. Fecha de consulta: 25 de Abril del 2011. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4530.2010.00609.x/full>
-  Montesinos E; Melgarejo P; Cambra M. A; Pinochet J. (2000). Enfermedades de los frutales de pepita y de hueso. Sociedad Española de fitopatología. Mundi-Prensa. pp. 61-62
-  Navarrete G. K. (2009). Aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina para preservar la calidad de zarzamora (*Robus frocticosus*) almacenada en refrigeración lista para consumir. Tesis de Ingeniería en Alimentos. FES Cuautitlán, México.



- 🍌 Negrete E. E. S. (2009). Caracterización mecánica y fisicoquímica de una película biodegradable a base de gretina y su aplicación como cubierta para prolongar vida de almacenamiento en zarzamoras. Tesis de Ingeniería en Alimentos. FES Cuautitlán, México.
- 🍌 Osorio H. E; Ventura S. J; Flores D. M; Lara F; Rodríguez H. R; Hernández C. F; Aguilar C. N. (2004). Efectividad biológica de extractos polifenólicos contra bacterias fitopatógenas. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Fecha de consulta: 25 de Enero del 2012. Disponible en: <http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/>
- 🍌 Paredes-Aguilar M.C; Miki-Yoshida M; Ballinas-Casarrubias M.L; Nevárez-Moorillón G.V. (2001). Análisis por Microscopía de Fuerza Atómica, del efecto del aceite esencial de orégano Mexicano y quitosán, sobre células de *Vibrio cholerae* No-01. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
- 🍌 Parra A. L. (2008). Relación entre infecciones quiescentes de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) y los diferentes estados fenológicos del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) variedad hilacha. Tesis de Microbiólogo Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia
- 🍌 Pearson D. (1998). Técnicas de Laboratorio para el análisis de alimentos. Acribia, Zaragoza.
- 🍌 Pérez B; Bringas E; Mercado J; Saucedo C; Cruz L; Báez R. (2005). Evaluación de cera comestible en mango “*Tommy Atkins*” destinado a la comercialización para el turismo. Revista Iberoamericana de tecnología postcosecha. 7(2):122-130. Fecha de consulta: 3 de Abril del 2011. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81370208>
- 🍌 Pérez G. C. K; Ramos L. K. (2006). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad de fresa (*Fragaria vesca*, L.) almacenada en refrigeración. Tesis de Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, México.
- 🍌 Pérez-Gómez M; Ramírez-Orozco L. A. (2010). Efecto del tratamiento por irradiación gamma en los parámetros de calidad de mango ‘*Manila*’ para exportación. Tesis de Ingeniería en Alimentos. FES Cuautitlán, México.
- 🍌 Primo, Y. E. (1997). Química de los alimentos. Síntesis. Madrid. p. 461.
- 🍌 Ramos G. M. L; Bautista B. S; Barrera N. L. L; Bósquez M. E; Alía T. I; Estrada C. M. (2010). Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional. Revista



- mexicana de fitopatología. 45(28):1 Fecha de consulta: 25 de Abril del 2011. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/612/61214206005.pdf>
- 🍌 Rodríguez-Félix A; Rivera-Domínguez M; González-Aguilar G. A. (2005). Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. González-Aguilar G. A. (ed.) editorial Guadalajara, México. pp 447-448
- 🍌 Rodríguez T. A; Morales D; Ramírez M. A. (2000). Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. 21(2):79-82 Fecha de consulta: 14 de Abril del 2011. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/1932/193215024014.pdf>
- 🍌 Rojas Graü M. A. (2006). Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación. Fecha de consulta: 25 de Abril del 2011. Disponible en <http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/8377/Trgmj1de4.pdf?sequence=1>
- 🍌 Rojas-Graü M. A; Avena-Bustillos R. J; Friedman M; Henika P. R; Martín-Belloso O; Pan Z; McHungh T. H. (2007). Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films. Journal of Food Engineering, 81:634-641.
- 🍌 Rojas, C. A. (2008). Estudio sobre tecnologías emergentes para la conservación de frutos y hortalizas: ventajas y beneficios tecnológicos. Tesis de Ingeniería en alimentos. FES Cuautitlán, UNAM, México.
- 🍌 Romojaro F; Riquelme, F; Pretel, M; Martínez G; Serrano M; Martínez C; Lozano P; Segura P; Luna P. (1996). Nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas. Mundi-Prensa. España.
- 🍌 Sáenz C. C. P; Rojas de G. C. (2011). Aprovechamiento de la planta gobernadora (*Larrea tridentata*) para la obtención de un agente activo antimicrobiano frente a *Staphylococcus aureus* con la aplicación en biopelículas de alcohol polivinílico con potencial uso médico en forma de apósitos. Centro de Biotecnología y alimentos. Tecnológico de Monterrey. México
- 🍌 Secretaría de Desarrollo Rural. (2005). Paquete tecnológico para cultivos agrícolas, en el estado de colima. Núm. 003 Fecha de consulta: 19 de Abril del 2012. Disponible en www.secretariadedesarrolloruralcolima.com
- 🍌 Sergent E. (1999). El cultivo del mango (*mangifera indica* L.) Botánica, manejo y comercialización. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela



- 🍌 Sermeño J. M; Rivas A. W; Menjivar R. A. (2005). Guía técnica de las principales plagas artropodas y enfermedades de los frutales. El Salvador. pp. 46-48.
- 🍌 SIAP-SAGARPA. (2011). Fecha de consulta: 25 de Abril del 2012. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/index.php?option=comwrapper&view=wrapper&Itemid=350>
- 🍌 Slinkard, K; Singlenton V.L. (1977). Total phenol analysis; automation and comparison with manual methods, *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55
- 🍌 Ulloa J. A. (2007). Frutas auto estabilizadas en el envase por la tecnología de obstáculos. Universidad Autónoma de Nayarit. México. pp. 53-58.
- 🍌 Valle-Guadarrama S; López-Rivera O; Reyes-Vigil M; Castillo-Merino J; Santos-Moreno A. (2008). Recubrimiento comestible basado en goma arábica y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósfera modificada. *Rev. Chapingo Ser. Hortic* [online]. 14(3):235-241. Fecha de consulta: 25 de Abril del 2012. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sciarttext&pid=S1027152X2008000300002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1027-152X.
- 🍌 Wiley R. C. (1997). Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Acribia. Zaragoza, España. Pp. 66-67
- 🍌 Yahia K; Ornelas J; Ariza R. (2006). El mango. Trillas. México
- 🍌 Zambrano J. M. M; Materano W; Quintero I; Valera A. (2011). Efecto de tres recubrimientos sobre algunos aspectos de calidad en mango ‘Bocado’ durante el almacenamiento. Universidad de Los Andes, Venezuela. 1: 636-645.