

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de Cubiertas Poliméricas en Algunos Parámetros de Calidad y Control
de la Antracnosis en Frutos de Papaya en Postcosecha

Por:

FRANCISCO JAVIER NAVARRETE LÓPEZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de Cubiertas Poliméricas en Algunos Parámetros de Calidad y Control de la
Antracnosis en Frutos de Papaya en Postcosecha

Por

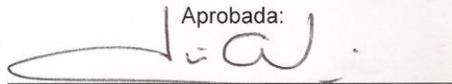
FRANCISCO JAVIER NAVARRETE LÓPEZ

Tesis

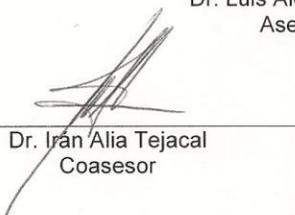
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada:



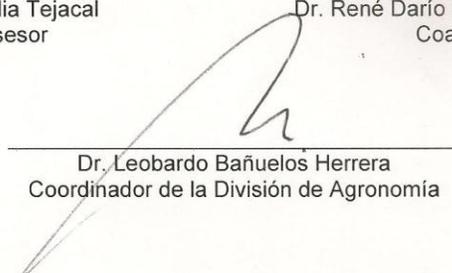
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Asesor Principal



Dr. Iran Alia Tejacal
Coasesor



Dr. René Darío Peralta Rodríguez
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2012

DEDICATORIAS

Nadie es producto de sí mismo, lo acepto; por lo tanto a eso escultores que han hecho de mi ser alguien singular hacia el bien, contribuyendo con su amor, respeto y admiración, a ellos debo gran parte de mi esencia que reflejo... ¡Sí! a ustedes padres. Gracias a eso, este es un pequeño logro más que dedico a ustedes. Anhelando que estas palabras fraternales cobren vida y se anclen en su corazón por siempre.

A mis hermanos que a donde quiera que voy, siempre han y seguirán teniendo ese espacio reservado con un belleza inalcanzable en mi mente y alma. Liliana, Yareth y Jorge.

Peculiarmente al espíritu intangible que ronda por mi existir y trata de levantarme o impulsarme cada vez más, siendo este una gran fortaleza para lograr cosas propuestas. A ese que me hace valorar para crecer como persona.

A aquellos que he elegido en el lapso de esta estancia como universitario y se han adentrado a mi vínculo de amigos más allegado, que juntos nos hemos empapado con una lluvia de muy buenos momentos, risas sin igual, sentimientos encontrados, siendo estos últimos los que te hacen ser vulnerable como persona, pero se puede defender con la confianza que ha existido. Todo esto se encadena para forjar una amistad duradera. Karla, Jalea, Fer, Arnulfo y Euclides.

AGRADECIMIENTOS

A ese Universo tan único; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
Que me encausó a enseñarme desde el perfil técnico y moral, a la cual le he
quedado a deber demasiado.

Agradezco especialmente al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, que aun siendo un reconocido investigador, me ofreció gran parte de su tiempo siempre con gran entusiasmo, para que esta tesis de licenciatura se culminara en tiempo y forma. Gracias a su vasta experiencia en el ramo académico, ha dejado buena huella en mi carrera profesional y al final de todo una amistad sin prejuicios.

A las personas que participaron directamente con gran respeto hacia este proyecto, estando no tan lejos o a varios kilómetros de distancia. Dr. Irán Alia Tejacal, Dr. René Darío Peralta Rodríguez, Dra. Rosalinda Mendoza.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el propósito de alargar la vida de anaquel de las frutas del cultivar Maradol. Los frutos fueron inoculados con *Colletotrichum gloeosporioides* y recubiertas, con poliacetato de vinilo (PVAc), quitosán, cera de candelilla con carnauba y la combinación de estas, con un tratamiento de fungicida (benomilo). A los frutos se les midieron el porcentaje de pérdida de peso (PPP), grado de severidad por la antracnosis, grado de atracción visual, firmeza, sólidos soluble totales (°Brix), carotenoides totales, porcentaje de área dañada, acidez titulable y fenoles. Los datos fueron analizados mediante un diseño de bloques completamente al azar siendo Duncan la prueba de rango múltiple. El PVAc se manifestó como el factor principal para reducir la pérdida de peso y retardar el avance de la antracnosis.

Palabras claves: Postcosecha, papaya, poliacetato de vinilo, polímero.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS.	ii
RESUMEN.	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.	v
ÍNDICE DE CUADROS.	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.	ix
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE.	xii
I. INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVO.	3
OBJETIVOS PARTICULARES.	3
HIPÓTESIS.	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	4
Generalidades del cultivo de la papaya.	4
Importancia económica.	4
Global	4
Nacional.	4
Papaya Maradol.	6
Impacto internacional en el manejo postcosecha.	7
Factores que afectan en postcosecha a la papaya Maradol.	9
Antracnosis .	10
Manejo de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	13
Control hidrotérmico.	13
Control químico (fungicidas).	14
Climaterio de frutos.	15
Cambios fisiológicos y bioquímicos en el fruto.	15
Etileno.	16
ACC oxidasa.	17
Sólidos solubles totales (SST).	18
Firmeza.	18
Carotenoides totales.	19
Respiración.	19
Cera.	20
Candelilla.	20
Carnauba.	21
Generalidades del quitosano.	21
Antecedentes.	21
Uso en postcosecha.	22
Modo de acción.	23
Películas comestibles en postcosecha.	24
Polímeros.	25
Elaboración de los polímeros.	25
Poliacetato de vinilo PVAc.	26
Usos.	2

	7
PVAc como película comestible.	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
Experimento 1.	29
Localización del área de estudio.	29
Origen, características y acondicionamiento del material vegetal.	29
Metodología.	30
Concentrado de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .	30
Cera de candelilla y carnauba.	31
Quitosano.	31
Poliacetato de vinilo (PVAc).	31
Diseño experimental.	33
Variables físicas y químicas.	33
Pérdida de peso.	33
Grado de severidad de infección por antracnosis.	34
Grado de atracción visual.	34
Firmeza.	34
Sólidos solubles totales (°Brix).	34
Carotenoides totales..	35
Experimento 2.	37
Origen, características y acondicionamiento del material vegetal.	37
Metodología.	37
Concentrado de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .	37
Diseño experimental.	38
Variables físicas y químicas.	39
Pérdida de peso.	39
Color.	39
Firmeza.	40
Sólidos solubles totales (°Brix).	40
Acidez titulable.	40
Fenoles.	41
Carotenoides totales.	42
IV. RESULTADOS.	44
Experimento 1.	44
Porcentaje de pérdida de peso (PPP).	44
Grado de severidad de infección por antracnosis.	46
Grado de atractivo visual.	47
Firmeza.	48
Sólidos solubles totales (°Brix).	49
Carotenoides totales.	50
Porcentaje de área dañada.	50
Experimento 2.	52
Porcentaje de pérdida de peso (PPP).	52
Firmeza.	53
Sólidos solubles totales (°Brix).	54
Acidez titulable.	55
Fenoles totales.	56

Carotenoides totales.	57
V. DISCUSIÓN.	58
VI. CONCLUSIONES.	66
VII. LITERATURA CITADA.	67
VIII. APÉNDICE.	78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1.	Producción Internacional de papaya.	5
2.	Clasificación botánica de papaya Maradol.	6
3.	Estimación media de las pérdidas totales en los supermercados de frutas en E. U. A.	8
4.	Tratamientos incluidos en el experimento 1.	30
5.	Tratamientos evaluados en frutos de papaya en el Experimento 2.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Foto de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> penetrando el huésped. Tomada con microscopio electrónico. 7000x, aproximadamente. Fuente: Dr. Eldon Brown, Universidad de Florida, 2002.	12
2.	Biosíntesis del etileno.	17
3.	Fórmula química de la celulosa, quitina y quitosán.	22
4.	Frutos en el proceso de inoculación con <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> Penz.	31
5.	Frutos con los tratamientos ya aplicados y organizados en bloques al azar.	33
6.	Arreglo de un tratamiento en el Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.	6
7.	Tendencias del porcentaje de pérdida de peso del día dos al 16. Los frutos de papaya se inocularon (I) con <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> o recubiertos con la mezcla de cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q), o poliacetato de vinilo (P). Las frutas de un tratamiento no se inocularon (S/I).	45
8.	Grados de severidad al finalizar el experimento en frutos de papaya inoculado (I) con <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q) o poliacetato de vinilo (PVA), en un tratamiento se encontraban frutos sin inocular (S/I).	46
9.	Grado de atractivo visual de los tratamientos evaluados desde el inicio hasta el final de la prueba, en los cuales los frutos fueron inoculados (I) con <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , o recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q) o poliacetato de vinilo (P). En un tratamiento los frutos no se inocularon (S/I).	47
10.	Firmeza de frutos de papaya al último día del experimento en el cual los frutos se inocularon (I) con <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> o recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q) o poliacetato de vinilo (P). Un	49

- tratamiento incluyó frutos sin inocular (S/I).
11. Comportamiento de los sólidos solubles totales (°Brix) al finalizar el experimento en los frutos de papaya inoculados (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* o recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q) o poliacetato de vinilo (P). Un tratamiento incluyó frutos sin inoculación (S/I). 49
 12. Concentración de carotenos al último día del experimento en el cual los frutos se inocularon (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* o se recubrieron con cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q), poliacetato de vinilo (P). Un tratamiento incluyó frutos sin inocular (S/I). 50
 13. Evaluación del porcentaje de área dañada al último día del experimento, donde los tratamientos incluían frutos inoculados (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* o recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q) o poliacetato de vinilo (P). Un tratamiento incluyó frutos sin inocular (S/I). 51
 14. Porcentaje de pérdida de peso en frutos de papaya donde los frutos se inocularon (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* y recubiertos con quitosano (Q), poliacetato de vinilo (P) o fungicida benomilo (FUNG). Un tratamiento incluyó frutos sin lavar (S/L). 52
 15. Firmeza de los frutos conforme avanzaron los días del experimento. La línea indica la firmeza de frutos al iniciar el experimento (INICIO). Los frutos de los tratamientos fueron inoculados (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* o recubiertos con quitosano (Q), poliacetato de vinilo (P), o aplicados con benomilo (FUNG). En un tratamiento los frutos no se lavaron (S/L). 53
 16. Comportamiento de los °Brix en el experimento, se tuvo un muestro inicial (INICIO). Los frutos al inicio fueron inoculados (I) con *Colletotrichum gloeosporioides*, o también recubiertos con quitosano (Q), PVA (P) o aplicados con fungicida comercia benomilo (FUN), en un tratamiento los frutos no se lavaron (S/L). 54
 17. Acidez titulable de los frutos en el experimento, el día 0 del experimento se muestra con una línea (INICIO). Todos los frutos fueron inoculados con el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (I), o recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), poliacetato de vinilo (P), aplicados con 55

- benomilo (FUN), los frutos de un tratamiento no se lavaron (S/L).
- 18.** Fenoles totales de los frutos en el experimento, la línea es el inicio del experimento. Los frutos en los tratamientos se inocularon con *Colletotrichum gloeosporioides* (I), fueron recubiertos con quitosan (Q), poliacetato de vinilo (P), o bien con benomilo (FUN), en un tratamiento los frutos no se lavaron (S/L). 56
- 19.** Carotenos totales de los frutos en el experimento, en el cual todos los frutos fueron inoculados con *Colletotrichum gloeosporioides* (I), también se recubrieron con quitosan (Q), cera (C), PVA (P) y un tratamiento se tuvieron frutos sin lavar (S/L). Se hizo un muestreo inicial (INICIO). 57

ÍNDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Figura		Pág.
1a.	Porcentaje de pérdida de peso, experimento 1.	79
2a.	Análisis de varianza del porcentaje de pérdida de peso al noveno día.	79
3a.	Grado de severidad. 1 es muy superficial y 5 muy profundo.	79
4a.	Análisis de varianza del grado de severidad.	80
5a.	Grado de atracción visual. 1 es muy atractivo y 5 nada atractivo.	80
6a.	Análisis de varianza del atractivo visual.	80
7a.	Firmeza experimento 1.	80
8a.	Análisis de varianza de la firmeza.	81
9a.	Sólidos solubles totales (°Brix).	81
10a.	Carotenoides totales. Experimento 1.	81
11a.	Análisis de varianza de carotenos totales en el experimento 1.	81
12a.	Porcentaje de área dañada.	82
13a.	Porcentaje de pérdida de peso. Experimento 2.	82
14a.	Análisis de varianza. Porcentaje de pérdida de peso al noveno día.	82
15a.	Firmeza. Experimento 2.	82
16a.	Análisis de varianza de firmeza al tercer día.	83
17a.	Sólidos solubles totales (°Brix). Experimento 2.	83
18a.	Análisis de varianza de sólidos solubles totales al noveno día.	83
19a.	Acidez Titulable. Experimento 2.	83

20a.	Análisis de varianza de acidez titulable al noveno día.	83
21a.	Fenoles totales. Experimento 2.	84
22a.	Análisis de varianza de fenoles al noveno día.	84
23a.	Carotenos Totales. Experimento 2.	84
24a.	Análisis de varianza de carotenoides totales al noveno día.	85

INTRODUCCIÓN

La papaya, tiene una importancia económica relevante a nivel global para los países tropicales en vías de desarrollo ya que su exportación permite la entrada de divisas al país de origen (López et al., 2009). La FAO (2010) informa que existe una producción de 11.5 millones de toneladas de papaya en fruta en todo el mundo. Es considerada una de las frutas de mayor valor nutritivo y digestivo, siendo utilizada ampliamente en dietas alimenticias ya que tiene gran aceptación a nivel internacional (Alonso et al., 2006). Estados Unidos y Canadá tienen una creciente demanda de este frutal, siendo México su principal abastecedor, lo que hace que se tenga importancia en las investigaciones en torno al cultivo de esta especie (Vázquez et al., 2008).

Existe demanda de papaya en el mercado internacional, aunque también un problema grave, debido a las pérdidas postcosecha, las cuales dependen del producto agrícola. En los países desarrollados van del 2 al 20% y en subdesarrollados del 5 al 50% (Kader, 2003). Según Díaz (2003) en papaya Maradol se reportan pérdidas postcosecha que van del 28% al 30%. Incluido en esta pérdida se encuentra la causa por antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides*, que se le considera la enfermedad más fuerte en frutas de papaya ya cosechada; este hongo tiene la característica de permanecer quiescente en el fruto, hasta que este empieza a madurar (Sommer et al., 2002).

Para contrarrestar la pérdida de calidad y optimizar las características de los productos alimenticios frescos, se han considerado la utilización de recubrimientos plásticos los cuales seleccionados adecuadamente presentan como características, adecuada permeabilidad para los diferentes gases, ser transparentes, livianos, resistentes, no tóxicos ni reactivos con el fruto (Martínez, 2012).

La cera de candelilla, quitosano e incluyendo el poliacetato de vinilo, se han utilizado para realizar diversos estudios por su versatilidad en el manejo postcosecha. La candelilla *Euphorbia antisyphilitica* Zucc es nativa del desierto chihuahuense de México y del sureste de Estados Unidos de América. La cera es extraída de la misma planta y se le considera una efectiva barrera contra la humedad y altamente permeable al O₂ y el CO₂ (Domínguez, 2003).

El quitosano, deriva de la quitina y se obtiene principalmente de los crustáceos; manejado como película semipermeable en postcosecha, induce cambios fisicoquímicos favorables al fruto ya que se reduce la síntesis de CO₂, etileno y la pérdida de agua. Aplicado de forma correcta, se le han encontrado propiedades fúngicas hacia algunos hongos incluyendo el *Colletotrichum gloeosporioides* (Bautista, 2005).

El poliacetato de vinilo PVAc, se encuentra aprobado por la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos de América para ser aplicado sobre alimentos con un peso molecular mínimo de 2000 Da, lo que se considera su uso sin perjudicar a la salud humana (Hagenmaier y Grohmann, 1999, 2000).

Debido a su bajo costo y a su disponibilidad durante todo el año, las frutas recubiertas con PVA podrían ser una alternativa viable para la conservación en postcosecha (Cortez et al., 2011).

OBJETIVO

Evaluar los efectos de una película comestible basada en PVAc y alcohol polivinílico (PVA) en frutos de papaya (*Carica papaya*) durante postcosecha, en el retraso de la maduración y el impedimento de la propagación de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*).

OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluar los efectos físicos y químicos de las películas comestibles de poliacetato de vinilo comparada con otras como el quitosán y cera de candelilla con carnauba en frutos de papaya en postcosecha.

Conocer los efectos sobre el avance de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) con la aplicación de las películas comestibles de poliacetato de vinilo, quitosán y cera de candelilla con carnauba en papaya en postcosecha.

HIPÓTESIS

La película comestible retarda la maduración en los frutos debido a la baja de liberación de etileno y vapor de agua, y evita la diseminación de esporas de *Colletotrichum gloeosporioides*.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades del cultivo de la papaya

El papayo *Carica papaya* L. es una planta que se adapta bien a climas tropicales y subtropicales. Su origen puede ser del área del Caribe, sur de México, Nicaragua o quizá la parte Noroeste de América del sur, en la franja de los Andes, ya que en esa región se localiza la mayor diversidad de especies del género *Carica* (Ochse et al., 1972)

El papayo pertenece a la familia *Caricaceae* que comprende cuatro géneros: *Calycomorpha* con dos especies con origen en el África Ecuatorial; *Jacaratia* con siete especies de las cuales seis son originarias de la región tropical de América y *J. solmssi* Urb. que ha sido reportada en África, género omonotípico con origen en la parte Central de México y *Carica* que cuenta con 22 especies con origen en la región tropical entre el Sureste de México, Nicaragua y el área del Caribe. De las especies de *Carica*, 11 producen fruta que puede ser consumida en fresco, o por cocción siendo estas: *C. papaya* Linn., *C. candicans* A. Gray, *C. cauliflora* Jacq., *C. goudotiana* Tr. et Planch., *C. monoica* Desf., *C. papaya* Liin., *C. parveflora* (A. D. C.) Solms, *C. pubescens* Lenné et Koch. *C. quercifolia* (St. Hill) Hieron, *C. sphaerocarpha*, García et Hernández, *C. stipulata* Badillo y *C. weberbaveri* Harms (Pospisil F., Hrachova 1984).

Importancia económica

Global

La India es el mayor productor a nivel internacional con 4.2 millones de toneladas (Cuadro 1), siguiendo Brasil con 1.9, mientras que México se posiciona en quinto lugar con 0.6 millones de toneladas (FAO 2010).

La papaya es consumida a nivel mundial y el producto nacional ha tenido buena aceptación en Estados Unidos, Canadá y Japón, gracias a su alto valor nutritivo en vitamina A y C, alto contenido de fibra y folato, que es una vitamina B requerida para la producción de glóbulos rojos. Se considera componente de la dieta alimenticia de buena parte de la población (Juan, 2009).

Cuadro 1. Producción Internacional de papaya.

País	Millones de Toneladas
India	4.2
Brasil	1.9
Nigeria	0.7
Indonesia	0.7
México	0.6
Otros	3.5
Total	11.6

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2010).

Nacional

Este frutal tropical ha tenido un gran impacto en los últimos cinco años ya que en algunas zonas costeras del país se tienen las condiciones climáticas para su producción, considerando que de las variedades comerciales en México en cuanto a superficie sembrada la papaya Maradol concentra el 85.7%, el resto la suman entre la Amarilla, Hawaiana y Roja (Juan, 2009).

En el 2011 la superficie cosechada fue de 14222 ha y una producción anual de 634368 ton, con un rendimiento promedio en el país de 44.6 ton/ha, siendo los estados productores con mas superficie sembrada Veracruz,

Chiapas, Oaxaca y Michoacán. Los estados antes mencionados cubren el 65% de la producción nacional (SIACON 2011).

Papaya Maradol

La variedad que más destaca en la actualidad es la Maradol, siendo el creador el mejorador cubano Adolfo Rodríguez Rivera, la cual desarrolló en diez años. El trabajo se realizó con la línea "coralillo" desarrollada por el mismo Rodríguez Rivera de 1938 a 1949.

Para 1949 introdujo otra línea del oriente de Cuba, lo cual le dió como resultado una fruta con excelente sabor y olor. Después de esto se realizaron una gran cantidad de cruzamientos entre ambas líneas con el objetivo de fijar las principales características de ambas: un mesocarpio de gran espesor. Para clasificación taxonómica ver el Cuadro 2.

En el año de 1956 Rodríguez Rivera logró mediante auto polinización la completa variedad. Dado lo anterior se dio una reducción del tamaño del fruto, alto rendimiento y una buena vida de anaquel. El nombre de Maradol se le dio por el nombre su creador "Adolfo" y su esposa "María" (Sánchez, 2003).

Cuadro 2. Clasificación botánica de papaya Maradol

Reino	Vegetal
Tronco	<i>Cormophyta</i>
División	<i>Antophyta</i>
Subdivisión	<i>Angioesperma</i>
Clase	<i>Dicotiledoneas</i>
Subclase	<i>Chrisopetala</i>
Orden	<i>Parientales</i>
Parietales	<i>Caricaceae</i>
Género	<i>Carica</i>
Especie	<i>Carica Papaya</i>

Fuente: Sánchez O. A. 2003

Características de la planta.

Tiene un crecimiento lento en vivero y campo, presenta 62.7% de plantas hermafroditas y 37.3% de femeninas; la primera flor aparece a los 37 cm de altura, presenta un color crema, el primer fruto comercial cuaja a 49.1 cm y presenta un número de brotes axilares de 19 por planta (Sánchez, 2003).

Características del fruto.

Presenta de uno a dos frutos por racimo floral. En su maduración tiene un color amarillo con chapeo rosado, los frutos que provienen de plantas femeninas tienen un peso que varía de 1.4 a 2.2 kg, la longitud es de 17.2 cm y un diámetro de 14 cm. Los frutos que provienen de plantas hermafroditas tienen un peso aproximado de 1.3 a 2.0 kg, con una longitud de 22.7 y 12 cm de diámetro: son estos últimos los que presentan mayor calidad comercial. La cáscara y la semilla representan el 17.7% del peso del fruto, su consistencia es firme, con una duración de 6 a 12 días a temperatura ambiente (Sánchez, 2003).

Calidad de la fruta.

La pulpa tiene un grosor que va de 3.0 a 3.3 centímetros, siendo ésta de color rosado semi intenso, sólidos solubles totales que van de 8.7 % a 10.4 % (Sánchez, 2003). Santamaría et al. (2009) reporta que la papaya Maradol llega a tener un contenido de sólidos solubles totales entre 10 y 11.5 °Brix.

Producción.

El inicio de la producción es a partir del octavo mes después de plantar en campo y tiene un potencial de producción de 103 toneladas por hectárea, con un 81.9% de fruta comercial, el resto se tiende a perder por frutos deformes o daños por enfermedades (Díaz, 2002).

Cosecha.

En campo, se considera un fruto para cosechar aquel que presente un verde claro y 2 a 3 estrías de color amarillo, aunque existe en México la norma NMX-FF-041-SCFI-2007, donde describe el color externo, la designación de

rayas y porcentajes de color verde, amarillo o naranja, de acuerdo con siete grados de maduración que incluyen a los frutos en madurez fisiológica y en madurez de consumo. Se recomienda consultar esta norma para mas detalles (Santamaría et al., 2009).

Impacto a nivel internacional en el manejo postcosecha

La pérdidas a nivel mundial de productos hortofrutícolas tienen un espectro muy variable ya que pueden ocurrir durante la cosecha o las diferentes etapas de la postcosecha (Cuadro 3). Estas van desde la manipulación al momento del corte, almacenamiento, comercialización hasta la entrega final al consumidor. La calidad nutrimental del producto en fresco no puede ser mejorada después de la cosecha, solo se deberá mantener la calidad máxima que se tiene del producto original, hasta llegar al último punto de venta (Kader, 2003).

Cuadro 3. Estimación media de las pérdidas totales en los supermercados de fruta fresca en E. U. A.

Fruta	2005	2006	Promedio 2005-2006
	Porcentaje		Porcentaje
Papayas	58,7	51,0	54,9
Chabacanos	37,5	32,6	35,1
Melones	20,9	24,6	22,8
Honeydew			
Tangerinas	19,5	21,4	20,4
Peras	19,7	15,4	17,6
Ciruelas	20,7	14,0	17,3
Sandías	18,7	14,9	16,8
Piñas	16,8	12,5	14,6
Mangos	21,2	7,7	14,5
Toronjas	12,9	12,8	12,8

Kiwis	15,7	9,6	12,7
Melones	11,1	13,3	12,2
Cantaloupes			
Duraznos	14,8	9,1	11,9
Naranjas	12,8	10,3	11,6
Fresas	10,0	9,5	9,8
Aguacates	9,7	9,0	9,3
Manzanas	9,5	7,8	8,6
Limas	10,9	5,7	8,3
Plátanos	9,4	6,5	8,0
Uvas	8,1	7,1	7,6
Limonos	8,1	5,9	7,0
Arándanos	7,1	4,8	6,0
agrios			
Arándanos	5,9	4,6	5,2
Cerezas	2,8	4,9	3,9

Fuente: Buzby et al. (2009)

Factores que afectan en postcosecha a la papaya Maradol

Mayormente las frutas y hortalizas sufren por ataques de hongos en postcosecha. Las bacterias son las causantes de enfermedades en las hortalizas, pero es rara su presencia en frutos de árbol y bayas. Antes que los frutos maduren contienen sustancias de naturaleza fenólica, que son tóxicas para hongos de diferentes especies. Cuando se presenta la infección estas están presentes en el fruto y se les da el nombre de inhibidores preformados. Hay otros inhibidores que se forman en respuesta a la infección, y son llamados inhibidores pos infección o fitoalexinas (Sommer et al., 2002).

Santamaría et al. (2009) informa que la humedad relativa óptima de almacenamiento en postcosecha es 75 %. La maduración en temperatura

ambiente se dá entre 2 a 3 días después del corte por lo cual se recomienda que la fruta sea almacenada lo antes posible en cámaras de refrigeración a temperaturas de 11 a 16 °C si no se va a transportar inmediatamente, no siendo menores de 10 °C ya que se provocaría daño por frío, si se desea inducir una maduración en 5 y 9 días se recomiendan temperaturas entre 25 y 35 °C.

Para mover el producto a largas distancia será necesario mediante transporte refrigerado, manejando comúnmente temperaturas entre los 20 y 22 °C (Juan, 2009).

Antracnosis

Del agente causal se tiene registro del estado sexual: *Glomerella cingulata* (Sto-nem.) y su estado asexual: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.). El estado sexual puede no estar presente en algunos cultivos y se diferencia del *gloesporium* por presentar espinas o setas (Barnett y Hunter 1988).

Se describen más de 80 especies de *Glomerella*, pero pocos trabajos acerca de ella han sido reconocidos; en las angiospermas se le reconoce como parásito alrededor de 100 especies. Solo en los cultivos de algodón, maíz y manzanas se le considera de importancia económica (Alexopoulos, et al., 1979).

Colletotrichum gloeosporioides, es considerado como una de las causas de pérdida más fuertes en frutas de papaya ya cosechada y en el cultivo lo ataca en varias partes (Sommer et al., 2002).

Clasificación taxonómica de *C. gloeosporioides* según (Alexopoulos, 1979).

Reino	<i>Mycetae</i>
Division	<i>Amastygomycota</i>

Subdivision	<i>Deuteromycotina</i>
Clase	<i>Melanconiaceae</i>
Género	<i>Colletotrichum</i>
Especie	<i>gloeosporioides</i>

Bailey y Jeger (1992) citan que se reconocieron 900 especies de *Colletotrichum* y alrededor de 600 variaciones de *C. gloeosporioides*.

Las infecciones de gloeosporioides, se presentan cuando el fruto se encuentra verde, pero permanece quiescente, hasta que el fruto madura, es aquí cuando tiene más facilidades de penetrar. Se le puede encontrar al hongo en crecimiento en frutos caídos, hojas senescentes y la materia orgánica en descomposición que esté en el huerto. Los conidios llegan a producirse en acérvulos en una matriz soluble en agua. Estos conidios no pueden ser transportados tan fácilmente por los vientos secos, en cambio las esporas son movidas fácilmente por la lluvia o la misma lluvia llevada por el viento. Cuando llegan a caer en los frutos, los conidios germinan para producir un tubo germinal, el cual formará un apresorio, este mismo apresorio produce una hifa delgada de infección la cual penetrará la cutícula del fruto, entendido que si el fruto está verde será muy difícil su penetración. Es aquí cuando el hongo permanece quiescente hasta el inicio de la maduración del fruto (Sommer et al., 2002).

Daykin y Milholland (1984) mencionan que cuando la fruta está en madurez fisiológica los conidios germinan y a las 24 horas dan lugar a apresorios oscuros.

El tubo germinativo por lo regular llega a medir 20 μm y es este quien da origen al apresorio, es aquí cuando el apresorio se torna con mayor fuerza pues

se melanifica, es así como puede penetrar sin necesidad que haya heridas en el fruto (Ploetz y Prakash, 1997).

Sommer et al., (2002) mencionan que estudiaron a *C. gloeosporioides* en el cultivar de papaya Kapoho, mencionan que sólo en madurez fisiológica, se observó que los conidios germinaron y formaron apresorios; a partir de este una hifa infectiva penetró la cutícula directamente después de los 3 o 4 días de la inoculación, fue entonces cuando se formó una hifa entre la cutícula y la pared de la célula epidérmica (Figura 1). Dado lo anterior, continuó un crecimiento del micelio intra e intercelular, estando las células infectadas se separaron y colapsaron para formar una lesión hundida visible después de los 5 días de inoculación. La cutícula de la fruta se rompe durante la esporulación del hongo.

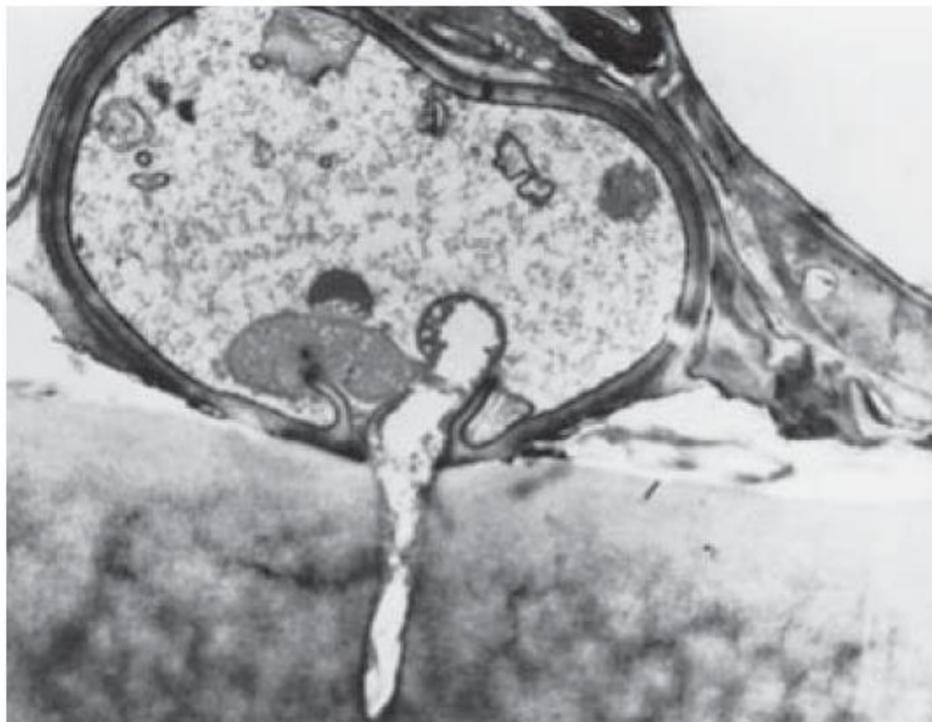


Figura 1. Foto de *Colletotrichum gloeosporioides* penetrando el huésped. Tomada con microscopio electrónico. 7000x, aproximadamente. Fuente: Dr. Eldon Brown, Universidad de Florida, 2002.

En un inicio las lesiones son pequeñas, superficiales, de color café y con una apariencia acuosa, pueden llegar a crecer hasta 2.5 cm o más de diámetro. Estas pueden llegar a unirse y formar una lesión mayor y compuesta. La pulpa invadida por el hongo puede tener sabor amargo, en la superficie, pueden formarse masas de esporas color salmón, algunas veces dando una apariencia blanca. Las lesiones varían de café claro a salmón y finalmente llegan a un color café oscuro o negro (Sommer et al., 2002).

Manejo de *Colletotrichum gloeosporioides*

Para que se dé la germinación de la espora, debe haber una absorción de humedad, la cual conlleva a que haya un hinchamiento de la misma. Dado este hinchamiento hay un riesgo para la vida del hongo, ya que este se vuelve más susceptible a rayos gamma y ultravioleta, temperaturas bajas y altas, ausencia de oxígeno y exposición a productos químicos tóxicos. Con el sólo hecho de manejar las temperaturas en el transporte del producto y el mercadeo se pueden apreciar beneficios considerables para el control de la antracnosis, tal es el caso cuando los frutos son enfriados rápidamente a 13°C, el crecimiento del patógeno es lento. Hay una respuesta favorable cuándo los frutos son madurados inmediatamente a 20°C. En el transporte hay muy poca oportunidad para que el hongo se desarrolle satisfactoriamente. Lo que se deberá evitar son temperaturas entre 15 y 17 °C ya que en este intervalo el hongo puede crecer apreciablemente (Sommer et al., 2002).

Control hidrotérmico

El control hidrotérmico es sencillo de aplicar, es necesaria la inmersión de los frutos en agua caliente, para esto se necesita un sistema de rápida recuperación de calor para que mantenga la temperatura después de la inmersión y un registrador de temperatura para agua y fruto (Armstrong, 1994).

Las infecciones ya se encuentran presentes en el fruto, pero puesto que aun no han causado daño al momento de la cosecha, pueden ser controlados con el tratamiento térmico. Para el caso de las papayas se deberá hacer un precalentamiento por 30 minutos a 42 °C, seguido de un calentamiento de 49° C por 20 minutos (Sommer et al., 2002).

Bautista y Barrera (2001) señalan que para someter a una fruta en postcosecha al control hidrotérmico se deberá considerar el tamaño y grosor de la cutícula, así como su tolerancia al calor.

Control químico (fungicidas)

El abuso de los productos sistémicos para combatir enfermedades, ha provocado que los hongos generen resistencia a estos productos (Bautista y Barrera 2001).

Farungsang y Farungsang (1992) informan de la resistencia de *C. gloeosporioides* al benomilo en frutos de mango, cuando estos se aislaron en cajas petri con medios de cultivo papa dextrosa agar adicionado con el fungicida.

En la actualidad los fungicidas más utilizados en el cultivo del mango para combatir *C. gloeosporioides* son los siguientes: benomilo, captán, carbendazim, ferbam, hidróxido cúprico, oxiclورو de cobre y tiabendazol (Rosenstein, 2002).

Tavares y Souza (2005) Informan que extrajeron cepas de *C. gloeosporioides* en papaya, las cuales fueron evaluadas con diferentes fungicidas. El hipoclorito de sodio y el clorotalonil a una dosis de 10 ppm. inhibieron totalmente la germinación de esporas; a esa misma concentración los ingredientes activos, procloraz, propiconazol y tebuconazol inhiben al 100% el crecimiento del micelio, solo el imazalil a una concentración de 100 ppm pudo tener el mismo efecto. El tiofanato metilico aun en una concentración de 1000 ppm fue deficiente para impedir el crecimiento del micelio.

Climaterio de frutos

El climaterio en los frutos está basado en el patrón de respiración. Los frutos se pueden clasificar en dos grupos: climatéricos, en los cuales la maduración se acompaña de un pico en la respiración y una explosión marcada de etileno; en contraste existen los no climatéricos que aun después de haber sido cosechados los frutos, no existe algún cambio en la respiración y la producción de etileno se mantiene en un nivel muy bajo (Alexander y Grierson 2002).

La papaya al ser un fruto climatérico, el aumento de la producción de etileno es paralela a la tasa de respiración (Paul y Chen 1983).

Cambios fisiológicos y bioquímicos en el fruto

La maduración de las frutas es un proceso complejo, el cual está programado genéticamente para culminar en cambios bruscos en color, textura, el sabor y aroma de la fruta (López et al. 2009).

La maduración de los frutos implica cambios estructurales y descomposición de los hidratos de carbono de la pared celular que provocan el ablandamiento (Othman et al. 2011). Se informa que algunas hidrolasas en la pared celular tienen un incremento cuando se produce la maduración y este aumento va acompañado del ablandamiento del fruto (Thumdee et al. 2010). Se tienen registradas diferentes hidrolasas en este proceso, por ejemplo, LAS poligalaturonas en el tomate y el aguacate como refieren Crookes y Grierson (1983) y Huber y O' Donoghue (1993), respectivamente. Para papaya se tienen β -galactosidasa como la denomina Lazan et al. (1995), y xilanasa (Chen y Paull 2003).

Brummell (2006) indica que la despolimerización de los polisacáridos es un factor importante en la firmeza de las paredes celulares que conlleva al

ablandamiento de la fruta. En frutos suaves como el tomate está síntesis comienza temprano en la maduración (Crookes y Grierson 1983) y es más tardía en frutos como la manzana (Brumell 2006).

Etileno

El etileno es un gas y se considera el hidrocarburo insaturado más simple (dos átomos de carbono con un doble enlace); regula esencialmente todos los procesos fisiológicos durante el ciclo de vida de la planta. Es responsable de la señalización de los cambios en latencia y germinación de semillas, crecimiento de raíces y modulación, brotes y la formación de hojas, flor y el desarrollo del fruto, senescencia y abscisión de diferentes órganos, mecanismos de defensa de plantas y un número más de interacciones con hormonas vegetales (Kępczyński y Kępczyński 1997; Wang et al. 2002; Chaves y Farias 2006) y promueve la disminución del contenido de clorofila (Urbano et al., 2004).

El etileno se encarga de regular la maduración de los frutos mediante, la regulación de la expresión de genes específicos (Barry y Giovannoni, 2007).

La síntesis del etileno en los frutos inicia a partir del aminoácido metionina (MET) (Figura 2), que con acción de la enzima ACC sintasa es convertida a S-adenosilmetionina (SAM) por adición en adenina, mientras que la SAM es convertida a ácido carboxílico 1-amino-ciclo-propano (ACC) (de la Cruz et al., 2010).

Jiang y Fu (2000) Reportan que el fuerte aumento de la producción de etileno en frutos climatéricos, en el inicio de la maduración e induce a cambios bioquímicos y fisiológicos.

La biosíntesis del etileno inicia a partir de S-adenosilmetionina (SAM) e incluye dos pasos claves (Yang y Hoffman, 1984).

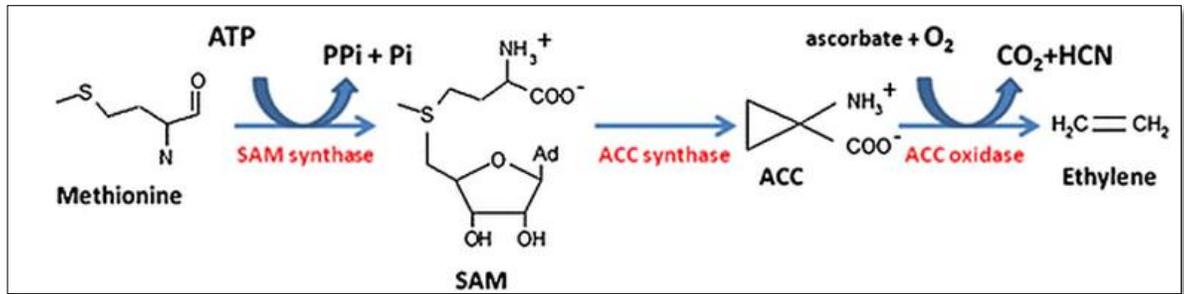


Figura 2. Biosíntesis del etileno.

El 1-metilciclopropano (1-MCP) es un inhibidor del etileno que está siendo utilizado para extender la vida de anaquel de diversas frutas, verduras y en la floricultura (Blankenship y Dole 2003).

Sisler y Serek (1997) indican que el 1-MCP bloquea al etileno al unirse a sus receptores en la célula, impidiendo así que se desencadene la serie de reacciones que conlleva al proceso natural de maduración, como el ablandamiento de tejidos, desintegración de la pared celular, degradación de pigmentos, desdoblamiento de almidones a azúcares solubles.

ACC oxidasa

Chan et al. (1990) mencionan que la enzima ACC oxidasa interfiere en la biosíntesis del etileno. En los frutos preclimáticos, el mensaje de la ACC oxidasa es detectable a niveles muy bajos en la cáscara, pero es detectado aun mas en la pulpa. En la papaya al ser una fruta climatérica, el mensaje es fácil de detectar en la cascara, pero también en la pulpa debido a los altos niveles de ARN de la ACC oxidasa en la misma (López et al., 2004).

Núñez et al. (2006) citan que en el melón tipo Charentais se logró mejor calidad del fruto en postcosecha, a consecuencia de que se redujo la biosíntesis de etileno mediante la inserción de genes ACC oxidasa en orientación anti sentido.

La ACC oxidasa es un miembro de oxigenasas no hemo ferroso-dependiente, la mayoría de los cuales utilizan la 2-oxoglutarato (2OG) como un cosustrato (Mirica y Klinman 2008). Abeles et al. (1992) refieren que la ACC oxidasa se ha asociado con la integridad de membranas celulares.

Sólidos solubles totales (SST)

Nakasone y Paull (1998) señalan que para el mercado de exportación de papayas deberán tener en promedio 11.5 °Brix. menciona también que un °Brix es un gramo de sacarosa en 100 ml de solución.

Santamaría et al. (2009) señalan que el contenido de SST en papaya Maradol se encuentra en 5.8 °Brix, cuando se hizo el corte de los frutos que presentaban color verde claro y una franja de color amarillo, estos al día siguiente mostraron 9.8 °Brix, alcanzando 10 °Brix en la madurez de consumo.

Firmeza

Santamaría et al. (2009) citan que los frutos de papaya Maradol cuando se encuentran verdes presentan una firmeza de pulpa de 150 N, y disminuyen 7 días posteriores a la cosecha a 117 N, entre los días 7 y 11 baja drásticamente a 9.8 N, posteriormente la firmeza sigue disminuyendo hasta alcanzar 6.7 N en la madurez de consumo.

La pérdida rápida de textura en frutos de papaya, después de haber sido cosechados, no ha sido completamente aclarado todavía, sin embargo, diferentes estudios han demostrado que posiblemente se deba a daños en la pared celular y/o membrana (Cartaxo et al., 1997; Dumville y Fry, 2000; Huber et al., 2001; Karakurt y Huber, 2003).

Durante la maduración, las enzimas provocan el aflojamiento y la desintegración de la pared celular (Lashbrook et al., 1997). Estos cambios son provocados por varias hidrolasas como son poligalacturonasas (PG), pectina

metilesterasa (PME), xyloglucanendotransglucosyl y pectato liasas (EC). Procesos no enzimáticos, como son el pH o la fuerza iónica de la solución que rodea la pared de la célula, también se pueden incluir en el ablandamiento (Fishman et al., 1989).

Carotenoides totales

Los carotenoides son pigmentos naturales e imparten colores que van desde amarillo, naranja, hasta el rojo. Se encuentran de forma libre disueltos en la fracción lipídica del tejido vegetal, unidos a carbohidratos, o como ésteres de ácidos grasos (Baud, 1993).

Son considerados con terpenoides con 40 átomos de carbono, los cuales consisten en ocho unidades de isopreno con enlaces conjugados (Robinson, 1991).

Se considera que en la mayoría de los frutos, en el proceso de maduración se sintetizan nuevos pigmentos como carotenoides y otros pigmentos que se fueron formando en el desarrollo del fruto (Aked, 2000; Ferrer et al., 2005).

Respiración

De acuerdo con Kader (2007), la respiración es el proceso metabólico por el cual materiales orgánicos (carbohidratos, proteínas y grasas) son desdoblados en productos terminales simples, con la liberación de energía útil para el desarrollo de diversos procesos bioquímicos. Es en este proceso donde se utiliza oxígeno y se produce bióxido de carbono. El mismo autor cita que es en la respiración donde se da la pérdida de reservas, lo que ocasiona la aceleración de la senescencia, ya que son estas las que mantienen vivo al producto.

En un marco general se puede mencionar que son tres las etapas en las cuales se lleva a cabo la respiración, la primera se da por la hidrólisis de polisacáridos en azúcares simples, la siguiente por la oxidación de azúcares a ácido pirúvico y la tercera por la transformación aeróbica de piruvato y otros ácidos orgánicos en CO₂, agua y energía (Pantastico, 1975).

Existen dos tipos de respiración: la aeróbica y la anaeróbica, las cuales están ligadas a la presencia o ausencia de O₂ en el ambiente, respectivamente. La respiración aeróbica consiste en el rompimiento oxidativo de la reserva orgánica a moléculas más simples, incluyendo CO₂ y agua, con liberación de energía. El proceso consume O₂ en una secuencia de reacciones enzimáticas que toma lugar en la ruta metabólica de la glicolisis ciclo tricarboxílico y sistemas asociados al transporte de electrones. Cuando la concentración de O₂ en el ambiente se instala por debajo de los niveles tolerables de O₂ para determinado producto, se habla de una respiración anaerobia, en la cual se genera una caída de los niveles energéticos, disminuyendo la actividad enzimática y provocando la inducción de procesos de fermentación, que es el único medio para producir energía para continuar con los procesos bioquímicos. (Lee et al., 1991; Fonseca et al., 2002).

Petracek et al. (2002) mencionan del efecto de punto de inducción fermentativa, o efecto Pasteur, que se da cuando en un ambiente determinado la concentración de O₂ circundante llega a los niveles críticos. Dado lo anterior es inducido el cambio de metabolismo, activando así la respiración anaerobia; es en este proceso cuando se da el inicio de la fermentación y las cantidades de etanol tienden a acumularse debido a esa ruta bioquímica.

Cera

Candelilla

La cera de candelilla es extraída de la planta *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. está aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los

Estados Unidos de América (FDA por sus siglas en inglés), como una sustancia natural segura, o GRAS (Generally Recognized as Safe), para su aplicación en la industria alimenticia, debido a esto es ampliamente utilizada en este sector (FDA, 1993).

Se considera que esta cera es una efectiva barrera contra la humedad y altamente permeable al O₂ y el CO₂, lo cual se traduce en la reducción del ritmo del envejecimiento de las frutas (Domínguez et al., 2003).

Carnauba

De acuerdo con Vandenburg y Wilder (1970) la composición de la cera de carnauba es de 0.3-1.0% de hidrocarburos, 28-40% éteres alifáticos, 10-12% alcoholes monovalentes, 12-14% ésteres alifáticos, 5-7% diésteres alifáticos y tripteno 0.4%.

Se utiliza con frecuencia como emulsificante en el agua para encerar manzanas, cítricos, pepinos, plátanos, debido a que inhibe en ciertos grados la deshidratación y ayuda en la defensa contra fungosis y bacteriosis. (Moreno, 2007).

Generalidades del quitosano

Antecedentes

El quitosano se extrae de la quitina, la cual naturalmente lo contienen los crustáceos e insectos y es su principal derivado. En el mundo es el segundo polímero natural más abundante, además de no ser tóxico y biodegradable; se puede utilizar en una amplia gama de aplicaciones tales como la biomedicina, membranas, sistemas de administración de fármacos, hidrogeles, tratamiento de agua, envases de alimentos. Para su extracción es necesario aplicar tratamientos con ácidos para disolver el carbonato de calcio, y para solubilizar las proteínas se deriva un tratamiento alcalino (Figura 3). Se hace una decoloración para obtener un producto incoloro (Honarkar y Barikani, 2009).

Freepons (1991) indica que existen otras fuentes de quitosano, como son los nematodos y la pared celular de algunos hongos.

Siendo la materia prima un medio renovable, queda claro el impulso que tiene la industria y la comunidad científica para sostener estudios actuales acerca del quitosano (Lason-Tsigos et al., 2000).

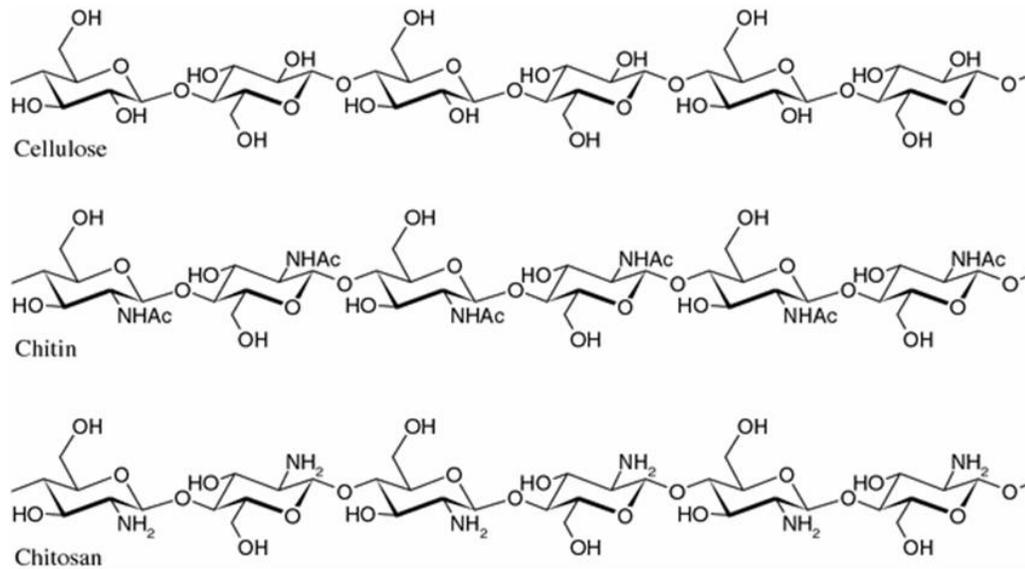


Figura 3. Fórmula química de la celulosa, quitina y quitosán.

Uso en postcosecha

El-Ghaouth et al. (1992) reportan que el quitosán mantiene la calidad de frutas y vegetales, reduce la tasa de respiración, producción de etileno y transpiración. Se le ha estudiado la actividad fungicida in vitro (El Ghaouth et al., 1992) e in vivo (Li y Yu, 2001; Yu et al., 2007).

Hay numerosos estudios que reportan el efecto del quitosán en control de enfermedades postcosecha (Bautista et al., 2005).

El desarrollo del hongo *Botrytis cinerea* en numerosos frutos como el kiwi, manzanas, peras, fresas, grosellas y litchi entre otros fue significativamente

inhibido con aplicaciones de quitosán (Li y Yu, 2001; El-Ghaouth et al., 1991; Zhang y Quantick, 1998).

En algunas ocasiones el biopolimero supera la acción de fungicidas químicos. En zanahorias, fresas y papaya, se reportó que el uso de quitosán superó a compuestos tales como el ipridione y tiabendazol, fungicidas que se utilizan comúnmente para contrarrestar la pudrición acuosa, moho gris y antracnosis (Cheah et al., 1997; El-Ghaouth et al., 1991; Luna et al., 2001).

Bautista et al. (2003) mencionan que dependiendo de la concentración que se utilice, será el efecto fungicida o fungistático que tenga el quitosano sobre el hongo. Mencionan que el crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) aislado de papaya, se inhibió completamente con concentraciones al 2.5 y 3.0% durante 7 días de incubación. Al contrario de la evaluación a 0.5 y 1.5% lo cual el hongo reactivó su crecimiento al segundo y cuarto día, respectivamente. En una concentración superior a 1.5% se redujo la esporulación así como cambios morfológicos en los conidios. El mismo autor menciona que el quitosán tubo un mejor efecto preventivo en papaya, ya que fue mejor la acción que se llevó a cabo antes de la inoculación de *Colletotrichum gloeosporioides*.

El quitosán empleado como película comestible para la conservación de frutos es una alternativa viable en la fase de postcosecha aunado a los métodos de conservación de los productos hortícolas (Hernández-Muñoz et al., 2006). Sin embargo tomando las consideraciones que el quitosán y sus derivados son biopolimeros muy versátiles en la agricultura, su potencial como compuesto antimicrobiano y su modo de acción necesitan ser estudiados a profundidad (Rabea et al., 2003).

Modo de acción

Freepons (1991), Benhamou et al. (1998), Bhaskara Reddy et al. (2000a) citado por Bautista, et al. (2005) mencionan que la actividad del quitosano como

fungicida se relaciona con las siguientes características: 1) concentración utilizada, dependiendo a la dosis aplicada va a intervenir en un alta o baja inhibición del hongo; 2) la naturaleza policationica del quitosano, es una fuente primordial de su actividad antifúngica, ya que la mayoría de los hongos en su pared celular está cargada negativamente 3) al tener el polímero una longitud de cadena considerable, esta tiene más superficie en contacto con el hongo, 4) efecto inhibitorio en la síntesis de enzimas macerantes producidas por los hongos, como la poligalacturonasa, pectin metil esterasa, pectato liasa y celulasa, 5) producción de ciertos compuestos fenólicos como el ácido clorogénico, ácido caféico y ciertas fitolexinas como la risistina; 6) forman barreras estructurales (papilas, lignificación, tilosas) que impiden la penetración del hongo en el hospedero.

El quitosano llega a inhibir una gran diversidad de especies de hongos. Solo que estos mismos algunos lo contienen en sus paredes lo cual limita su actividad fúngica (Roller y Covill, 1999; Allan y Hardwiger, 1979).

Al quitosano se le atribuye, en gran medida, que debido a sus cargas catiónicas, en medio ácido contiene grupos amino libres, los que interactúan con los residuos activos de las macromoléculas de la pared celular del hongo, lo que conlleva a cambiar la permeabilidad de la pared plasmática (Benhamou, 1998).

Películas comestibles en postcosecha

La historia marca que desde los siglos XII y XIII en China se utilizaban ceras para recubrir los cítricos, para retardar la maduración y así prolongar su vida de anaquel (Hardenburg, 1967).

Agregado a lo anterior se tiene naturalmente la maduración y senescencia de los frutos, dada su fisiología, es por eso que una alternativa viable es la aplicación de barreras físicas con recubrimientos en la superficie de los frutos,

para poder regular la permeabilidad al O_2 , CO_2 y H_2O retardando el proceso natural de madurez fisiológica, además de proteger contra las infecciones de insectos y crecimiento de microorganismos (Medellin y Chen. 1982).

Polímeros

Un polímero (macromolécula) tiene un elevado peso molecular. Polímero proviene del griego poly, muchos; meros, parte (muchas partes). De ahí que los polímeros son macromoléculas, cuyo elevado tamaño se alcanza por la unión repetida de pequeñas moléculas denominadas monómeros. La unión se realiza en secuencia, una unidad después de otra, los que forman una cadena, en que cada unidad que se repite forma un eslabón, siendo el número de eslabones o unidades monoméricas el grado de polimerización. Existen homopolímeros y copolímeros, los primeros son compuestos de unidades químicas y estereoquímicamente iguales, al contrario de los copolímeros, que tienen cadenas de unidades repetidas de diferentes monómeros (Madruga, 1995).

Elaboración de los polímeros

De acuerdo con Madruga (1995) los monómeros de bajo peso molecular se pueden utilizar para crear polímeros, mediante reacciones de condensación o reacciones de adición. A estos métodos de síntesis se les denomina polimerización por pasos y en cadena.

a) Polimerización por pasos (policondensación).

Se emplean dos monómeros difuncionales (o un monómero con dos grupos funcionales distintos) para que se obtengan mediante la polimerización pesos moleculares elevados, se deberán cumplir las siguientes funciones:

- 1.- Perfecto balance estequiométrico de los monómeros.
- 2.- Un alto grado de pureza de los monómeros.

3.- La reacción responsable de la polimerización deberá tener un alto rendimiento y no presentar reacciones laterales.

b) Polimerización en cadena (poliadiación)

Los monómeros utilizados contienen un doble enlace carbono-carbono que participa en la reacción. Para este mecanismo se consideran tres etapas.

1.-Iniciación: Una molécula llamada iniciador se descompone térmicamente.

2.-Propagación: Las especies activas generadas añaden otra unidad monomérica.

3.-Terminación: En esta etapa, la cadena en crecimiento termina por reacción con otra cadena en crecimiento.

Existen cinco técnicas diferentes para las reacciones de poliadiación:

1.- Polimerización de adición en masa.

2.- Polimerización en solución.

3.- Polimerización precipitante.

4.- Polimerización en suspensión.

5.- Polimerización por emulsión.

Poliacetato de vinilo PVAc

Es obtenido por la polimerización de los radicales libres del acetato de vinilo, que da como resultado un material de consistencia blanda. (T_g aprox. 28 °C) (Anónimo, 2012).

El poliacetato de vinilo se prepara principalmente mediante la técnica de polimerización en emulsión. Para esta polimerización es necesario: monómeros,

agua, emulsificante e iniciador soluble en agua. El emulsificante se considera también un surfactante o jabón, el cual presenta un grupo hidrofóbico e hidrofílico. Esta técnica también se utiliza para poliacrilatos, policloropreno y copolímeros de estireno (Madruga, 1995).

Usos

Es utilizado ampliamente como adhesivo y en pinturas. Es el ingrediente base para la fabricación de alcohol polivinílico, que tiene muchas aplicaciones como adhesivo, encolante y espesante, por su alta solubilidad en agua (Anónimo, 2012).

PVAc como película comestible

Se considera que los empaques plásticos en general deberán reunir varias características deseables para ser utilizados en la conservación de frutos, como son: adecuada permeabilidad para los diferentes gases, ser transparentes, livianos, resistentes, no tóxicos ni reactivos con los frutos (Martínez, 2012).

A la fecha existen pocos estudios relacionados con la aplicación de PVAc, en postcosecha. Aunque se puede aplicar sin restricción en el área alimenticia, permiso otorgado por la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE.UU.

Es importante regular el intercambio de vapor de agua que los frutos liberan de forma natural como parte de su proceso metabólico, es aquí donde una buena permeabilidad del PVAc, podría ayudar a reducir el proceso de transpiración del fruto. Con una baja permeabilidad al vapor de agua, provocará que dentro del recubrimiento existan humedades relativas del 100%. Se originarán condensaciones que se depositan sobre la superficie del producto, lo que producirá pérdidas de calidad debido a descoloraciones, y el aumento de

podredumbres, por el crecimiento de microorganismos, dadas las condiciones ambientales adversas (Schlimme y Rooney, 1997).

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento 1

Localización del área de estudio

El primer experimento se realizó en el Laboratorio de Postcosecha del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Saltillo, Coahuila, México. Esta evaluación se instaló del 19 de diciembre del 2011 al 9 de enero del 2012, periodo durante el cual se tuvo una temperatura máxima absoluta de 16.9 °C y una temperatura mínima absoluta de 12.9 °C, la HR promedio fue del 41%

Origen, características y acondicionamiento del material vegetal

El material que se utilizó para la evaluación fueron frutos de papaya (*Carica papaya* L.) cv Maradol comercializadas por la marca Frutas Cavi. Las frutas fueron adquiridas en la Central de Abastos de Saltillo, Coahuila y se encontraban en un estado semimaduro, con tres rayas amarillas aproximadamente, simulando el punto de corte del productor en campo. Se seleccionaron frutos oblongos (alargados) ya que son estos los más apreciados por el consumidor, y no los esféricos. Contaban con peso promedio de 1.28 kg, longitud promedio de 20.9 cm y 11.6 cm de diámetro ecuatorial promedio. Tenían buen aspecto visual y no se observaban lesiones por hongos.

El traslado de los frutos al Laboratorio de Postcosecha del Departamento de Horticultura de la UAAAN se realizó el mismo día, en cajas de cartón y cubiertos con papel periódico para protegerlas del impacto. Después de 20 min del recorrido, ya en el laboratorio, los frutos se lavaron con agua potable, excepto aquellos que se tomaron como testigo, para posteriormente dar inicio a la instalación de la fase experimental.

Metodología

La aplicación de los tratamientos se hizo en la secuencia indicada en el Cuadro 4. Después de inocular con *Colletotrichum gloeosporioides* los frutos se dejaron secar por media hora, para aplicar posteriormente el quitosán, la cera o el PVAc, dependiendo el tratamiento. En el intervalo entre cada aplicación se dejó secar también media hora, respectivamente, para evitar que el producto no fuera removido con el que se aplicara posteriormente.

Cuadro 4. Tratamientos incluidos en el experimento 1.

TRATAMIENTO	CARACTERISTICAS
1 (Testigo)	Inoculación
2	Inoculación + Cera
3	Inoculación + Quitosan
4	Inoculación + Polímero
5	Inoculación + Quitosan + Cera
6	Inoculación + Cera + Polímero
7	Inoculación + Quitosan + Polímero
8	Inoculación + Quitosan + Cera + Polímero
9	Sin Inoculación

Concentrado con *Colletotrichum gloeosporioides*

Para obtener la fuente de inóculo se adquirió una papaya madura con lesiones severas de *C. gloeosporioides* de la cual se utilizó la cascara, se licuó con agua en una relación 1:1 y el concentrado se aplicó a todas las papayas (Figura 4) para que uniformemente se contaminaran por el hongo.



Figura 4. Frutos en el proceso de inoculación con *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.

Cera de candelilla y carnauba

La cera utilizada la maneja la empresa Biotec International, la cual a la fecha no se encuentra patentada. De esta se diluyó 5 g en un litro de agua, se aplicó a las papayas sumergiéndolas por 5 segundos en la solución de la cera en un recipiente de 10 l. Después se dejó a la intemperie media hora para que se seque.

Quitosán

El quitosano empleado fue de la marca comercial Aldrich, al cual tenía un peso molecular 161. Este producto se diluyó en a una concentración de 12000 ppm, la aplicación se hizo con una brocha de 3.81 cm uniformemente por toda la fruta con el tiempo anteriormente mencionado para el secado.

Poliacetato de vinilo (PVAc)

El poliacetato de vinilo fue proporcionado por el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) ubicado en Saltillo, Coahuila.

Preparación de látex de PVAc - PVA. Se siguió la metodología desarrollada por Alvarado (2011). Brevemente, se elabora una solución micelar en un reactor de 500 mL añadiendo 332 mL de agua destilada y filtrada, 0.8 g de persulfato de potasio (KPS) o de amonio, 1.1 g de dodecil sulfato de sodio (SDS) y 25.4 g de alcohol polivinílico (PVA, BP-24). Se agita mecánicamente durante 30 minutos a 300 rpm y con circulación de agua a 25 °C por la chaqueta del reactor. Una vez disuelto el PVA, se desgasifica la solución pasando argón de ultra alta pureza durante 90 min. Por separado, se desgasifica una solución de acetato de vinilo (50 g) y de éter etílico (6 mL). Este último actúa como agente de transferencia de cadena con el fin de disminuir el peso molecular del PVAc. La desgasificación se realiza para eliminar el oxígeno y que no inhiba la reacción de polimerización. Ya desgasificadas la solución micelar y la solución de VAc y éter etílico, esta última se adiciona al reactor a un flujo de 0.249 mL/min, durante cuatro horas, manteniendo la temperatura de la reacción en 60 °C, agitación de 400 rpm y flujo de argón en la mezcla de reacción. Terminada la adición, el sistema se mantiene durante dos horas más para agotar el monómero.

Una vez terminada la reacción, se caracteriza el látex así obtenido mediante la determinación del diámetro promedio de las partículas (dispersión de luz). El látex se guarda en un frasco limpio y seco hasta requerirse para su uso en el recubrimiento de los frutos.

El PVA utilizado tiene peso molecular entre 118,000 y 124,000 Da, reportado por el proveedor (Chang Chun Petrochemicals, Ltd., Taipei, Taiwan) con un grado de hidrólisis entre 86 y 89 %. El látex obtenido tiene un contenido de PVAc de 10.51 % (en peso), aproximadamente. Se tuvieron diámetros promedio entre 6.7 y 9.3 micrómetros en las partículas del látex. En un experimento separado, siguiendo el mismo procedimiento de polimerización pero sin usar PVA, se obtuvo un PVAc con masas molares promedio número

(Mn) y peso (Mw) de Mn = 59000 y Mw = 187000 Da y diámetro promedio de partícula entre 38 y 49 nm.

La aplicación se hizo directamente en el fruto longitudinalmente, con una brocha de 3.5 cm deslizándola desde la parte basal a la apical del fruto.

Diseño experimental

La unidad experimental era un fruto, los tratamientos consistían en cuatro repeticiones de un fruto cada una. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (Figura 5). Los datos de las respectivas variables se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) siendo Duncan ($\alpha=0.05$) la prueba de rango múltiple, el paquete estadístico utilizado fue el programa Statistical Analysis System (SAS).



Figura 5. Frutos con los tratamientos ya aplicados y organizados en bloques al azar.

Variables físicas y químicas

Pérdida de peso

La medición se hacía cada dos días hasta la última evaluación a los 15 días, se tomaba el peso de todos los frutos en total 36 frutos. Para calcular el porcentaje de pérdida de peso (PPP) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ PP} = ((\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / (\text{Peso inicial})) * 100 \quad (1)$$

Grado de severidad de infección por antracnosis

Se estableció una escala del grado de severidad en la cual la antracnosis había afectado a los frutos al finalizar el experimento. Para ello se estableció que el valor de 5 correspondía a los frutos que tenían daños severos, lesiones profundas y muy avanzadas causados por *C. gloeosporioides*, y un valor de 1 cuando el daño era mínimo.

Grado de atracción visual

Se estableció una escala en base a la percepción exterior que se tuviera del fruto, la escala fue 1 muy atractivo y 5 nada atractivo. Para ello se contó con un panel de cinco personas quienes otorgaron su dictamen según la evaluación mencionada.

Firmeza

Se tomaron las muestras con un penetrómetro en tres puntos diferentes de la fruta y con estos se calculó un promedio en Kg/cm². Solo se realizó una sola medición al final del experimento.

Sólidos solubles totales (° Brix)

La pulpa de la fruta se cortó y se hicieron cubos pequeños, de la cual se obtuvo una muestra representativa. Ejerciendo presión se extrajo una gota de jugo la cual se colocó en el refractómetro previamente calibrado, se cerró la tapa y se tomaba la lectura a través de la mirilla. Solo se realizó un muestreo

que fue al final de la prueba después de los 15 días de dar inicio con el experimento.

Carotenoides totales

Se hizo una sola medición por fruto, después de los quince días, para obtener los carotenoides totales.

1.- Se pesaron 10 g de pulpa por papaya y se cortó finamente y se colocaron en un vaso de precipitados de 250 ml.

2.- Se le agregó acetona hasta cubrir la muestra, se tapó con papel aluminio y se dejó reposar por 24 horas en refrigeración.

3.- Después de las 24 horas, se transfirió a un mortero y se trituró; el líquido resultante se transfirió a través de una gasa en un embudo de separación.

4.- Se lavó la muestra con 20 ml de acetona cuatro veces más y se recupero el líquido en el embudo de separación, filtrando a través de gasas.

6.- Se adicionaron 20 ml de éter de petróleo y se mezcló en el embudo suavemente, se agregaron 100 ml de agua destilada, se procedió a mezclar.

7.- Al separarse las dos capas se desechó la capa inferior y se conservó el extracto con carotenoides.

8.- Se repitieron los pasos 6 y 7 dos veces más.

9.- Se le agregó al extracto de carotenoides 50 ml de agua destilada, se mezcló y desechó la capa inferior.

10.- Se repitió el paso anterior dos veces más.

11.- Se adicionaron 10 ml de NaOH al 40%.

12.- Se lavó, con porciones de 50 ml de agua destilada hasta eliminar completamente el NaOH al 40%, utilizando como indicador fenolftaleína.

13.- Después de le agregó 20 ml de sulfato de sodio al 10%, se mezcló suavemente y se desecó la capa inferior.

14.- Repitiéndose el paso anterior dos veces.

15.- Se procedió a pasar el caroteno a través de la gasa y sulfato de sodio anhidro, recuperando el líquido en una probeta de 100 ml y anotando el volumen.

16.- Al final se tomó un volumen aproximado de 10 ml de la muestra en la celdilla para espectrofotómetro y leer la absorbancia de 454 nm, utilizando como blanco éter de petróleo.

17.- Calcular el contenido de carotenoides totales mediante la siguiente fórmula.

$$\mu\text{g}/100\text{g} = \frac{A_{454} * 3.857 * V * 100}{P} \quad (2)$$

En donde,

V= Volumen

P= Peso de la muestra

Experimento 2

La segunda evaluación se realizó en el Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), del 10 junio al 3 de julio del 2012. En el laboratorio se presentó una temperatura máxima absoluta de 28 °C y una mínima absoluta de 21°C, el promedio respectivo de HR fue 61 %.

Origen, características y acondicionamiento del material vegetal

Los frutos de la segunda prueba presentaban un promedio de 782 g y eran de la misma variedad y características de los evaluados en el experimento 1. Estos fueron adquiridos en la Central de Abastos de la ciudad de Cuautla, Morelos y el material provenía de un huerto agrícola del propio Estado. El traslado se hizo de igual manera que en el Experimento 1. Después de 2 horas de traslado se procedió al lavado con agua potable excepto los del testigo que no fueron lavados. Concluido lo anterior se dio inicio a la instalación de la fase experimental.

Metodología

La aplicación de los tratamientos se tomó de manera similar que en el Experimento 1, dejando media hora de intervalo para que secan las frutas entre aplicación de los polímeros.

Concentrado con *Colletotrichum gloeosporioides*

La inoculación se siguió de igual forma que en el procedimiento realizado en el Experimento 1. Se dejó secar media hora después de la aplicación. Los recubrimientos se siguieron en la secuencia como se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Tratamientos evaluados en frutos de papaya en el Experimento 2

TRATAMIENTO	CARACTERÍSTICAS
1 (Testigo)	Inoculación
2	Quitosano + Polímero
3	Polímero
4	Fungicida Promyl (benomilo 50%)

El quitosano que se usó fue proporcionado por el propio Laboratorio de Producción Agrícola de la UAEM. Se diluyó 1 g/1ml de ácido acético en 100 ml de agua. La aplicación se hizo de igual forma que en la UAAAN. Se aplicó el mismo PVA que el Experimento 1. El fungicida que se aplicó fue el Promyl, el cual contiene 50% ingrediente activo benomilo, a una concentración de 1cc/l. Los frutos del tratamiento respectivo fueron sumergidos en un recipiente que contenía una solución total de 20 l.

Diseño experimental

Los tratamientos (Figura 6) consistían en 17 frutos, siendo cada uno la unidad experimental (UE), cinco se tomaron para hacer las pruebas no destructivas en las cuales se realizaron las evaluaciones de peso y color. Se emplearon 12 frutos para las pruebas destructivas, las cuales se realizaron cada tres días en tres frutos. Estas consistieron en medir firmeza, °Brix, acidez titulable, fenoles y carotenos. Los datos de las respectivas variables se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) siendo Duncan ($\alpha=0.05$) la prueba de rango múltiple, el paquete estadístico utilizado fue el programa Statistical Analysis System (SAS).



Figura 6. Arreglo de un tratamiento en el Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Variables físicas y químicas

Pérdida de peso

El peso de los frutos fue medido diariamente empezando del día 0 al 9, con estos valores se calculó el porcentaje de pérdida de peso usando la Ec. (1).

Color

La medición de color se realizó diariamente utilizando un espectrofotómetro marca X-rite SP60 Series, se tomaban cuatro muestras por fruto en puntos previamente señalados con marcador permanente. El espectrofotómetro arrojaba un promedio y era el que se consideraba como resultado de la medición.

Firmeza

De los frutos destinados para las pruebas destructivas se tomaron tres por tratamiento cada tercer día hasta el día nueve. Para esta prueba se utilizó un texturometro marca Chatillon DFE Serie digital. Se hicieron cuatro perforaciones por fruto en diferentes puntos de la cutícula de los cuales se sacaba un promedio de firmeza. La medición se tomó en Newton (N).

Sólidos solubles totales (° Brix)

Después de haber tomado el parámetro de firmeza se procedía a tomar una rebanada de la fruta la cual se hacía en trozos de 1 cm³ aproximadamente de los cuales se pesaban 20 g se le añadían 100 ml de agua destilada después se licuaba y de ese extracto se tomaba la muestra en un refractómetro marca ATAGO Pocket PAL-1.

Acidez titulable

Del concentrado que se preparó para los SST se tomaron 50 ml a los cuales se le añadían 3 gotas de fenolftaleína como indicador en un vaso de precipitados. Se introducía un magneto y se colocaba en un agitador magnético, al vaso se le iban agregando gotas de NaOH al 0.1 N con una bureta Marca Brand, burette digital hasta que la muestra tornaba un color violeta. Con los mililitros gastados de NaOH se empleaba la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez} = \frac{(\text{ml NaOH})(0.1 \text{ N})(\text{Vol. total de muestra})(\text{peso equivalente ac. citrico})(100)}{(\text{Vol. de muestra})(\text{peso muestra})(1000)} \quad (3)$$

Donde en este experimento en particular:

Vol. total de muestra= 120 ml.

Peso equivalente ac. citrico= 64

Vol. de muestra= 50 ml.

Peso muestra= 20 g.

Fenoles

De los cubos de 1 cm³ de pulpa de las frutas utilizados para los SST se pesaron y se destinaron 10 g para fenoles, los cuales se colocaron en una bolsa de plástico, para después colocarlos en un congelador y procesarlos

El procedimiento para la identificación de fenoles fue el siguiente:

1.- Se retiraban las bolsas del congelador previamente identificadas de las cuales por cada bolsa se pesaba 1 g de pulpa. Los pesos fueron medidos en una balanza con error de ± 1 mg.

2.- Un gramo de pulpa se colocaba en tubos de captura de material de plástico con una capacidad para 50 ml.

3.- En el tubo se le agregaban 15 ml de metanol.

4.- Se homogeneizaba con un Ultra Turrax marca IKA WERKER.

5.- El extracto se pasaba por papel filtro en un embudo pequeño para que la muestra se recuperara en un vaso de precipitados.

6.- En tubos de ensaye se colocaban 16 ml de agua destilada por muestra y por separado un tubo para el blanco, al cual se le agregaban 17 ml de agua destilada.

7.- A los tubos se le agregaban 1000 μ l (1ml de muestra excepto el blanco).

8.- A todas las muestras incluyendo también a el blanco, se le agregaban 1 ml de Folin 1:10.

9.- A todas las muestras junto con el blanco se le agregaban 2 ml de carbonato de sodio Na_2CO_3 al 20%.

10.- Se agitaban en un Vortex.

11.- Se colocaban en oscuridad absoluta las muestras durante 2 horas.

12.- Se tomaban las lecturas de absorvancia a 760 nm en un espectrofotómetro marca GENESYS 6 - thermo espectral.

13.- Por ultimo la lectura se despejaba en la siguiente fórmula, para obtener μg de fenoles/ ml de muestra tomada del filtrado.

$$X = \frac{y - 0.0043}{0.0035} \quad (3)$$

Carotenoides totales

Al igual que para los fenoles se tomó la muestra de la pulpa congelada y se siguieron los pasos como se indican a continuación:

1.- Se pesó 1 g de pulpa en la balanza de precisión.

2.- Un gramo de pulpa se colocaba en tubos de captura de material de plástico con capacidad para 50 ml a los cuales se le agregaron 15 ml de acetona.

3.- Se procedió a homogeneizar y a continuación se filtró cayendo el contenido en un vaso de precipitados

4.- El contenido del vaso se pasó a un embudo de filtración, al cual se le agregaron 30 ml de hexano.

5.- Se mezclaba suavemente y se abría la llave del embudo para que saliera el gas generado al mezclar.

6.- Se lavaba el contenido del embudo con agua destilada. Se repetía el lavado cuantas veces fuera necesario hasta que al momento de decantar el agua destilada no expidiera olores a acetona.

7.- Para pasar los carotenoides del embudo a una probeta se colocaba un embudo sobre la probeta con un papel y sobre del mismo 3 g de sulfato de sodio.

8.- Se medían los carotenoides en la probeta.

9.- Se corrían las muestras en el espectrofotómetro a 452 nm. El blanco en este caso era solo hexano.

10.- Se procedía a despejar en la siguiente fórmula:

$$\text{Carotenoides totales } \mu\text{g} = \frac{A * \text{Volumen} * 10^4}{A^{1\%} * \text{Peso de la muestra}} \quad (4)$$

Donde:

A= Absorbancia

Volumen= Volumen total del extracto ml

A1%= 2505 (Coeficiente de absorción

RESULTADOS

Experimento 1

Porcentaje de Pérdida de Peso (PPP)

Los frutos de papaya perdieron peso conforme al tiempo en postcosecha (Figura 7). En frutos del tratamiento testigos sin recubierta alguna, se registró la mayor pérdida de peso al finalizar el experimento (-23.5 %); esta diferencia no resultó significativa con los frutos que fueron inoculados y recubiertos con cera o que también estuvieran cubiertos con quitosano y los frutos que no se inocularon.

Sin embargo, los frutos recubiertos solo con el PVAc mostraron la menor pérdida de peso al finalizar el estudio (-15.7 %), siendo la diferencia significativa comparada con los tratamientos testigo. Similarmente, los frutos que fueron cubiertos con PVAc mas la cera, el quitosano, o la combinación de las tres, mostraron resultados parecidos a cuando se aplicó solo PVAc (Figura 7). Cuando los frutos contenían cubiertas a base de cera, o quitosán o la combinación de ambos, pero sin el PVAc, la pérdida de peso fue similar a la de los frutos testigo sin cubierta.

Los resultados descritos comienzan a detectarse desde el cuarto día después del inicio del experimento, en el cual ya se observaron diferencias significativas. El peso continuó disminuyendo conforme avanzaron los días en postcosecha hasta el día 14; después del día 14, la pérdida de peso se mantuvo pero fue menos marcada (Figura 7).

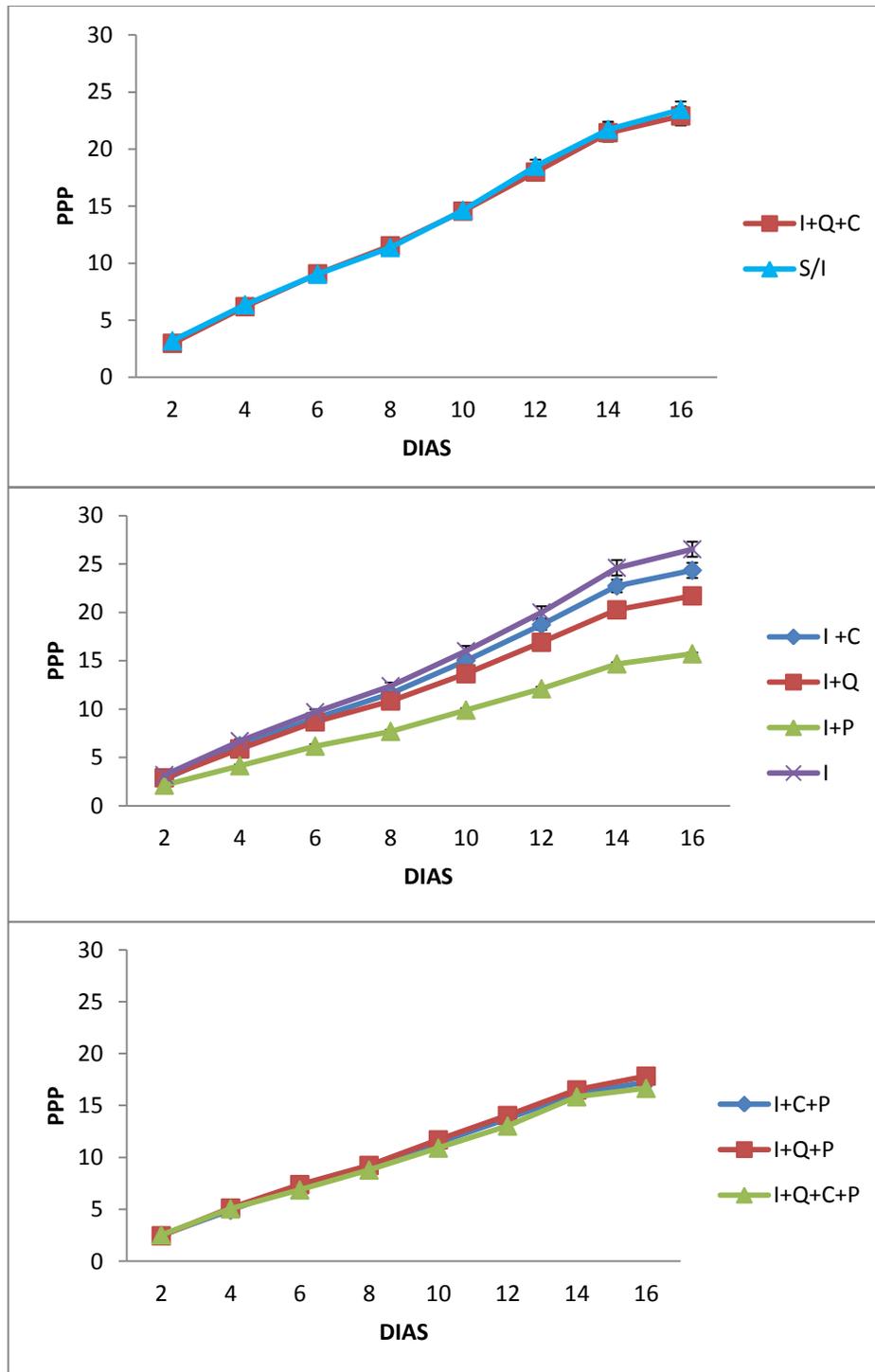


Figura 7. Tendencias del porcentaje de pérdida de peso del día dos al 16. Los frutos de papaya se inocularon (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* o recubiertos con la mezcla de cera de candelilla y carnauba (C), quitosán (Q), o poliacetato de vinilo (P). Las frutas de un tratamiento no se inocularon (S/I).

Grado de severidad de infección por antracnosis

Al finalizar el experimento se valoró el grado de severidad del daño ocasionado por el ataque de *Colletotrichum gloeosporioides* en los frutos de papaya, detectándose diferencias significativas entre tratamientos. Los frutos más afectados fueron del tratamiento testigo, ya sea inoculados o los que no se inocularon, así como los frutos inoculados más recubrimiento de quitosán y cera (Figura 8). Los frutos que mostraron menor grado de severidad de antracnosis fueron los que se inocularon y se recubrieron con quitosán y PVAc así como aquellos en donde el PVAc se encontraba presente recubriendo a los frutos, ya sea solo o en la combinación con cera, o bien la suma de los tres recubrimientos (Figura 8).

Cuando los frutos estaban inoculados y sólo recubiertos con cera o quitosán presentaron un grado de severidad alto, similar al de los frutos no recubiertos y ya sea inoculados o sin inocular (Figura 8).

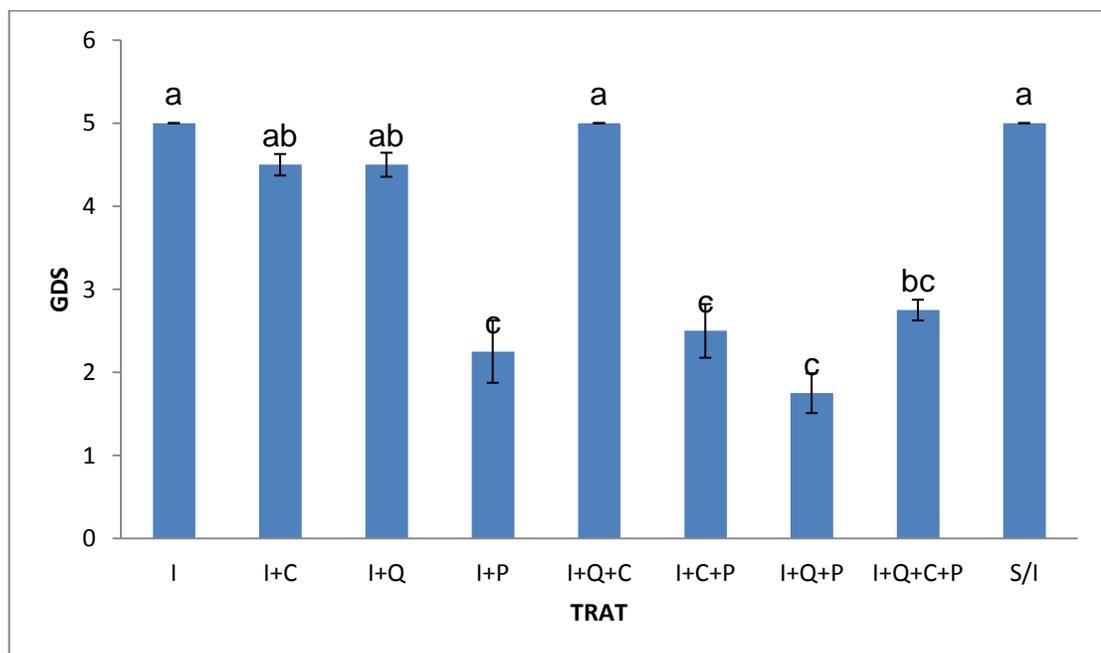


Figura 8. Grados de severidad al finalizar el experimento en frutos de papaya inoculado (I) con *Colletotrichum gloeosporioides*, recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), quitosan (Q) o poliacetato de vinilo (quitosán), en un tratamiento se encontraban frutos sin inocular (S/I).

Grado de atractivo visual

Las frutas que resultaron con mayor atractivo visual al finalizar el estudio, fueron aquellos que se recubrieron con quitosán y PVAc, aunque se presentaron frutas de tratamientos que fueron nada atractivos, los cuales fueron las frutas del testigo inoculado, inoculadas y recubiertas con cera y que fueron inoculadas más recubiertas con quitosán y cera (Figura 9).

Las frutas que fueron cubiertas con PVAc ya sea solo o con cualquier otro de los recubrimientos, cera y/o quitosan, fueron similares entre ellos ya que no compartieron diferencia significativa (Figura 9). Pero estos si marcaron una diferencia significativa, con respecto a los que tuvieron menor grado de atracción (Figura 9).

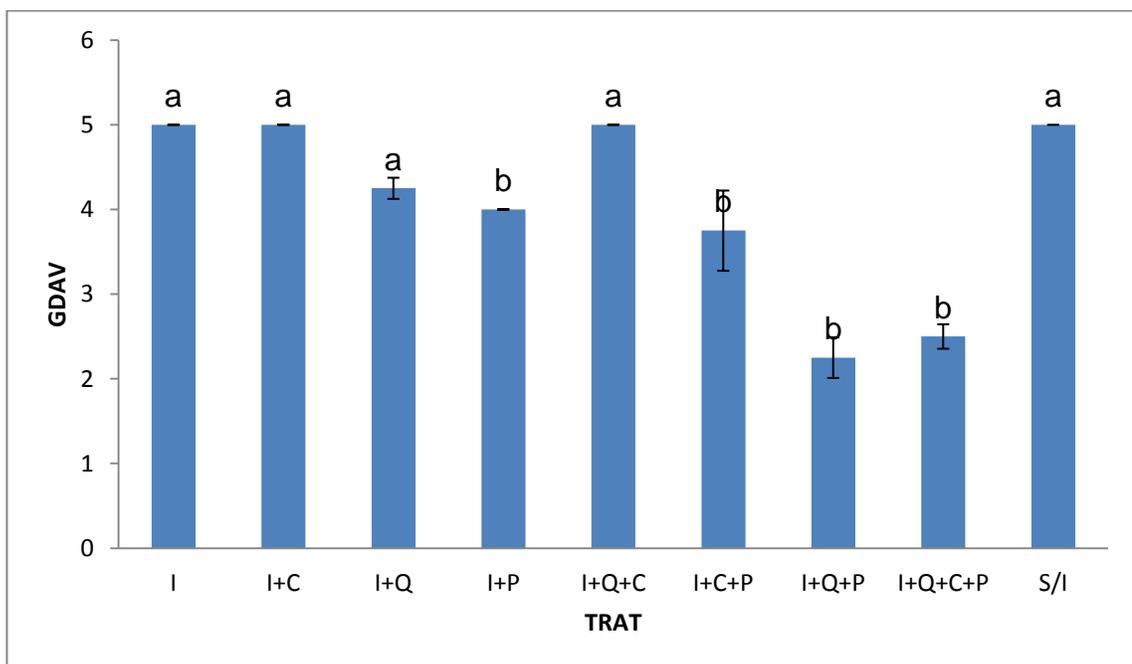


Figura 9. Grado de atractivo visual de los tratamientos evaluados desde el inicio hasta el final de la prueba, en los cuales los frutos fueron inoculados (I) con *Colletotrichum gloeosporioides*, o recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q) o poliacetato de vinilo (P). En un tratamiento los frutos no se inocularon (S/I).

Firmeza

Al finalizar el estudio se observó una mayor firmeza en frutos inoculados y cubiertos con cera y PVAc (Figura 10), con una tendencia similar en frutos a los cuales se les aplicó PVAc con sus combinaciones respectivas de quitosano y cera. Los frutos con inoculación y cubiertos con quitosano se consideraron iguales ya que entre ellos no hubo diferencia significativa (Figura 10).

En contraste estuvieron los frutos con la inoculación más la cera ya que fue en la que se determinó el promedio más bajo. Se registró una igualdad entre tratamientos siendo estos el testigo que solo fue inoculado, o en su defecto el que no se inoculó, ya que no hubo diferencia significativa entre ellos (Figura 10).

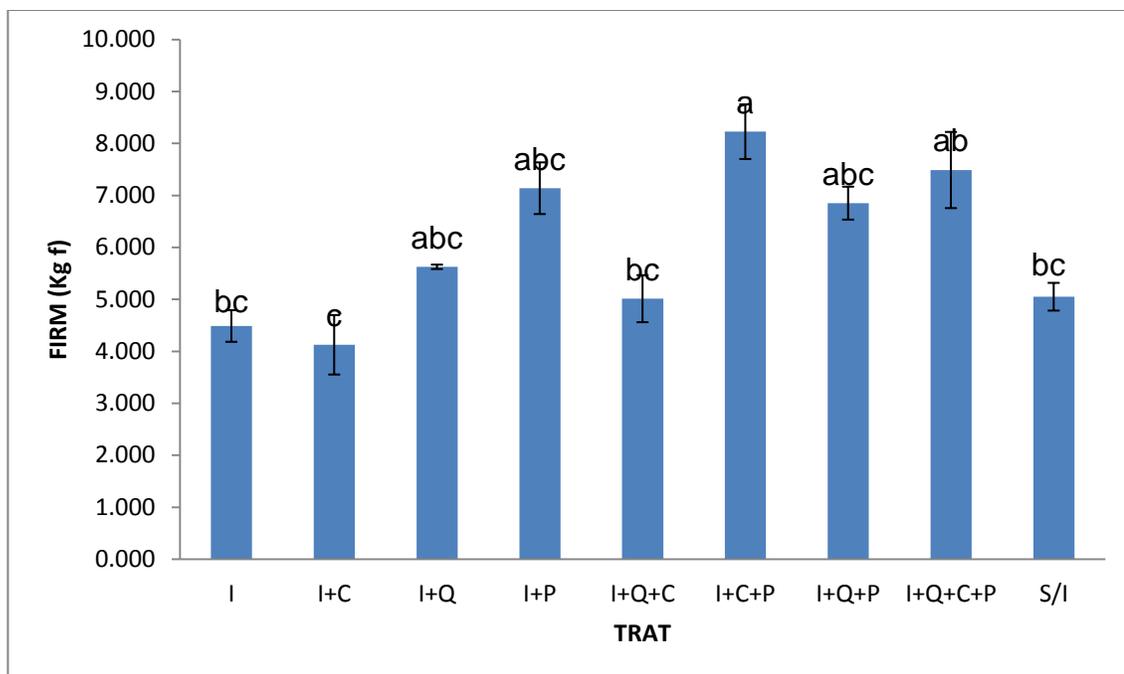


Figura 10. Firmeza de frutos de papaya al último día del experimento en el cual los frutos se inocularon (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* o recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), quitosán (Q) o poliacetato de vinilo (P). Un tratamiento incluyó frutos sin inoculara (S/I).

Sólidos solubles totales (°Brix)

Los frutos inoculados y con las recubiertas de quitosán y PVAc presentaron 8.2 °Brix en tanto que los frutos inoculados y solo recubiertos con quitosán, presentaron el contenido de °Brix mas bajo (Figura 11). Entre estos tratamientos no hubo diferencia significativa, por lo tanto el resto de los tratamientos, incluyendo los testigos, se comportaron de manera similar.

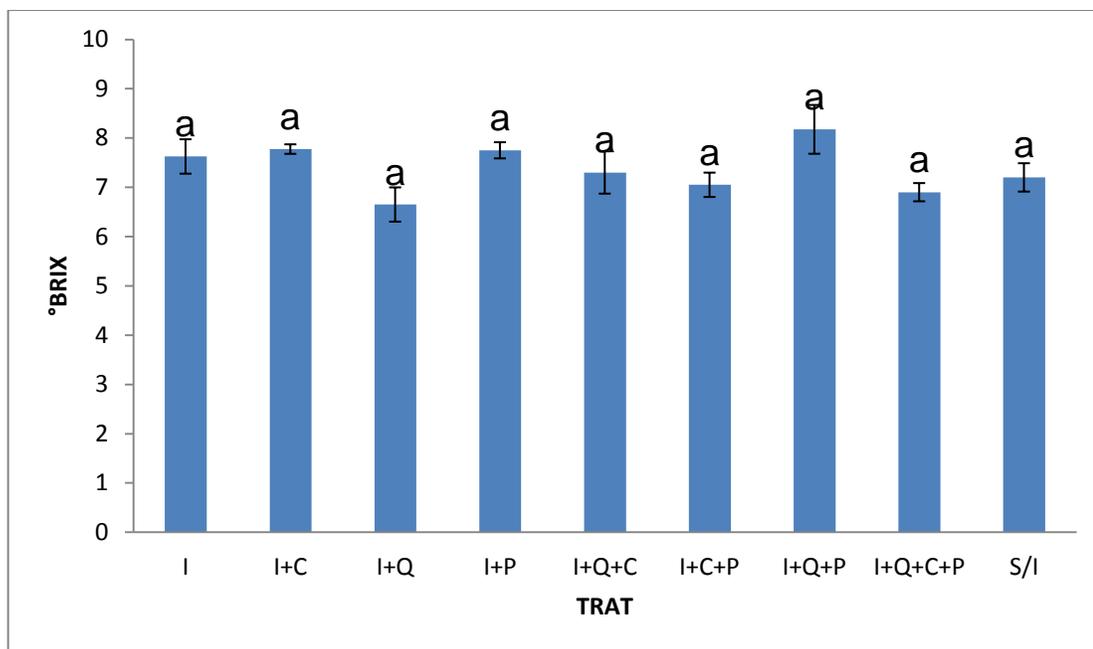


Figura 11. Comportamiento de los sólidos solubles totales (°Brix) al finalizar el experimento en los frutos de papaya inoculados (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* o recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q) o poliacetato de vinilo (P). Un tratamiento incluyó frutos sin inoculación (S/I).

Carotenoides totales

Las frutas que tuvieron la mayor cantidad de carotenoides totales fueron las que recibieron el tratamiento con inoculación y se recubrieron con quitosano; sin embargo a los frutos de los tratamientos que se inocularon y se les aplicaron todos los recubrimientos (quitosano, cera y PVAc) presentaron el más bajo contenido de este pigmento (Figura 12); Sin embargo, entre tratamientos no se detectó diferencia significativa (Figura 12).

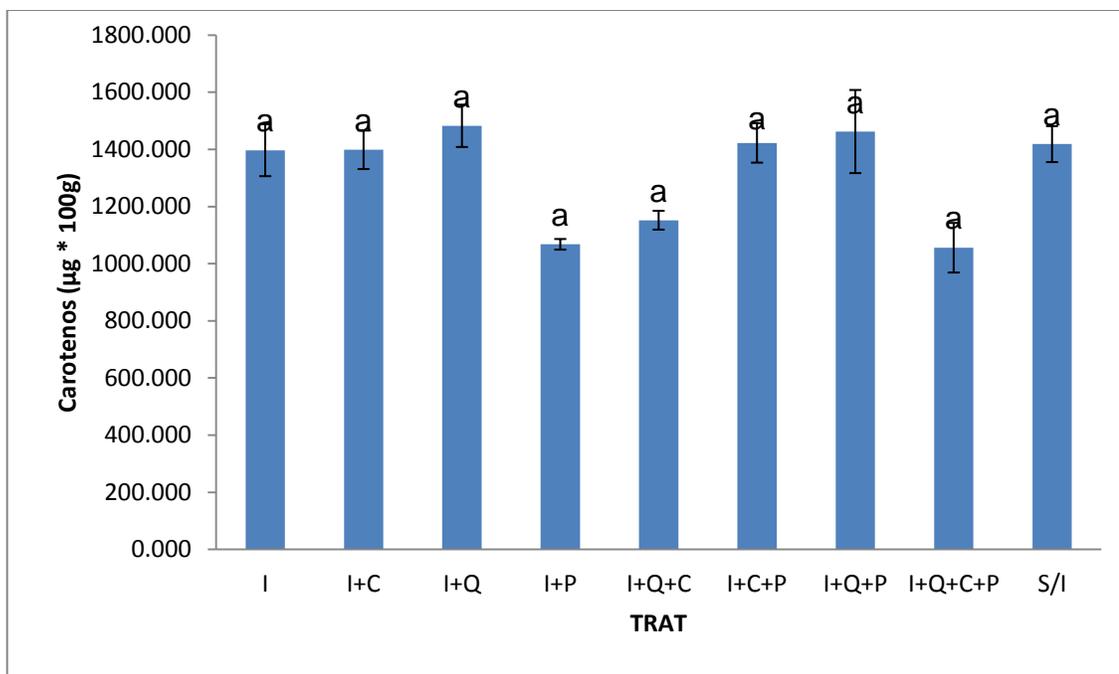


Figura 12. Concentración de carotenos al último día del experimento en el cual los frutos se inocularon (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* o se recubrieron con cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q), poliacetato de vinilo (P). Un tratamiento incluyó frutos sin inocular (S/I).

Porcentaje de área dañada

Los frutos sin inocular presentaron 100 % del área externa dañada por *Colletotrichum* en tanto que los frutos inoculados y solo recubiertos con PVAc tuvieron el menor porcentaje de área dañada (10 %), detectando entre ellos diferencia significativa (Figura 13). Aunque dos tratamientos más, se comportaron similarmente con el que tuvo menos porcentaje de área dañada; siendo uno de ellos el que se inoculó, recubriéndolo también con cera y PVAc, y frutos que fueron inoculados mas quitosán (Figura 13). Cabe destacar que los otros cinco tratamientos evaluados, se comportaron en un término medio de daño (Figura 13), ya que entre ellos no hubo diferencia significativa, pero sí tuvieron diferencia significativa, con respecto a los tratamientos que tenían menor y mayor porcentaje de área dañada.

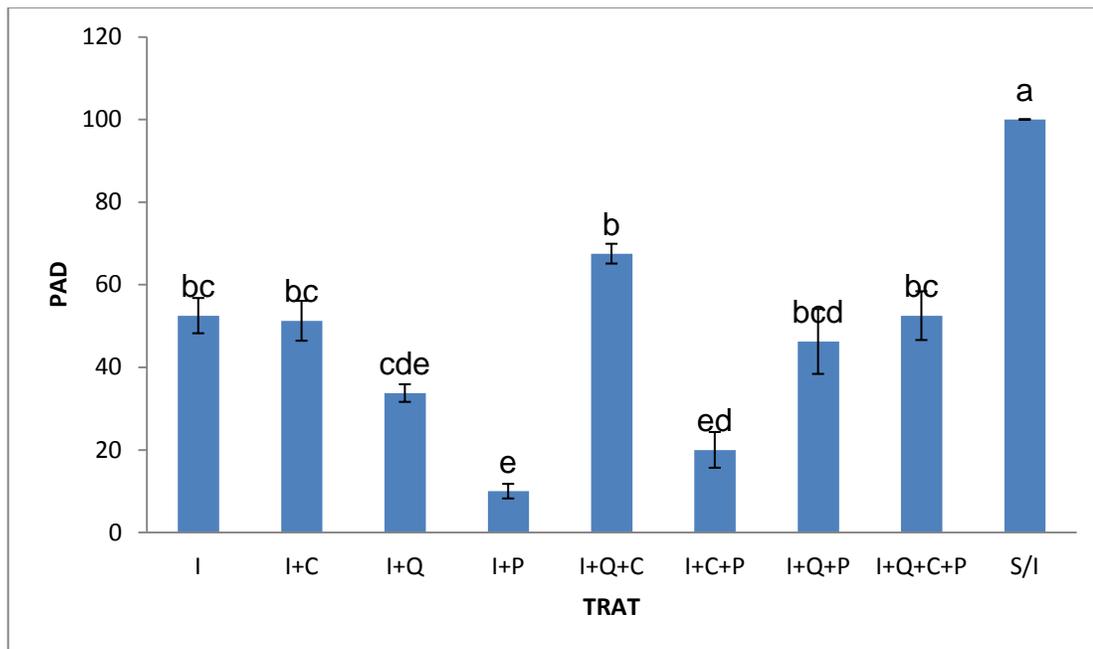


Figura 13. Evaluación del porcentaje de área dañada al último día del experimento, donde los tratamientos incluían frutos inoculados (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* o recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), quitosano (Q) o poliacetato de vinilo (P). Un tratamiento incluyó frutos sin inocular (S/I).

Experimento 2

Porcentaje de pérdida de peso (PPP)

Este experimento también tuvo una pérdida constante de peso a lo largo del estudio, pero con diferentes porcentajes por tratamiento. Los frutos que fueron inoculados y tratados con fungicida tuvieron la mayor pérdida de peso (-12.6 %) (Figura 14). Sin embargo se presentó una diferencia significativa en comparación con los frutos que estaban inoculados y con recubrimiento de quitosán y, los frutos con quitosán mas PVAc que mostraron la menor pérdida

de peso (- 8.6 %), similarmente a los frutos inoculados y recubiertos con PVAc (Figura 14). Estadísticamente los tratamientos empezaron a tener una diferencia significativa al cuarto día de haber iniciado el experimento, y ésta se mantuvo durante todo el tiempo de duración del estudio.

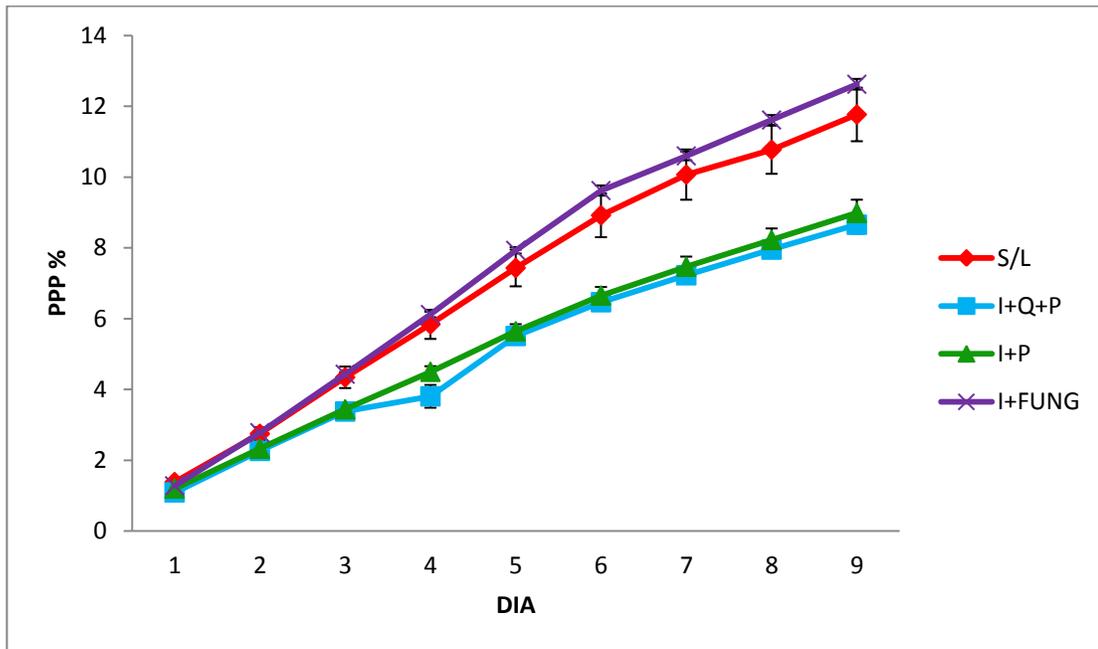


Figura 14. Porcentaje de pérdida de peso en frutos de papaya donde los frutos se inocularon (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* y recubiertos con quitosán (Q), poliacetato de vinilo (P) o fungicida benomilo (FUNG). Un tratamiento incluyó frutos sin lavar (S/L).

Firmeza

Al inicio del experimento los frutos presentaron una firmeza de 50.5 N. Conforme pasaron los días la firmeza de todos los frutos fue disminuyendo (Figura 15). Al tercer día de dar inicio con el experimento se manifestó una diferencia significativa entre los frutos que fueron inoculados y recubiertos con PVAc, los cuales tenían mayor firmeza, en contraste con los que fueron inoculados y aplicados con fungicida (Figura 15).

Al sexto día entre los tratamientos no se encontró diferencia significativa (Figura 15), pero nuevamente los frutos inoculados y recubiertos con el polímero solo o combinado con quitosán mostraron una mayor firmeza que los que recibieron otros tratamientos.

Al finalizar el experimento los frutos que presentaron mayor firmeza, fueron los inoculados y recubiertos con quitosán y PVAc (17.5 N), superando significativamente a los frutos sin lavar (6.5 N) (Figura 15).

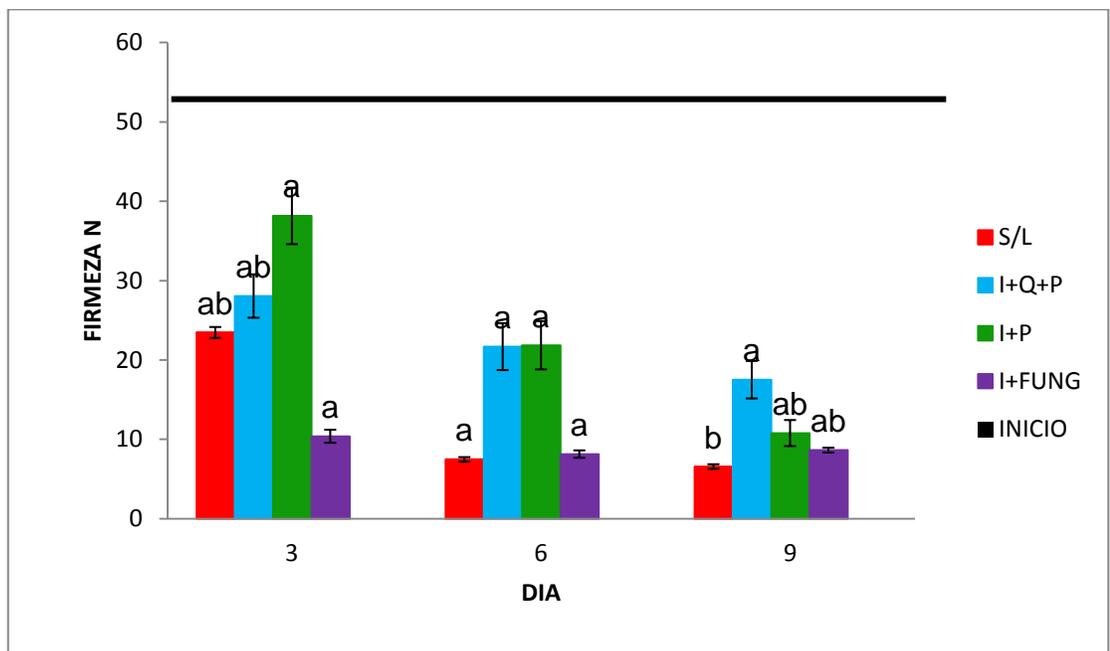


Figura 15. Firmeza de los frutos conforme avanzaron los días del experimento. La línea indica la firmeza de frutos al iniciar el experimento (INICIO). Los frutos de los tratamientos fueron inoculados (I) con *Colletotrichum gloeosporioides* o recubiertos con quitosán (Q), poliacetato de vinilo (P), o aplicados con benomilo (FUNG). En un tratamiento los frutos no se lavaron (S/L).

Sólidos solubles totales (°Brix)

Al inicio del experimento los frutos presentaron 8.04 °Brix, pero en los tres muestreos siguientes los frutos mostraron un mayor contenido de sólidos

solubles (Figura 16). Al tercer día se dio un aumento considerable teniendo mayor contenido de SST los frutos que fueron inoculados y recubiertos con quitosán y PVAc, pero entre los tratamiento no hubo diferencia significativa. Al sexto y noveno día los frutos inoculados y tratados con fungicida tuvieron el mayor contenido de SST (Figura 16), llegando estos frutos al noveno día hasta los 11.2 °Brix. Los frutos sin lavar mostraron el más bajo contenido pero en ninguno de los muestreos hubo diferencia significativa entre tratamientos.

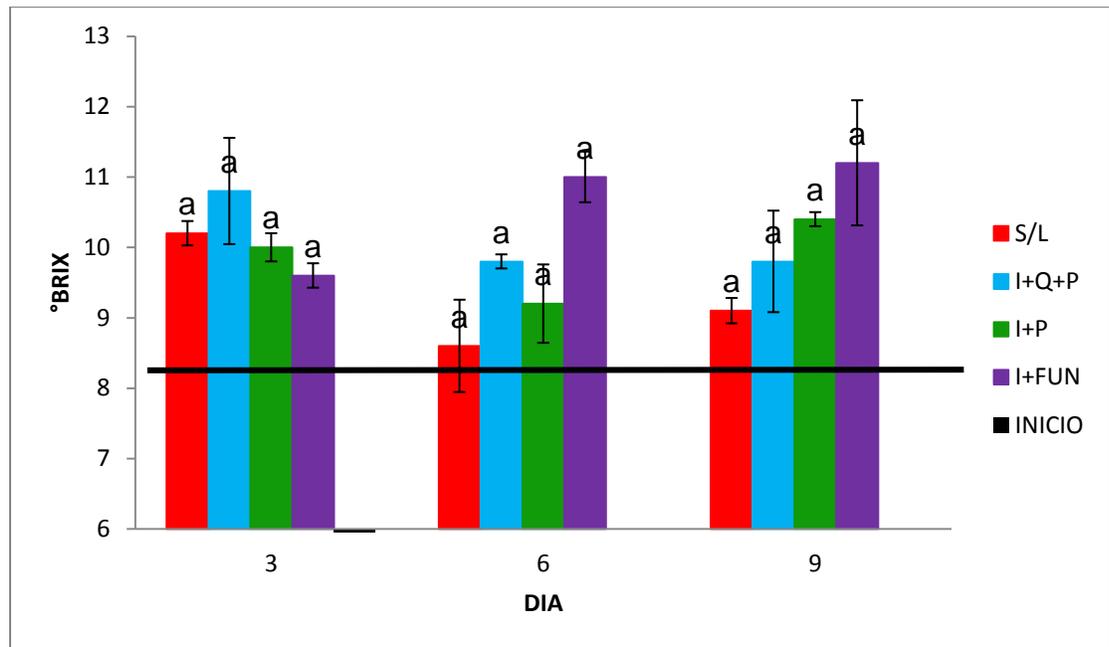


Figura 16. Comportamiento de los °Brix en el experimento, se tuvo un muestro inicial (INICIO). Los frutos al inicio fueron inoculados (I) con *Colletotrichum gloeosporioides*, o también recubiertos con quitosano (Q), PVA (P) o aplicados con fungicida comercia benomilo (FUN), en un tratamiento los frutos no se lavaron (S/L).

Acidez titulable

Al dar inicio con el experimento la acidez titulable de los frutos resultó ser 0.09 %. Al tercer día los tratamientos no tuvieron diferencia significativa, aunque el tratamiento que fue inoculado y aplicado con fungicida la acidez titulable fue

menor a comparación con el promedio del inicio de la prueba, los demás tratamientos estuvieron por arriba de la misma (Figura 17).

Al sexto día se encontró diferencia significativa entre el tratamiento que se inocularon y se recubrieron con PVAc y los frutos con fungicida (Figura 17). Sin embargo la diferencia significativa desapareció en el muestreo final.

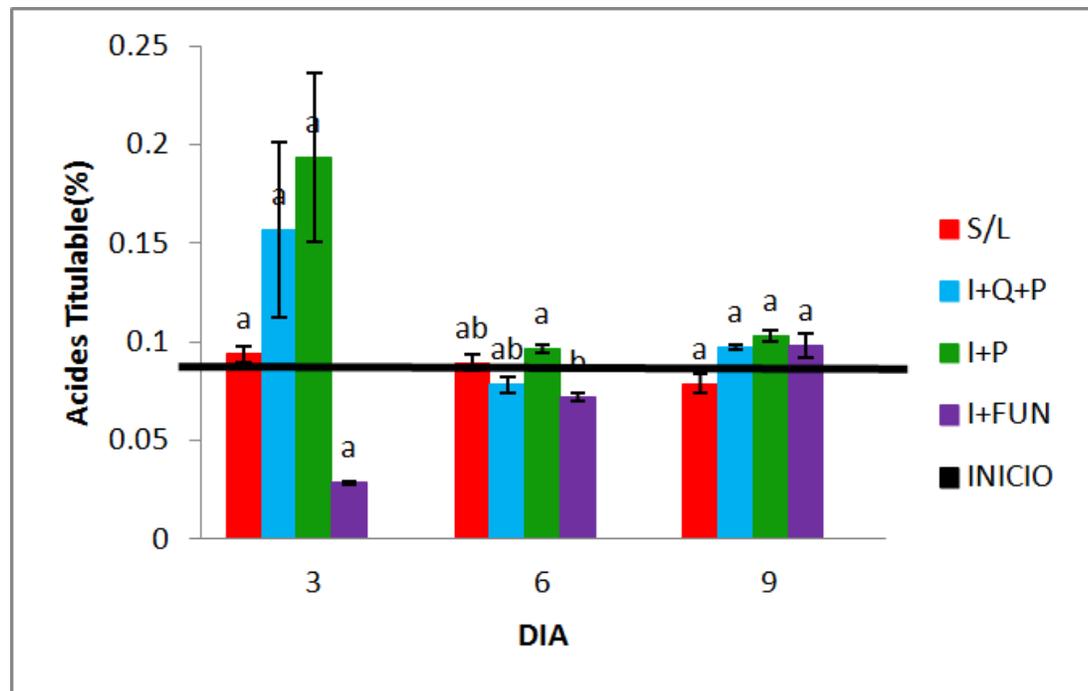


Figura 17. Acidez titulable de los frutos en el experimento, el día 0 del experimento se muestra con una línea (INICIO). Todos los frutos fueron inoculados con el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (I), o recubiertos con cera de candelilla y carnauba (C), poliacetato de vinilo (P), aplicados con benomilo (FUN), los frutos de un tratamiento no se lavaron (S/L).

Fenoles totales

Los fenoles al inicio del experimento fueron de 986.9 µg de fenoles/ ml. En todas las evaluaciones los frutos mostraron una disminución en el contenido de fenoles comparado con los frutos al inicio del experimento. Sin embargo, al

finalizar el experimento los frutos tuvieron la mayor cantidad de fenoles, a comparación del tercer día de haber iniciado la evaluación (Figura 18).

Con mayor cantidad de fenoles resultaron los frutos inoculados y tratados con fungicida y con menor cantidad los frutos sin lavar; aunque entre los cuatro tratamientos no existió diferencia significativa (Figura 18).

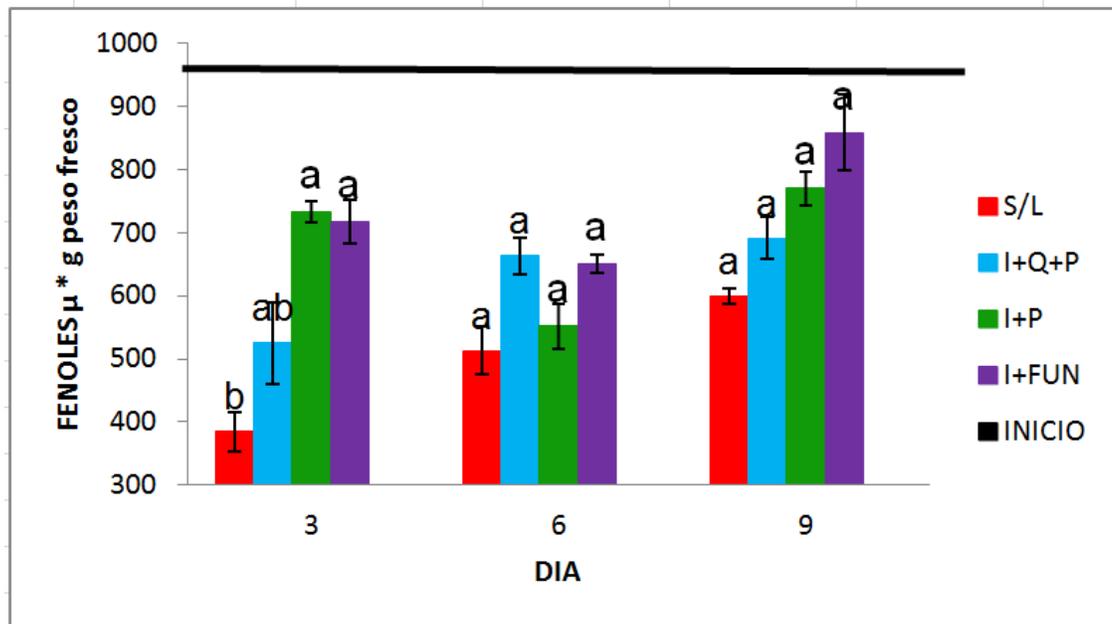


Figura 18. Fenoles totales de los frutos en el experimento, la línea es el inicio del experimento. Los frutos en los tratamientos se inocularon con *Colletotrichum gloeosporioides* (I), fueron recubiertos con quitosán (Q), poliacetato de vinilo (P), o bien con benomilo (FUN), en un tratamiento los frutos no se lavaron (S/L).

Carotenoides totales

Los frutos al inicio del experimento contenían un total de carotenos de 27.2 μg^* g peso fresco. Al tercer y sexto día de haber iniciado con el experimento los frutos mostraron un mayor contenido de carotenos comparado con el contenido inicial, pero entre ellos no existió diferencia significativa alguna (Figura 19).

Al finalizar el experimento los frutos inoculados y cubiertos con PVAc y con aplicación de fungicida tuvieron la mayor cantidad de carotenos (Figura 19). Sin embargo los frutos sin lavar tuvieron el contenido más bajo de este pigmento ($24.2 \mu\text{g}^* \text{g}$ peso fresco); este último fue un valor aun por abajo que el contenido de carotenos al inicio del experimento (Figura 19).

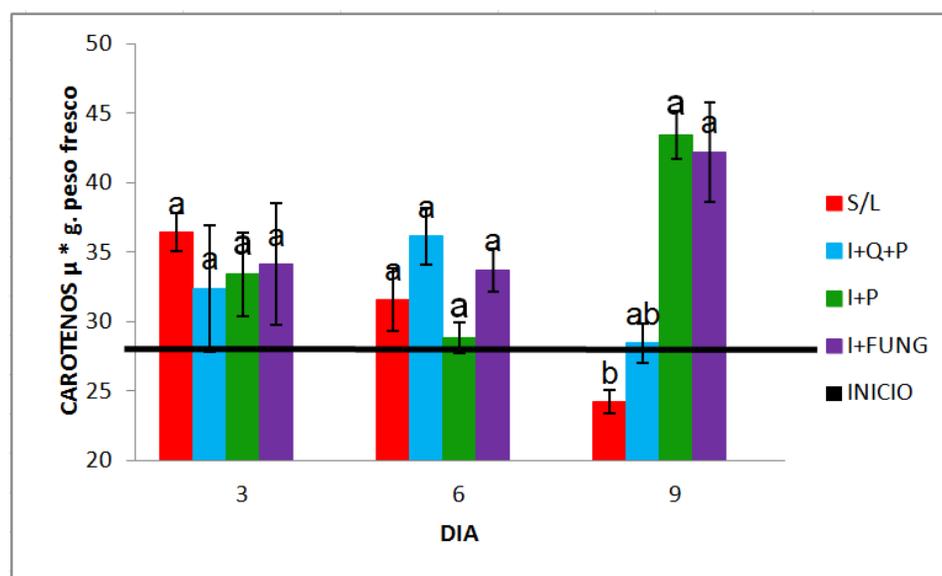


Figura 19. Carotenos totales de los frutos en el experimento, en el cual todos los frutos fueron inoculados con *Colletotrichum gloeosporioides* (I), también se recubrieron con quitosán (Q), cera (C), PVAc (P) y un tratamiento se tuvieron frutos sin lavar (S/L). Se hizo un muestreo inicial (INICIO).

DISCUSIÓN

Los frutos de papaya perdieron peso conforme se prolongaba el periodo en postcosecha independientemente de los tratamientos que recibieron manifestándose de esta manera tanto el experimento 1 el 2. Esto puede deberse a pérdidas de agua por transpiración a través del epicarpio o bien a pérdida de biomasa debido a la respiración celular (Beltrán et al., 2010). Simón et al. (2005) menciona que la pérdida de peso se da principalmente a causa de

la transpiración de agua y la velocidad a la que esta ocurre es afectada por la temperatura y HR del ambiente. Sin embargo, los frutos recubiertos con PVAc mostraron una pérdida de peso menor a la de los frutos no recubiertos, puede deberse a que la cubierta de PVAc es impermeable al vapor de agua por lo que debajo de la cubierta plástica se pudo presentar una alta humedad relativa, lo cual disminuye la tasa de transpiración (Nuez, 2001).

La pérdida de peso en frutas recubiertas con PVAc mas otra cubierta de cera o quitosán esto en el Experimento 1 y quitosán mas PVAc en el Experimento 2, mostraron tendencias similares a aquellas que solo fueron cubiertas con PVAc; esto sugiere que el principal efecto sobre la reducción en la pérdida de peso se debe a la película plástica (de la Rosa 2007). Lo anterior se corrobora por el hecho de que los frutos que fueron cubiertos solamente con cera o quitosán tuvieron una pérdida de peso mayor a las que recibieron la cubierta con PVAc.

En base a estos resultados destaca que la película de PVAc es efectiva para evitar la pérdida de peso en frutos de papaya en postcosecha, lo que resulta en un ahorro en cuanto al costo para invertir en el manejo de poscosecha de la papaya, ya que solamente se aplicaría el PVAc sin necesidad de las restantes recubiertas. Para el caso de la ilama (*Annona diversifolia Saff.*) se menciona que en condiciones normales se pierde 10.7 % después de 10 días de almacenamiento y con películas plásticas esta pérdida se reduce hasta el 5 % en el mismo tiempo (Martínez, 2012). Castro et al. (2003) mencionan que el mango "Keitt" almacenado con película plástica a base de PVAc a $13\pm 1^{\circ}\text{C}$ y 85-90 % HR la pérdida de peso al día 14 fue de 0.45 % y el testigo sin bolsa fue de 1.28 %.

Los datos obtenidos en el Experimento 1 en los frutos testigo inoculados, difieren de los reportados en papaya por Acosta et al. (2001) ya que este autor reportó que el porcentaje de pérdida de peso en esa evaluación fue del 21.5 %, siendo menor en comparación con los de este experimento los cuales resultaron de 24.6 %; esta discrepancia pudo haber sido que las temperaturas

cuando se realizó el experimento fueron distintas. Los resultados de porcentaje de pérdida de peso obtenidos en el Experimento 2 en los frutos de papaya cubiertos con PVAc, difieren con los obtenidos por Ramos *et al.* (2009), este autor reportó un promedio de 1.9 % de pérdida diaria de peso con películas plásticas comerciales en frutos de mamey, mientras que en este experimento en los frutos de papaya sin lavar perdieron 1.3 %, y las recubiertas con PVAc o quitosano mas PVAc perdieron 0.9 % diario.

El grado de severidad del a consecuencia del *C. gloeosporioides* se presentó en los frutos de todos los tratamientos, aunque en algunos fue más severo que en otros. Esto puede ser debido a que el hongo se inoculó en todos los frutos y los que no se lavaron pudieron estar ya contaminados cuando inició el experimento; estos frutos sin lavar fueron los más dañados por la infección del hongo pudiendo ser que no existiera en ellos un agente externo que impidiera la diseminación del hongo (Acosta 2001. Sin embargo, los frutos que se inocularon y se recubrieron con quitosán y cera, presentaron un daño severo, manifestando así que estos dos recubrimientos al parecer tuvieron una reacción entre ellos y no ejercieron una actividad fúngica o fungistática. Asimismo cuando los frutos solo fueron inoculados y recubiertos con quitosán o cera por separado, se tuvo una daño alto (Bautista et al., 2003), por que se puede mencionar que dadas las condiciones en las que se realizó el experimento, tanto el quitosán como la cera aplicadas de manera independiente no ejercieron un daño directo al hongo.

Los frutos cuando no se les aplicó el recubrimiento con PVAc presentaron un mayor daño por infección del hongo, al igual que cuando se les aplicó fungicida (benomilo) el ataque fue mínimo, solo que estos frutos tenían una deshidratación considerable ya que la cascara se apreciaba arrugada; por lo que se deduce que el PVAc tuvo un efecto directo sobre el avance tan agresivo del hongo. Lo anterior puede ser debido tal vez a la actividad antifúngica que tiene el PVAc por sí solo, o bien por la cubierta permeable que este representa (de la Rosa, 2007) impidiendo así el libre paso de O₂ del ambiente hacia el

interior del recubrimiento, por lo que el hongo no tiene el suficiente O₂ para realizar sus actividades metabólicas Pitt y Hocking (1993) mencionan que *Colletotrichum gloeosporioides* tiene una mayor presencia en condiciones de 10 a 13 % de CO₂ y 3 a 7 % de O₂. Los resultados de la actividad fúngica del quitosano son similares a los reportados por Bautista et al. (2003), aunque estos autores hayan realizado las evaluaciones con quitosano y extracto acuoso de hojas o semillas de papaya no reportó ningún sinergismo para el control de la antracnosis.

Los frutos sin inocular resultaron con un elevado porcentaje de área superficial dañada, debido a que las lesiones de *C. gloeosporioides* ya cubría la totalidad de la fruta, así como daños por phomopsis y deshidratación. Esto puede deberse a que los frutos al momento de iniciar el experimento ya se encontraban infestados con el hongo, y al no lavarlas ni aplicarles algún recubrimiento quedaron expuestas totalmente a los factores bióticos y abióticos durante el experimento. Sin embargo los frutos que no se recubrieron con ninguna cubierta física pero si fueron inoculados con *C. gloeosporioides* resultaron con la mitad del área dañada, pudiendo ser que la cantidad de esporas que se aplicaron a estos últimos frutos era menor en comparación de los que no se les aplicó en el laboratorio. Los frutos inoculados y cubiertos con PVAc resultaron con el menor porcentaje de área dañada, ya que los frutos se observaron mas hidratados, con un color verde claro con ligeros tonos amarillos en la cascara y con lesiones de hongo muy ligeras en el exterior, pudiéndole atribuir el resultado al recubrimiento plástico, dado que esta pudo haber impedido la maduración acelerada debido a una baja transpiración por su impermeabilidad (Nuez 2001). La barrera física que esta dio al epicarpio pudo haber funcionado para que el apresorio del hongo no penetrara libremente y no se expandiera el ataque. Al aplicar PVAc mas cualquier otro de los recubrimientos ya sea quitosán o cera, no se obtuvo mejor resultado pues se puede manifestar que resultaron ser antagónicos estas cubiertas, ya que se presentó una deshidratación mayor y ataque de hongos más severos. La evaluación de los frutos testigos difieren con los obtenidos por Acosta et al.

(2001) ya que estos autores manifiesta que las papayas Maradol al tener epicarpio más grueso resultaron ser más tolerantes a la antracnosis que los frutos del cv. Cera y Sunset.

El atractivo visual de los frutos al finalizar el estudio fue afectado por el tratamiento. Los frutos que resultaron nada atractivos fueron aquéllos que se inocularon o no se inocularon pero sin cubierta de ningún tipo, dado que estos frutos se notaban más deshidratados. Esto pudo ser porque no tenían una barrera física que impidiera tanto la respiración y transpiración del fruto (Simón et al., 2005). Estos mismos frutos contaban con lesiones de diámetro amplio a consecuencia de *C. gloeosporioides* debido a que no contenían ningún recubrimiento con actividad antifúngica. Los tratamientos inoculados y recubiertos ya sea simplemente con cera o cera más quitosán también presentaban un grado de atracción visual muy bajo; estos frutos a pesar de que contenían un recubrimiento impermeable, la deshidratación sucedió de manera normal, pudiendo ser que los poros de dichas cubiertas no eran del tamaño adecuado para impedir el paso de vapor de agua hacia el exterior. En estos tratamientos la actividad antifúngica de dichas aplicaciones no se vio reflejada, ya que los frutos presentaban lesiones severas de *C. gloeosporioides*, lo que daba un mal aspecto exterior. Por el contrario, los frutos con mejor aspecto visual fueron aquellos que se inocularon y se recubrieron con quitosán y PVAc, pues estos presentaban menos lesiones por hongo pudiendo ser que en conjunto estas dos recubiertas funcionaron de manera positiva como antifúngicas (efecto sinérgico). En comparación con los frutos que tenían un bajo atractivo visual, estos no fueron resultado de una maduración acelerada, quizá por la capa permeable del PVAc que las recubría, lo que daba como resultado una respiración más lenta y la síntesis de etileno en el fruto no se realizaba de una forma normal ya que una alta respiración da como resultado un pico en la producción de etileno y por lo tanto la maduración del fruto se ve disminuida. Considerando lo reportado en la fruta chirimoya por Alique y Zamorano (2000) el punto máximo de tasa respiratoria y la producción de etileno se localizan a los tres y cuatro días des pues de la cosecha respectivamente. En cuanto a los

resultados obtenidos con los frutos del testigo, difieren por los reportados por Belandria et al. (2010) quien reporta que a los 14 días el 94% de sus treinta panelistas, eligieron el intervalo entre me gusta mucho o muchísimo los frutos de papaya Maradol.

La firmeza de los frutos fue afectada dependiendo del tratamiento aplicado en ambos experimentos. Los frutos con menor firmeza fueron aquellos que se inocularon y se recubrieron con cera, pudiendo deberse a que la maduración se presentó más avanzada; en el Experimento 2 fueron aquellos que no se lavaron y tampoco fueron recubiertos. Lo anterior puede ser debido a que no se interrumpió la hidrólisis de almidones y pectinas por el proceso degradativo de la lámina media y las paredes celulares, generando una mayor flexibilidad en el material (Fennema, 1993; Ross, 2000). En el Experimento 2 la firmeza de los frutos descendió comparándola con el muestreo inicial, independientemente del tratamiento aplicado a los frutos, mas sin embargo si afectó directamente el recubrimiento al final del experimento. En contraste con los frutos que fueron recubiertos con cera y PVAc al igual cuando los frutos solo fueron recubiertos con PVAc presentaron la firmeza más elevada al igual que los frutos del Experimento 2 donde los recubiertos con quitosán y PVAc resultaron ser los más firmes. Esto se puede relacionar al efecto de los tratamientos pues las recubiertas disminuían la respiración y a consecuencia la producción de etileno, lo que daba como resultado un ambiente por debajo de la cubierta que mantenía la maduración constante pero lenta. También cuando los frutos solo fueron recubiertos con PVAc se tuvo una firmeza alta. Dicho lo anterior, desde el punto de vista de conservación de la firmeza, es mejor el recubrimiento con PVAc comparado con los otros probados en este trabajo. Los resultados en el Experimento 1 difieren con los obtenidos por Acosta et al. (2001) aunque se puede decir que este autor realizó sus muestreos de firmeza directamente en la pulpa. En el Experimento 2 Los resultados obtenidos en los frutos testigo sin lavar y sin recubrimiento, coinciden con los reportados por Santamaría et al. (2009) pero difieren con los que fueron recubiertos.

Tanto en el Experimento 1 como en el 2 los frutos aumentaron los SST independientemente del tratamiento aplicado en ellos pero al final del experimento no se encontraron diferencias entre ellos, por lo que la síntesis de los azúcares en el mesocarpio pudo no ser afectada aunque la respiración y transpiración del fruto haya variado fisiológicamente. Los resultados del Experimento 1 difieren de lo mencionado por Nakason y Paull (1998) quienes citan que el contenido de SST deberá ser de 11.5 °Brix. Sin embargo en el segundo experimento los resultados fueron similares a los reportados por Santamaría et al. (2009) ya que al finalizar el experimento ambos datos coincidieron.

En el Experimento 1 estadísticamente no hubo diferencias significativas entre los frutos de los tratamientos sobre el contenido de carotenos totales, al igual que en el Experimento 2 al sexto y noveno día, por lo que el contenido de este pigmento sintetizado durante el desarrollo del fruto no se vio afectado en la maduración y la recubierta no fue un factor limitante (Aked, 2000; Ferrer et al., 2005). Esto indica que aunque existieron diferentes tipos de cubiertas físicas, el resultado del cambio de color del mesocarpio no tuvo variación. En el Experimento 1 los resultados difieren con los reportados por Ralf et al. (2011) ya que se obtuvo menor cantidad de carotenos. En el Experimento 2, el promedio de los carotenos al noveno día, fue similar al reportado por Ralf et al. (2011) quienes citaron que el contenido de carotenos es de 3.364 mg/100 g de peso fresco, aunque si se comparan los resultados de los tratamientos por separado llegan a diferir con los reportados por el autor antes citado.

La acidez titulable fue similar a la del inicio del experimento, lo que indica que los frutos ya presentaban un contenido de ácidos orgánicos solubles que no se modificó hasta el final. Sin embargo en el muestreo realizado al tercer día la acidez más baja la presentaron los frutos inoculados y tratados con fungicida, pero en esa evaluación no se presentó diferencia significativa. Fue hasta el sexto día cuando se dio una diferencia significativa entre tratamientos, siendo nuevamente los frutos inoculados y con fungicida los que presentaron menor

contenido de ácidos, lo cual pudiera deberse a que la maduración de los frutos fue más acelerada, influenciando así directamente en la acidez titulable. Para el último día de la evaluación los niveles de ácidos orgánicos se comportaron similarmente. Los resultados obtenidos al finalizar el experimento variaron 3 centésimas por arriba a comparación de lo reportados por Belandria et al. (2010) pudiéndose deber a que ese experimento se realizó hasta el catorceavo día.

El contenido de fenoles en los frutos estuvo por debajo del muestreo inicial, independientemente del tratamiento que se haya aplicado. Al día tres del experimento se encontró el contenido más alto de fenoles en los frutos inoculados y recubiertos con PVAc, pudiendo ser que el PVAc al recubrir la fruta indujo a que la maduración de la pulpa fuera menor. Pal y Servajal (1987) reportan que al llegar la papaya a la madurez de consumo se reduce las cualidades astringentes de la fruta y en el caso del mango, Lizada (1993), menciona que la disminución de los fenoles va ligada con la disminución de la astringencia; es por eso que podemos mencionar que en este experimento los fenoles disminuyeron al igual que la cualidad astringente de la papaya. Sin embargo, los frutos sin lavar fueron los que presentaron menor cantidad de fenoles, lo que se puede deber a que en el interior de la fruta ya se encontraba una maduración avanzada y los frutos al estar expuestos al medio ambiente desde el inicio del experimento sin ninguna recubierta tanto la respiración como la transpiración fue siguiendo una maduración fisiológica normal. El contenido de fenoles al noveno día de los frutos no inoculados ni recubiertos fue similar a los obtenidos en los frutos maduros de zapote mamey $0.60 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (Alia et al., 2005), aunque difieren al contenido de los del zapote negro ($4.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) (Arellano et al., 2005).

CONCLUSIONES

Los frutos que fueron recubiertos con el PVAc ya sea solo o en combinación con el quitosán o la cera, presentaron el menor porcentaje de pérdida de peso. En la aplicación del quitosán o cera por separado sufrieron pérdidas considerables.

A pesar de las diferentes cubiertas plásticas no se afectó directamente en el contenido de carotenos, SST y fenoles, dado que en ellos no se encontró diferencia significativa.

El quitosán y la cera disminuyen la incidencia de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), siempre y cuando vayan acompañadas con PVAc; esto se ve reflejado en el aspecto visual de los frutos.

El tratamiento con fungicida (benomilo) reduce el ataque de *Colletotrichum gloeosporioides*, pero no retrasa la pérdida de peso y la deshidratación del fruto se manifiesta en el epicarpio ya que este tiende a estar arrugado.

LITERATURA CITADA

- Abeles, F. B.; Morgan, P. W.; Salveit, M. E. 1992. Ethylene in Plant Biology. 15 (2) Academic Press. San Diego, California.
- Acosta, R. M.; Nieto, Á. N.; Domínguez, A. J. L.; Delgadillo, S. F. 2001. Calidad y tolerancia en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) a la inoculación del hongo *Colletotrichum gleosporioides* Penz., en postcosecha. Rev. Chap. S. Hort. 7 (1): 119-130, 2001.
- Aked, J. 2000. Fruits and vegetables. In: Kilcast, D. y Subramaniam, P. (eds.) The stability and shelf-life of food. CRC Press. Woudhead Publising Limited. p. 249–278.
- Alexander , L. D; Grierson 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. J. Exp. Bot. 53(277): 2039–2055.
- Alexopoulos, C. J.; Mims, C. J.; Blackwell, M. 1979. Introductory Mycology. Editorial Jhon Wiley & SONS, INC. Fourth Editions, New York, EUA. pp 867.
- Alia, T. I.; Colin L., M. T.; Martínez, D. M. T.; Soto, H. M. R. 2005. Daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore and Stearn) II: Cambios en fenoles totales y actividad enzimática. Rev. Fitotec. Mex. 28(1): 25-32.
- Alique, R., Zamorano, J.P. 2000. Influence of harvest date within the season and cold storage on cherimoya fruit ripening. J. of Agr. and F. C. 48: 4209-4216.
- Allan, C. R.; Hardwiger, L. A. 1979. The fungicidal effect of chitosan on fungi of varying cell wall composition. Experimental Mycology 3 : 285.287.
- Alonso, E. M; Ramos, R. R y Torne, Q. Y. 2006. Caracterización y evaluación de los recursos genéticos de papaya(*Carica papaya* Linn). CitriFru (Cuba) 23 (2): 21–25.
- Alvarado Ramírez, L. 2011. Síntesis de poliacetato de vinilo compatible con alimentos mediante polimerización en heterofase para aplicación en el recubrimiento de frutas. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Durango. Durango, Dgo. 118 pp.
- Anónimo, 2012. Terminología básica utilizada en polímeros. Universidad de los Andes Venezuela. <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/DIC/Cristobal1.PDF>.

- Arellano, G. L. A.; Saucedo, V. C.; Arevelo, G. L. 2005. Cambios bioquímicos y fisiológicos durante la maduración de frutos de zapote negro (*Diospyros digyna* Jacq.) Agro. 39: 173-181.
- Armstrong, J. W. 1994. Heat and Cool treatments. Insect Pest and Fresh Horticultural Products Treatments and Responses. Edited by Robert E. Paull and John W. Armstrong. CAB International Wallingford, UK. II, 6: 103-106.
- Bailey, A. J. and Jeer, J. M. 1992. *Colletotrichum*: Biology, Pathology and control in British Society for Plant Pathology. C. A. B. International. p. 388.
- Barnett, H. L., and Hunter, B. B. 1988. *Illustrated Genera of Imperfect fungi* 4th edition, Aps Press St Paul Minnesota, USA. p. 188.
- Barry, C. S.; Giovannoni, J. J. 2007. Ethylene and fruit ripening. *J. Plant Growth Regul.* 26: 143–159.
- Baud, D. S. 1993. *Química de los alimentos*. Ed. Addison Wesley Longman de México. México, D. F. p. 379-383.
- Bautista, B. S. y Barrera, N. L. L. 2001. Memoria 2001. Tecnologías empleadas en el control de las enfermedades postcosecha de los productos hortofrutícolas. CEPROBI IPN. p. 111-120.
- Bautista, B. S.; Bravo, Hernández, L. M.; Bosques, M. E; Wilson, C. L. 2003. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. *Crop Prot.* 22 p.1087-1092.
- Bautista, B. S.; Hernández, L. A. N.; Velázquez, d V. M. G.; Bosques, M. E.; Sánchez, D. D. 2005. Quitosano: una alternativa natural para reducir microorganismo postcosecha y mantener la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Rev. Ibe. de Tec. Pos. S. C.* 7 (01).
- Belandria, D.; Velnadria, V.; Navarro, C. 2010. Características físicas, químicas y organolépticas de los frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) en las variedades Tailandia y Maradol. *Producción Agropecuaria / Agroalimentaria*, Mayo 2010, 3 (1) p. 45-49.
- Beltrán, G. D; John Alexander Velásquez, T. J. A.; Giraldo, G. G. A. 2010. Caracterización Físicoquímica de la Maduración del Plátano Dominicano-Hartón (*Musa AAB Simmonds*) *Rev. Invest. Univ. Quindío Armenia - Colombia* (20): 166-170.

- Benhamou, N.; Kloepper, J. W. and S. Tuzun 1998. Induction of resistance against Fusarium wilt of tomato by combination of chitosan with endophytic bacteria strain: ultrastructure and cytochemistry of the host response. *Planta* 204: 153-168.
- Bhaskara Reddy, B. M. V.; Belkacemi, K.; Corcuff, F. C.; Arul, J.; Angers, P. 2000a. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 20: 39-51.
- Blankenship, S. M.; Dole, J. M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. Tech* 28:1-25
- Brummell, D. A. 2006. Cell wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant Biol* 33:103-119.
- Buzby, JC; Wells, H.F.; Axtman, B., & Mickey, J. 2009. Supermercado estimaciones de pérdidas para la fruta fresca, verduras, carnes, aves, pescados y mariscos y su uso en la ERS ajustados pérdida de datos de disponibilidad de alimentos. Estados Unidos Departamento de Agricultura, Servicio de Investigación Económica. Boletín de Información Económica, 44 (20).
- Cartaxo, C. B. C.; Sargent, S. A.; Huber, D. J.; Lin, C. 1997. Controlled atmosphere storage suppresses microbial growth on fresh-cut watermelon. *Proc Fla State Hort Sci* 110: 252-257.
- Castro, J. V.; Pfaffenbach, L. B.; Carvalho, C. R. L.; Rossetto, C. J. 2003. Efecto del empaque plástico sobre la vida de anaquel del manco "Keitt". *Rev. Ibe. de Tec. Post. S. C.* p. 33-37.
- Chan, H. T.; Couey, H. M.; Sakay, W. S. 1990. Distribution of the ethylene forming enzyme in ripening *Carica papaya*. Proceedings of the 7th World Congress of Food Science & Technology, Singapore, September 29, 1987.
- Chaves, A. L. S.; Farias, M. P. C. 2006. Ethylene and fruit ripening: from illumination gas to the control of gene expression, more than a century of discoveries. *Genet Mol Biol* 29: 508-515.
- Cheah, L. H.; Page, B. B. C.; Shepered, R. 1997. Chitosan coating for inhibition of sclerotina carrots. *N. Z. J. Crop Hort. Sci.* 25: 89-92
- Chen, N. J.; Paull, R. E. 2003. Endoxylanase expressed during papaya fruit ripening: purification, cloning and characterization. *Funct. Plant. Biol.* 30: 433-44.

- Chen, Y. T.; Lee, Y. R.; Yang, C. Y.; Wang, Y. T.; Yang, S. F.; Shaw, J. F. 2003. A novel papaya ACC oxidase gene (CP-ACO2) associated with late stage fruit ripening and leaf senescence. *Plant Sci* 164: 531–540.
- Cortez, M. G. Y. Valdez, A. L. A.; Lira, S. R. H. and Peralta, R. R. D. 2011. Polyvinyl acetate as an edible coating for fruits: Effect on selected physiological and quality characteristics of tomato. *Rev. Chapingo Ser.Hortic, Chapingo* 17 (1) abr. 2011 .
- Crookes, P.R.; Grierson, D. 1983. Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase enzymes in cell wall degradation. *Plant Physiol* 72: 1088–1093.
- Daykin, M. E. and Milholland, R. D. 1984. Histopathology of ripe rot caused by *Colletotrichum gloeosporioides* on muscadine grape. *Phytopathology* 74: 1339-1341.
- de Capdeville, G.; Wilson, L. C.; Beer, V. S. and Aist, R. 2002. Alternative Disease control agents induce resistance to blue mold in harvested " Red Delicious" Apple fruit. *Phytopathology* 92: 900-908.
- de la Cruz, J.; Vela, G.; Dorantes, L.; Gracia, H. S. 2010. Efecto del etileno sobre el ACC y ACC oxidasa en la maduración de papaya "maradol". *Revista Fitotecnia Mexicana, Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. México* 33 (2): 133-140.
- de la Rosa, O. B. 2007. Aplicación y Evaluación de Latex de Poliacetato de Vinilo (PVAc) como Recubrimiento en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Araria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Diaz, C. 2003. Conservación de papaya maradol roja (*Caricaceae*) utilizando encerado. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Diaz, G. G.; Garza, L. J G.; Munro, O. D. 2002. Evaluación de cultivares y guía para producir papaya en las costas de Jalisco. INIFAP. Folleto técnico Núm. 1 La Huerta, Jalisco. Junio 2002.
- Domínguez, E.; Cortés, V.; Avila, R. M.; Olvera., L.; Vernon, J.; Bosquez, E.; Domínguez, J. 2003. Aumento de la vida postcosecha del limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) producido en Apatzingán, Mich., mediante el uso de recubrimientos naturales a diferentes temperaturas. *Rev. Iber. de Tec. Post.* 5: 128-133.
- Dumville, J. C.; Fry, S. 2000. Uronic acid-containing oligosaccharins: their biosynthesis, degradation and signaling roles in non-diseased plant tissues. *Plant Physiol Biochem* 38: 15–140.

- El-Ghaouth, A.; J. L. Smilanick and C. L. Wilson. 2000. Enhancement of the performance of *Candida saitoana* by the addition of glycolchitosan for the control of postharvest decay of apple and citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology* 19: 103–110.
- FAO 2010. <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD> Revisado el 3 de noviembre del 2011. Actualizado 7 de agosto de 2012.
- FAOSTAT. 2011. Base de Datos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadísticas actualizadas el 7 de agosto del 2012. <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx>
- Farungsang, U. and Farungsang, N. 1992. Benomyl Resistance of *Colletorichum* spp Associated with Rambutan and Mango fruit rot in Tailandia. *Acta Horticulturae*. (ISHS) 321: 891-897.
- FDA, 1993. Candelilla wax, proposed affirmation of GRAS status as a direct human food ingredient. *Fed. Reg.* 47: 35776-35777.
- Fennema O. 1993. *Química de alimentos*. Editorial Zaragoza. Zaragoza.
- Ferrer, A.; Remón, S.; Negueruela, A. and Oria, R. 2005. Changes during ripening of the very late season spanish peach cultivar calanda feasibility of using CIELAB coordinates as maturity indices. *Sci. Hort.* 105: 435–446.
- Fishman ML, Gross KC, Gillespie DT, Sondag SM (1989) los componentes macromoleculares de la pectina del fruto de tomate. *Arch. Biochem. J.* 322:507-515.
- Fonseca, C. S.; Oliveira, F. A. R.; Brencht, K. J. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmospheres packages: a review. *Journal of Food Engineering* 52: 99-119.
- Freepons, D. 1991. Chitosan, Does it have a place in agriculture? *Proc. Plant Growth Regulators Soc. Amer.* 11-19.
- Hagenmaier, R. D.; Grohman, K. 1999. Acetato de polivinilo como un recubrimiento comestible de alto brillo. *Journal of Food Science* 64: 723-728.
- Hagenmaier, R. D.; Grohman, K. 2000. Recubrimientos comestibles alimentarios que contienen acetato de polivinilo. *Patente de EE.UU* 6162475: 13 pp.
- Hardenburg, R. E. 1967. Was and related coatings for horticultural products: a bibliography. *Agricultural Research Service Bulletin*, USDA, Washington D. C.

- Hernández-Muñoz, P.; Aménar, E.; Ocio, M.J. and Gavara, R. 2006. Effects of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology* 39: 247–253.
- Herrera, E. A., Carsolio, C. 1998. Medio Ambiente, Control Biológico y Hongos Parásitos. Avance y perspectiva Julio-Agosto de 1998.
- Honarkar, H.; Barikani, M. 2009. Applications of biopolymers I: chitosan. *Review Monatsch Chem* 140: 1403-1420.
- Huber, D. J.; Karakurt, Y.; Jeong, J. 2001. Pectin degradation in ripening and wounded fruits. *Braz J Plant Physiol* 13: 224–241.
- Huber, D. J.; O'Donoghue, E. M. 1993. Polyuronides in avocado (*Persea americana*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits exhibit markedly different patterns of molecular weight downshifts during ripening. *Plant. Physiol.* 102: 473–480.
- Jiang, Y.; Fu, J. 2000. Ethylene regulation of fruit ripening: molecular aspects. *Plant Growth Regul.* 30: 193–200.
- John I. Pitt, Ailsa D. Hocking 2009. *Fungi and Food Spoilage*. Third edition. Springer New York ISA .
- Juan, M. M. 2009. Análisis de rentabilidad de la papaya maradol (*Carica papaya*) en el estado de Campeche con la tecnología BMF. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. Junio 2009.
- Kader, A. A. 2003. Una perspectiva sobre horticultura poscosecha (1978-2003). *Hort. Sci.* 38: 1004-1008.
- Kader, A. A. 2007. Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas. Tercera Edición. Universidad de California. Centro de Investigación y Tecnología Poscosecha. USA. p. 234-244.
- Karakurt, Y.; Huber, D. J. 2003. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 219–229.
- Kępczyński, J.; Kępczyńska, E. 1997. Ethylene in seed dormancy and germination. *Physiol Plant* 101: 120-126.

- Lashbrook, C. C.; Brummell, D. A.; Rose J. K. C.; Bennett, A. B. 1997. Non-pectolytic cell wall metabolism during fruit ripening. In: Giovannoni JJ (ed) Fruit ripening molecular biology. Harwood Academic, Reading.
- Lason-Tsigos; Martinou, A; Kafetzopoulos, D. and Bourtioti, V. 2000. Chitin desacetylases: new, versatile, tool in Biotechnology. *Tibtech* July 2000 18: 305 - 310.
- Lazan. H.; Selamat, M. K.; Ali, Z. M. 1995. β -Galactosidase, polygalacturonase and pectinesterase in differential softening and cell wall modification during papaya softening. *Physiol Plant* 95:106–112.
- Lee, D. S.; Hagggar, P. E.; Lee, J.; Yam, K. L. 1991. Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. *Journal of Food Science* 56: 1580-1585.
- Li, H. and Yu, Y. 2001. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 269-274.
- Li, Y.; Chen, X. G.; Liu, N.; Liu, C. S.; Liu, C. G.; Meng, X. H.; Yu, L. J. and Kenendy J. F.. 2007. Physicochemical characterization and antibacterial property of chitosan acetates. *Carbohydrate Polymer* 67: 227–232.
- Lizada, C. 1993. Mango In: *Biochemistry of fruit ripening*. G. B. Seymour, J. E. Taylor, G. A. Tucker (eds). Chapman & Hall. London. pp:255-271.
- Lopez, G. R.; Cabrera, P. J. L.; Saucedo, A. L. J.; Carreto, M. L.; Villanueva, A. J. C.; Gomrz, L. M. A.; Herrera, E. L. 2009. Ripening in papaya fruit is altered by ACC oxidase cosuppression. *Transgenic. Research*. 2009. 18 (1): 89-97.
- López, G. R.; Morales, D. F.; Mendoza, A. O.; Gómez, L. M. A. 2004. Identification of a genomic clone to ACC Oxidase from Papaya (*Carica papaya* L.) and expression studies. *J. Agric. Food Chem.* 52(4): 794–800.
- Luna, D.; Bustamante, L. M.; González, G.; Domínguez, S. J.; Bautista, B. S.; Shirai, K.; Bosques, M. E. 2001. Treatments on the quality of papaya fruit during storage. In: Weltichanes J. Barbosa- Cánovas, G. V., Aguilera, J. M (Eds.) *Proceedings of the 8 International congress on Engineering and Food*. Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster Pennsylvania USA, pp. 1042-1046.
- Madrugá, E. L. (A) 1995. Tema de divulgación: que es un polímero. *Revista de plásticos modernos*, Núm. 466. pp. 319-321. Instituto de ciencia y tecnología. Abril de 1995.

- Martinez, R. G. 2012. Conservacion de frutos de ilama (*Annona diversifolia* Saff.) con pelicula plástica microperforada. Tesis Maestria. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, Edo. de México, Mayo del.
- Medellin, W. P.; Chen, B. 1982. In line application of porous wax coating materials to reduce frection discoloration of Bartlet and Anjou Pears. Hortsciens. 17: 215-216.
- Mirica, L. M.; Klinman, P. J. 2008. The nature of O₂ activation by the ethylene-forming enzyme 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase. PNAS 12: 1814–1819.
- Moreno, G. 2007. Uso de recubrimientos comestibles en frutos y hortalizas, historia y tendencia. Monografia licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Nakasone, H. Y.; Paull, R. E. 1998. Tropical Fruits. Crop Production Science in Horticulture (UK), No. 7. pp. 461.
- Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate. Ed. Mundi prnesa, Madrid, España, p. 614.
- Nuñez-Paleniús HG, Cantliffe DJ, DJ Huber, Ciardi J, Klee HJ (2006) La transformación del híbrido en una línea parental de melón "Galia" (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Ser.) con un gen antisentido ACC oxidasa. Plant. Cell. Rep. 25:198-205.
- Ochse, J. J. et al. 1972. Cultivo y mejoramiento de las plantas tropicales y subtropicales. Ed. Limusa-Wiley, S. A. México. Vol. 1 pp. 652-660.
- Othman, R.; Li, C. H.; Siang, C. T.; Mohd, A. Z. 2011. Three β-galactosidase cDNA clones related to fruit ripening in papaya (*Carica papaya*). Acta Phy. Plan. 33 (6): 301-2310. 2011
- Pal, D. K.; Servajal, Y. 1987. Biochemistry of papaya (*Carica papaya* L.) fruit ripening: changes in RNA, DNA, protein and enzymes of mitochondrial, carbohydrate, respiratory and phosphate metabolism. J. Hort. Sci. 62: 117-124.
- Pantastico, E. R. 1975. Fisiología de la posrecolección, manejo y utilización de frutos y hortalizas tropicales y subtropicales. Ed. CECOSA. México.
- Pantástico, E. R. B. 1984. Fisiologia de la postrecoleccion, manejo y utilizacion de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Eitorial Continental, segunda impresion Noviembre de 1984.
- Paull, R. E.; Chen, N. J. 1983. Postharvest variation in cell wall degrading enzymes of papaya (*Carica papaya*) during ripening. Plant. Physiol. 72: 382–385.

- Petracek, P. D.; Joles, D. W.; Shirazi, A.; Cameron, A. C. 2002. Modified atmosphere packaging of sweet cherry (*Prunus avium* L., cv 'Sams') fruit: metabolic responses to oxygen, carbon dioxide and temperature. *Postharvest Biology and Technology* 24: 259-270.
- Pitt, J. I. and Hocking, A. D.. *Fungi and Food Spoilage*. Ed. Springer. New York. pp. 390
- Ploetz, R. C. and Prakash, O. 1997. Foliar, Floral and Soilborne Diseases. The Mango. Botany, Production and uses, Edited by R. E. Litz. CAB International. Wallingford, UK. Cap. VIII. pp. 284-285.
- Pospisil, f. y Harachova, B. 1984. A contribution to the study of the genus *Carica* form the point of view of breeding. *Carica papaya* floral biology and pollination. *Agric Tropical et subtropical*, Universitas Agriculturae Praga N° 17 pp. 95-106.
- Prusky, D. 2011. Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. *Business Media BV and International Society for Plant. Pathology* 2011.
- Rabea, E.; Badawy, M.; Stevens, C.; Smaghe, G., and Steurbaut, W. 2003. Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. *Biomacromolecules* 4: 1457–1465.
- Ralf, M. S.; Christof, B. S.; Annerose, H.; Esquivel, P and Reinhold, C. 2011. Characterization of chromoplasts and carotenoids of red- and yellow-fleshed papaya (*Carica papaya* L.) *Biomedical and Life Sciences Planta* 234 (5): 1031-1044, 2011.
- Ramos, R. F. X.; Alia, T. I.; López, M. V.; Colinas, L. M. T.; Acosta, D. C. M.; Tapia, D. A.; Villegas, T. O. 2009. Almacenamiento de frutas de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) H. E. Moore & Stearn) en atmósfera modificada. *Rev. Chap. S. Hort.* 15 (1): 17-23 2009.
- Robinson, S. D. 1991. *Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp. 313.314.
- Roller, S. and N. Covill. 1999. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. *International Journal of Food Microbiology* 47: 67-77.
- Rosenstein, S. M. L. 2002. *Diccionario de Especialidades Químicas*. PLM. Thomsom editorial 12ª edición. pp: 454, 504, 628, 1152, 1255, 1256, 1401, 1420, 1485.
- Ross, C. W. 2000. *Salisbury F. B. Fisiología de las plantas*. Madrid. pp. 276-278.

Sánchez, O. Á. 2003. Aplicación de tecnología incluyendo labores de cultivo en el sistema de producción de papaya maradol. Memoria de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. Noviembre 2003.

Santamaría, B. F.; Díaz, P. R.; Sauri, D. E.; Espadas, G. F.; Santamaría, F. J. M.; Larqué, S. A. 2009. Características de calidad de frutos de papaya maradol en la madurez de consumo. Agricultura técnica en México, 35 (3): 347-353.

Schlimme, D.; Rooney, M. 1997. Envasado de frutas y hortalizas mínimamente procesadas *In: Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas*. R., Wiley (eds.). Zaragoza, España. pp. 137-178.

SIACON

2011

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

Revisado el 3 de noviembre del 2012

Simón, A., González-Fandos, E., Tovar, V. 2005. The sensory and microbiological quality of fresh sliced mushrooms (*Agaricus bisporus*) packaged in modified atmospheres. International J. of Food Sci. and Tec. 40: 943-952.

Sisler, E. C.; Serek, M 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. Phy. Plan. 100 (3): 577-582.

Sommer, N. F.; Fortlage, R. J. and Edwards, D. C. 2002. Postharvest Diseases of select commodities. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Agriculture and Natural Resources. Third edition 2002.

Tavares, M. G. 2005. Effects of fungicides on the *in vitro* control of *Colletotrichum gloeosporioides*, the anthracnosis etiologic agent of the Papaya tree (*Carica papaya* L.). Cienc. Agotec. 29 (1): 52-59,.

Thumdee, S.; Ashariya, M; Chen, N. J.; Paull, R. E. 2010. Papaya Fruit Softening: Role of Hydrolases. Tropical Plant Biolog. 3 (2): 98-109, 2010.

Urbano, B. I.; Vasconelos, R.; Azzolini, M.; Jacomino, A. P.; Caruso, E. 2004. Chlorophyll fluorescence as a tool to evaluate the ripening of "Golden" papaya fruit. Postharv. Biol. Technol. 33: 163-173.

Vandenburg, L. E. y Wilder, E. A. 1970. The structural constituents of carnauba wax. journal of the America Oil Chemists' Society. 47 (12): 514-518.

- Vázquez, G. E.; Román, A. E. E. y Ariza, F. R. 2008. Fenología y unidades calor de genotipos de papayo en el sur de Tamaulipas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31 (3): 45-48.
- Wang, K.L. C.; Li, H.; Ecker, J. R. 2002. Ethylene biosynthesis and signaling networks. *Plant Cell* 14(Suppl) pp. 131–151.
- Yang, S. F.; Hoffman, N. E. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annu Rev. Plant. Phy.* 35: 155–189.
- Yu, T., H.; Li, Y. and Zheng, X. D. 2007. Synergistic effect of chitosan and *Cryptococcus laurentii* on inhibition of *Penicillium expansum* infections. *International Journal of Food Microbiology* 114: 261-266.
- Zhang, D.; Quantick, P. C. 1998. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 73: 763-767.

APÉNDICE

En el experimento dos, se analizaron cinco tratamientos distintos, solo que en el contenido del presente trabajo, se anula el tratamiento cuatro (por tener cubiertas similares a un tratamiento) y el cinco que es el que se aplicó el fungicida pasa a ocupar su número.

Cuadro 1a. Porcentaje de pérdida de peso, experimento 1.

TRAT	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7	Día 9	Día 11	Día 13	Día 14
1	3.183	6.691	9.688	12.381	15.995	19.993	24.604	26.519
2	2.739	6.226	9.064	11.619	15.020	18.729	22.724	24.341
3	2.898	5.882	8.683	10.848	13.658	16.904	20.258	21.701
4	2.141	4.148	6.175	7.695	9.902	12.109	14.675	15.715
5	2.969	6.179	9.060	11.519	14.556	17.980	21.434	22.904
6	2.500	4.915	7.330	9.010	11.416	13.729	16.144	17.257
7	2.458	5.129	7.389	9.238	11.696	14.043	16.508	17.836
8	2.534	5.048	6.872	8.787	10.908	13.029	15.844	16.656
9	3.187	6.348	9.026	11.361	14.634	18.504	21.725	23.470

Cuadro 2a. Análisis de varianza del porcentaje de pérdida de peso al noveno día.

Fuente	Suma de DF cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11 495.7187723	45.0653429	6.05	0.0001
Error	24 178.9146964	7.4547790		
Total correcto	35 674.6334688			

Cuadro 3a. Grado de severidad. 1 es muy superficial y 5 muy profundo.

TRAT	GDS
1	5
2	4.5
3	4.5
4	2.25
5	5
6	2.5
7	1.75
8	2.75
9	5

Cuadro 4a. Análisis de varianza del grado de severidad.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	23150.69444	2104.60859	6.91	<.0001
Error	24	7306.94444	304.45602		
Total correcto	35	30457.63889			

Cuadro 5a. Grado de atracción visual. 1 es muy atractivo y 5 nada atractivo.

TRAT	GDAV
1	5
2	5
3	4.25
4	4
5	5
6	3.75
7	2.25
8	2.5
9	5

Cuadro 6a. Análisis de varianza de la atracción visual.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	60.25000000	5.47727273	8.54	<.0001
Error	24	15.38888889	0.64120370		
Total correcto	35	75.63888889			

Cuadro 7a. Firmeza experimento 1.

TRAT	FIRM
1	4.488
2	4.125
3	5.625
4	7.138
5	5.013
6	8.225
7	6.850
8	7.488
9	5.050

Cuadro 8a. Análisis de varianza de la firmeza.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	68.4688889	6.2244444	1.68	0.1385
Error	24	88.7761111	3.6990046		
Total correcto	35	157.2450000			

Cuadro 9a. Sólidos solubles totales (°Brix)

TRAT	BRIX
1	7.625
2	7.775
3	6.65
4	7.75
5	7.3
6	7.05
7	8.175
8	6.9
9	7.2

Cuadro 10a. Carotenoides totales. Experimento 1.

TRAT	CAROT
1	1396.970
2	1398.370
3	1482.288
4	1067.660
5	1151.983
6	1422.458
7	1462.233
8	1055.733
9	1418.358

Cuadro 11a. Análisis de varianza de carotenos totales en el experimento 1.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	1963829.898	178529.991	2.46	0.0315
Error	24	1740487.515	72520.313		
Total correcto	35	3704317.413			

Cuadro 12a. Porcentaje de área dañada.

TRAT	PAD
1	52.5
2	51.25
3	33.75
4	10
5	67.5
6	20
7	46.25
8	52.5
9	100

Cuadro 13a. Porcentaje de pérdida de peso. Experimento 2.

TRAT	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9
1	1.384	2.748	4.344	5.840	7.432	8.921	10.069	10.772	11.768
2	1.094	2.267	3.378	3.806	5.511	6.466	7.227	7.951	8.654
3	1.201	2.329	3.446	4.499	5.643	6.654	7.467	8.223	8.987
4	0.909	2.152	3.171	4.105	5.118	6.029	6.761	7.404	8.057
5	1.279	2.782	4.431	6.118	7.931	9.620	10.598	11.612	12.622

Cuadro 14a. Análisis de varianza. Porcentaje de pérdida de peso al noveno día

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	74.1165601	10.5880800	2.61	0.0690
Error	12	48.6067465	4.0505622		
Total correcto	19	122.7233066			

Cuadro 15a. Firmeza. Experimento 2.

TRAT	Día 3	Día 6	Día 9
1	23.4666667	7.46666667	6.56666667
2	28.05833333	21.68333333	17.51333333
3	38.15333333	21.85333333	10.79
4	24.61333333	26.18	34.715
5	10.39	8.14	8.64

Cuadro 16a. Análisis de varianza de firmeza al tercer día.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	255.9494917	51.1898983	2.05	0.2041
Error	6	149.9455333	24.9909222		
Total correcto	11	405.8950250			

Cuadro 17a. Sólidos solubles totales (°Brix). Experimento 2.

TRAT	Día 3	Día 6	Día 9
1	10.2	8.6	9.1
2	10.8	9.8	9.8
3	10	9.2	10.4
4	10.2	8	8.2
5	9.6	11	11.2

Cuadro 18a. Análisis de varianza de sólidos solubles totales al noveno día

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	21.24750000	4.24950000	1.39	0.3471
Error	6	18.37500000	3.06250000		
Total correcto	11	39			

Cuadro 19a. Acidez Titulable. Experimento 2.

TRAT	Día 3	Día 6	Día 9
1	0.094	0.0893	0.0788
2	0.15666667	0.0782	0.09733333
3	0.19366667	0.09646667	0.10313333
4	0.03166667	0.3197	0.08913333
5	0.02833333	0.0719	0.09823333

Cuadro 20a. Análisis de varianza de acidez titulable al noveno día.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	0.00112809	0.00022562	0.83	0.5716
Error	6	0.00163056	0.00027176		
Total correcto	11	0.00275864			

Cuadro 21a. Fenoles totales. Experimento 2.

TRAT	Día 3	Día 6	Día 9
1	384.323333	513.4	600.05
2	525.473333	662.9	691.55
3	732.95	551.55	770.1
4	800.1	614.35	605.8
5	717.25	650.1	858.65

Cuadro 22a. Análisis de varianza de fenoles al noveno día.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	140751.6244	28150.3249	1.67	0.2733
Error	6	100881.1913	16813.5319		
Total correcto	11	241632.8156			

Cuadro 23a. Carotenos Totales. Experimento 2

TRAT	Día 3	Día 6	Día 9
1	36.43	31.5866667	24.2366667
2	32.3766667	36.15	28.4433333
3	33.41	28.8533333	43.45
4	33.88	31.7633333	27.7466667
5	34.12	33.71	42.2233333

Cuadro 24a. Análisis de varianza de carotenoides totales al noveno día

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	848.813183	169.762637	2.33	0.1665
Error	6	437.456783	72.909464		
Total correcto	11	1286.269967			