



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Efecto del recubrimiento con quitosano
en la calidad postcosecha del fruto de
Escontria chiotilla (F.A.C. Weber ex K. Schum) Rose.

T E S I S

Que para obtener el Título de

BIÓLOGA

Presenta

Lucero Pérez Domínguez

M. en C. Antonia Trujillo Hernández

Director de Tesis



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla de Baz, Estado de México. 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Como pequeña muestra de mi gratitud este trabajo es para las personas a quien debo la vida:

Irma Estela Domínguez Cisneros y Francisco Pérez Soto

Porque tal vez no exista forma de recompensar tantos años de sacrificio, de trabajo arduo y horas de desvelo, pero deben saber que la fuerza que me impulsa siempre a alcanzar mis sueños es su ejemplo de superación, su apoyo y amor incondicional.

Gracias por creer en mí

A mis hermanas:

Nan, Blanquis e Irmita

Por la bendición de tenerlas como hermanas, gracias por todos los juegos, las risas por las bromas tontas, las discusiones y las confidencias compartidas, gracias por acompañarme.

Gracias por estar siempre y a cada paso

A mis adorados sobrinos:

Francisco, Ian, Diego y Jacqueline

Porque han llenado de luz y sentido mi vida.

Gracias por sus risas que colman de alegría nuestra casa... Los Amo

A mis más que primos, hermanos:

Hugui Vega e Ivan

A mis tíos y tías:

Carlos, Consuelo, Cruz, Hugo, Silvia, y Elena

A mis cuñados:

Héctor J. Rosas y Refugio Fuentes

Por luchar al lado de mis hermanas

Con cariño para mis queridos abuelitos:

Herlinda Soto y Antonio Domínguez

AGRADECIMIENTOS

*A Dios por darme la fortaleza para llegar a este momento de mi vida,
y permitirme estar en compañía de las personas que amo.*

*A Aarón Guzmán Bello por formar parte esencial de esta etapa de mi vida, gracias por todo el apoyo
que quisiste darme, por las enseñanzas y momentos maravillosos vividos a tu lado,
gracias por enseñarme a ver lo invisible, a escuchar lo insonoro... gracias por enseñarme a soñar.*

*Especialmente a mi asesora la M. en C. Antonia Trujillo Hernández, porque este trabajo no hubiese
sido posible sin su financiamiento, apoyo, y coordinación, gracias por la inmensa paciencia y
dedicación a nosotros sus alumnos. Por las horas midiendo fruto por fruto, explicando la fisiología y
sobre todo gracias por la amistad y la experiencia de vida que tuve oportunidad de ganar bajo su
tutela.*

*A la M. en M. María Graciela Molina, por la ayuda y el tiempo dedicado.
Gracias a ambas por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto y por ofrecerme su amistad.*

A quienes con su colaboración hicieron posible el desarrollo de esta investigación:

Familia Hernández Escobar, por abrir las puertas de su casa y su corazón.

*A la Señora Antonia, gracias por consentirnos con cada gesto lleno de cariño, a Don Vicente por
alegrar nuestro trabajo y hacer tan gratas las visitas al campo, a Conra y a Isra por la compañía, y la
disposición a trabajar en los quitotillales con el calor agobiante y la vegetación espinosa de Venta
Salada.*

Gracias por hacerme sentir siempre en casa.

*A Edson Mario Espinoza Graciano por su aportación fotográfica a esta investigación, gracias por
compartir tu "perspectiva" de la vida.*

*Por su enorme colaboración al Dr. Manuel Mandujano Piña, a quien agradezco su completa
disposición en las colectas de campo, fases experimentales, medición de síntesis de etileno y CO₂ y
asesoría en la redacción y análisis estadístico del presente trabajo, gracias por compartir sus
conocimientos, pero sobre todo gracias por el tiempo y la amistad brindados.*

*Externo mi agradecimiento al M. en C. Ismael Aguilar Ayala, quien con sus observaciones y
conocimientos sobre la fisiología postcosecha, así como sus consejos y críticas al manuscrito final,
contribuyó a la culminación satisfactoria de esa tesis.*

*Gracias por el generoso apoyo moral y consejos
que me permiten acercarme a la investigación científica.*

*Por sus acertados comentarios, a mis sinodales
Dr. Diodoro Granados Sánchez y Biól. Diana Herrera Rojas*

*A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM,
por regalarme las herramientas para forjar una vida.*

*Un guerrero nunca olvida la gratitud.
Durante la lucha, lo han ayudado los ángeles;
las fuerzas celestiales han puesto cada cosa en su sitio
y le permitieron dar lo mejor de sí.*

*Por eso, cuando el sol se pone,
se arrodilla y da gracias al Manto Protector que lo rodea.*

*Los compañeros comentan: ¡qué suerte tiene!
Pero él entiende que “suerte” es saber ver a los lados
y ver dónde están sus amigos:
porque fue gracias a lo que ellos decían
como los ángeles consiguieron hacerse oír.*

P. Coelho

A mi querida amiga

Verónica Duarte Sánchez

*Por el inicio tan raro de esta amistad tan sólida, llena de locuras,
risas, momentos agradables y madrugadas sin dormir sólo para seguir charlando.*

Gracias por permitirme entrar en tu vida.

*A mis amigos, con quienes me fue posible vivir de cerca la Biología en el aula y el campo:
Emilio Hernández H., C. Angélica Martínez S., Laura Mondragón O., Diana Isabel Sánchez,
Enrique Gildardo Velasquillo, Judith Salaz O., Rodolfo Becerril y Tomás López A.
Porque fue un verdadero gusto aprender a su lado y trabajar con ustedes.
Gracias por todos los momentos de presión, de tanta risa y de tonterías compartidas...*

*Y a quienes tuve la oportunidad de conocer en el Laboratorio de Fisiología de Semillas y
Bacteriología, y poseo el honor de tener como amigos: Fernando Piña M. por todo el apoyo técnico,
moral, por tu tiempo, por escucharme y hacerme reír, Gracias.*

A Angélica Rex C., Juan Alejandro de Olarte, Elvia, Rubén Rosalino y Carlos Sánchez.

Índice General

Índice General	II
Lista de Figuras	III
Lista de Cuadros	IV
Resumen	VI
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
2.1 Uso de los frutos de cactáceas	4
2.2 <i>Escontria chiotilla</i>	5
• Descripción Botánica	5
• Distribución geográfica	6
• Propagación	7
• Producción	7
2.3 Fruto de la Jiotilla	8
• Composición química de la Jiotilla	9
• Usos de la Jiotilla	10
• Comercialización de la Jiotilla	10
2.4 Uso de películas biodegradables en frutos	13
2.5 Quitosano	16
• Quitosano en frutas	19
• Uso del quitosano en frutos de algunas cactáceas	19
2.6 Atributos de calidad en el fruto	20
• Características físicas	20
• Características químicas nutricionales	21
3. Objetivos	22
4. Procedimiento Experimental	24
4.1 Área de colecta de frutos	24
4.2 Curva de Crecimiento	25

4.3 Material experimental	25
• Cosecha	25
• Preenfriamiento	25
• Sanitizado	26
• Transporte	26
4.4 Diseño Experimental	26
• Factores experimentales	26
• Nivel de los factores experimentales	26
• Tratamientos	27
• Aplicación de los tratamientos	27
• Unidad experimental	27
4.5 Variables de respuesta	28
• Técnicas de evaluación de variables de respuesta	28
5. Resultados y Discusión	32
5.1 Curva de Crecimiento del fruto	32
5.2 Efecto del recubrimiento con quitosano y temperatura de almacenamiento sobre las características físicas del fruto	38
• Masa	38
• Volumen	42
• Cambio de coloración	44
• Firmeza	45
5.3 Efecto del recubrimiento con quitosano y temperatura en el Almacenamiento del fruto de <i>Escontria chiotilla</i> sobre sus características químicas	47
• Sólidos Solubles Totales	47
• Acidez Titulable	49
• Carbohidratos reductores	51

5.4 Efecto del recubrimiento con quitosano en la síntesis de etileno	
y CO ₂	52
• Síntesis de etileno	52
• Producción de CO ₂	53
6. Conclusiones	56
7. Recomendaciones	57
8. Anexo	58
9. Literatura Citada	65

Resumen

La *Escontria chiotilla* posee un fruto comestible comúnmente denominado jiotilla, que ha sido considerado como recurso alternativo para los habitantes de las zonas donde éste se desarrolla, sin embargo, su alta producción en la época de cosecha, aunado al carácter perecedero de estos frutos son factores que impiden su comercialización. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del quitosano en la conservación de la calidad postcosecha del fruto de *Escontria chiotilla*. Para ello, se midió el crecimiento en 5 frutos de *Escontria chiotilla* de diferentes plantas en Venta Salada, Puebla. Para su conservación en postcosecha se cosecharon frutos de plantas silvestres durante el mes de mayo de 2008, éstos se sometieron a preenfriamiento y sanitizado, posteriormente se les aplicó un diseño completamente al azar utilizando como factores al recubrimiento con quitosano, con los niveles de 0.0%, 0.3% y 0.8% p/v y la temperatura de almacenamiento a 4 y 22±2°C, las variables evaluadas fueron: pérdida de masa, volumen, firmeza, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y carbohidratos reductores, durante 4, 7, 9 y 10 días, así mismo se midió la producción de etileno y respiración, en frutos con y sin recubrimiento, durante 10 días de almacenamiento a 22±2°C. Los resultados indicaron que el fruto de jiotilla presentó una curva de crecimiento doble sigmoide. El recubrimiento con quitosano no presentó efecto sobre las variables: volumen, firmeza, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y carbohidratos reductores. En cuanto a la temperatura, en refrigeración a 4 °C, el recubrimiento con quitosano disminuyó la pérdida de masa (11%) en relación al testigo (13%), y aumento el contenido de carbohidratos reductores (17.3 g/100g) con respecto a los frutos almacenados a temperatura ambiente (17.0 g/100g). En relación al efecto por el recubrimiento con quitosano en la síntesis de etileno y CO₂, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, los frutos sin recubrimiento tuvieron los valores más altos para ambas variables, mientras los frutos con recubrimiento 0.8% presentaron disminución en la producción de CO₂ durante el almacenamiento. De acuerdo a los resultados obtenidos en la síntesis de etileno y respiración, no se encontró un incremento máximo en la producción de CO₂ y etileno en la postcosecha del fruto de *Escontria chiotilla*, lo que indica que este fruto es no climatérico

Palabras clave: jiotilla, película de quitosano, fisiología postcosecha

1. INTRODUCCIÓN

Las frutas nativas están bien adaptadas a las condiciones de las regiones donde crecen y se desarrollan pero, hoy en día, el conocimiento tradicional acerca de su uso y manejo está desapareciendo, la mayoría de ellas son subutilizadas y presentan limitaciones para alcanzar la calidad mercantil. Entre las principales causas son la falta de conocimiento acerca de su biología básica y de los requerimientos comerciales (Armella y Yáñez, 1997). En cuanto al conocimiento científico, se ha generado muy poco por lo que no se conoce plenamente su calidad, productividad y comercialización (Gamarra *et al.*, 2004).

De entre las frutas nativas, las cactáceas ocupan un lugar destacado ya que en la población indígena y rural, han sido un recurso alimenticio importante, especialmente por el agua que contienen sus tejidos, por la gran cantidad de hidratos de carbono en sus frutos y por las proteínas y grasas de las semillas, lo que las caracteriza como recursos naturales útiles para el desarrollo sustentable en regiones semiáridas que presentan condiciones adversas para el manejo de un sistema de cultivos variado y donde la pobreza económica es una consecuencia de los suelos deficientes y la escasez de agua, entre otros factores (Morales *et al.*, 2004; González, 2006; Martínez *et al.*, 2006).

Como muchas otras especies de la familia Cactaceae, la *Escontria chiotilla*, posee un fruto comestible conocido comúnmente como jiotilla, del que se ha considerado su utilización como artesanal, sin embargo, no ha sido formalmente estudiada (Yáñez *et al.*, 2004).

La recolección de la jiotilla se realiza de manera complementaria durante el pastoreo del ganado y los frutos suelen ser vendidos en las plazas y mercados como fruta de temporada. Su alta productividad, sabor agradable y facilidad de manipulación debido a la ausencia de espinas; hacen de este fruto un recurso alternativo con el potencial para llenar los requerimientos nutricionales y mejorar la economía de los habitantes de las zonas donde se desarrolla (Nieto, 1980; Armella *et al.*, 2000; Mandujano, 1988).

Durante la temporada de cosecha la jiotilla presenta una alta concentración en la producción de frutos que se conservan durante muy poco tiempo, haciendo necesario el desarrollo de técnicas que permitan un manejo postcosecha adecuado a este fruto, que prolongue sus características como producto fresco. Para resolver esta problemática se debe considerar frenar el proceso metabólico de la maduración de la fruta después de haber sido colectada.

Actualmente la constante demanda de frutas mínimamente procesadas y la exigente regulación fitosanitaria de organismos nacionales e internacionales, hace necesario el estudio de los efectos del uso de tratamientos superficiales para ampliar la vida en almacén, recientemente se han utilizado recubrimientos comestibles en frutas, ya que su impacto tecnológico es equivalente al de una atmósfera modificada (Baldwin *et al.*, 1996). Uno de los recubrimientos más utilizados es el quitosano, es un polímero biodegradable con propiedades formadoras de películas semipermeables, que se ha destacado por su aplicación en frutas y hortalizas ya que la mayoría de las veces favorece una mayor vida en almacenamiento debido a su poder antimicrobiano y a sus propiedades antioxidantes.



Figura 1 *Escontria chiotilla* en su hábitat, Venta Salada, Puebla.

Foto Edson Mario Espinoza Graciano

2. ANTECEDENTES

2.1 Uso de los frutos de cactáceas

Las cactáceas no solo se han considerado como especies clave dentro de las comunidades bióticas de las zonas áridas y semiáridas de México (Tenango, 2004) sino que además son plantas que tienen numerosos y variados usos, se han aprovechado principalmente como alimento, ya sea utilizando sus tallos como los nopales y dulces de biznaga, sus flores, las cuales se emplean como hortaliza, ó sus frutos (González, 2006). Los frutos de cactáceas son en su mayoría comestibles a excepción de las especies más primitivas pertenecientes a la subfamilia Pereskioideae.

Tunas, xoconoxtles, garambullos, pitayas, pitahayas, quiotillas, tunillos y teteches, entre otros, son los más utilizados, pues se conocen desde la época prehispánica hasta nuestros días (Arias *et al.*, 1997).

Particularmente en el Continente Americano, las cactáceas son usadas como materia prima en la elaboración de una gran variedad de alimentos tales como queso de tuna, miel de tuna, aceite de las semillas, caramelos, bebidas fermentadas y jarabes, entre otros (Inglese *et al.*, 1995; Anderson, 2001; Mnkeni y Brutsch, 2002). Actualmente, en países como México e Italia, se elaboran y comercializan frutos secos, nopales en almíbar y encurtidos, jaleas y mermeladas de pulpa y cáscaras de tunas (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1995), e incluso la utilización de los desperdicios del fruto como alimento para forraje (Tripodo *et al.*, 2002; Soriano *et al.*, 2005).

En general en las zonas áridas las cactáceas permanecen subutilizadas como fuentes de alimento, y en la mayoría de los casos, los frutos sólo se comercializan a la orilla de las carreteras durante su cosecha. No obstante, las cactáceas como frutas presentan un interesante potencial aún fuera de las zonas en que son producidas, ya que pueden formar parte de un grupo muy variado de alimentos, constituyendo además una fuente importante de vitaminas.

El aprovechamiento agroindustrial de los frutos de las cactáceas es escaso por la carencia de estudios biológicos, específicamente de la demografía, biología floral y de la fisiología postcosecha, así como la aplicación de métodos de almacenamiento y la transferencia de tecnologías para su manejo y conservación (Arias *et al.*, 1997).

2.2 *Escontria chiotilla*

2.2.1 Descripción Botánica

Orden: Cactales Britton et Rose

Familia: Cactaceae Lindley

Subfamilia: Cereoideae Schum

Tribu: Pachycereae Buxb

Género: *Escontria* Rose

Especie: *Escontria chiotilla* (F.A.C. Weber ex K.Schum) Rose.

Nombres comunes: , “chiotilla” , “quiotilla”, “chonosle”, “xonostle” o “jiotilla”

La *Escontria chiotilla* es una planta arborescente de 3 a 4 m de altura, tronco recto de aproximadamente 40 cm de diámetro, presenta numerosas ramificaciones rígidas de color verde oscuro con un diámetro de hasta 20 cm, dicotómicas, con 7 a 8 costillas prominentes algo crenadas, agudas areolas muy próximas, a menudo confluentes, elípticas de aproximadamente 1 cm de longitud con fieltro grisáceo (Fig.1, 2 y 3). El número de espinas radiales oscila entre 10 a 15 espinas cortas, subuladas, rectas, extendidas, en ocasiones dirigidas hacia abajo, 3 a 5 espinas centrales, rectas, subuladas, ligeramente aplanadas, muestran coloraciones café grisáceo y la punta más oscura, siendo una de mayor tamaño (7 cm de longitud) (Méndez, 1988; Martínez *et al.*, 2006; Ruiz, 2006).

De acuerdo con Nieto (1980) la *Escontria chiotilla* presenta floración diurna, que ocurre durante los primeros meses del año, sin embargo, Reyes y colaboradores (2004) indican que esta planta presenta floración dos veces al año, de marzo a mayo y de julio a agosto. Sus flores son infudibuliformes, localizadas en el ápice

de las ramas, llegan a medir 3 cm de longitud (incluyendo el ovario); segmentos anteriores del perianto amarillos, acuminados; pericarpelo con brácteas papiráceas translúcidas, brillantes, acuminadas, pungentes; axilas sin lana ni cerdas; estambres amarillos; estigma con 8 a 10 lóbulos (Nieto, 1980).

Presenta semillas pequeñas de 1.0 -1.5 mm de longitud, con amplio hilio basal de color negro opaco y testa rugosa con crestas de células irregulares cubiertas con prominentes estrías cuniculares (Martínez, 1987; Mandujano, 1988; Huerta, 1998).

2.2.2 Distribución geográfica

Escontria chiotilla se encuentra registrada para la cuenca del Balsas, en el área del río Tepalcatepec, cuenca alta del Papaloapan; en Oaxaca, región de Cuicatlán, Teotitlán y Totolapan; se le ha colectado en el cañón del Zopilote, Guerrero; en la presa del infiernillo, Michoacán y de manera abundante en el Valle de Tehuacán, Puebla, principalmente en los poblados de Calipam y Coxcatlán, así como en el estado de Morelos (Bravo-Hollis, 1978; Nieto, 1980; Reyes *et al.*, 2004).

Estimaciones hechas por Piña (citado por Méndez 1988) indican que aproximadamente en un 40% del territorio Oaxaqueño (32.000Km²) se desarrolla la *Escontria chiotilla*, esta superficie se distribuye principalmente en las regiones de los Valles Centrales de la Mixteca y la Cañada.

De acuerdo a Ortega (2001) la distribución diferencial de esta especie, en Barranca de Muchil (San Rafael Coxcatlán) puede explicarse por las variaciones en el establecimiento relacionado con los requerimientos hídricos para la germinación de semillas y supervivencia de plantas, reporta que se encuentra asociada a suelos con texturas gruesas y potenciales hídricos altos. Al respecto Martínez y colaboradores (2006) mencionan que *Escontria chiotilla* crece en zonas semiáridas, en lugares planos o de poca pendiente, prospera en terrenos áridos, pedregosos, erosionados o deforestados y requiere poco consumo de agua.

Se encuentra asociada a otras cactáceas de gran tamaño y especies arbóreas propias del matorral micrófilo; a menudo forma agrupaciones llamadas quiotillales (Casas *et al.*, 2001).

2.2.3 Propagación

A pesar del amplio uso de los frutos de la *Escontria chiotilla*, existe poca información acerca de las prácticas culturales para su propagación y establecimiento de huertos (López *et al.*, 2000). Actualmente la jiotilla no se cultiva ya que crece de forma silvestre en el “monte”, llegando a ser dominante en algunas comunidades vegetales (Franco, 2004). Al ser sometida a tratamientos de propagación vegetativa la jiotilla no mostró respuesta favorable después de un año de la siembra (López *et al.*, 2000). Generalmente, su propagación se realiza a través de semillas, donde la temperatura óptima de germinación es de 30 °C; y los porcentajes de germinación son elevados dependiendo de la cantidad de años transcurridos después de la cosecha (Oaxaca- Villa *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2007; Peña *et al.*, 2007).

2.2.4 Producción

De acuerdo con lo indicado por Nieto (1980) la producción comienza a los cinco o seis años, a partir de entonces se mantiene una producción constante al respecto Tenango (2004) señala que en condiciones naturales tardan de 6 a 8 años para producir elementos florales y frutos después de haber germinado. Su época de fructificación, se da entre abril y julio; la producción por rama es de 3 a 5 frutos sin embargo, no es constante de un año a otro y es afectada por la temperatura, precipitación pluvial y orientación de las ramas (Huerta, 1998; Martínez, 1987). De acuerdo a Flores y colaboradores (s/a), la *Escontria chiotilla* muestra mayor número de frutos en las orientaciones Norte y Este, existiendo una relación con la temperatura, la precipitación pluvial y la orientación, con relación a ello, Huerta (1998) reporta para la localidad de Venta Salada, Puebla, que la productividad entre las orientaciones es igual.

Arellano y Casas (2003) señalan que frutos de árboles de poblaciones con manejo silvicultural son generalmente largos, pesados y con alto contenido en pulpa. Y que los fenotipos de árboles producen frutos mejores, fueron significativamente más abundantes en poblaciones manipuladas, que poblaciones no manipuladas.

En una estimación realizada por Pérez-Negrón (2007) en Santiago Quiotepec, Oaxaca, el jiotillal (como unidad ambiental) produce 97.5Kg de fruta de *Escontria chiotilla*, aproximadamente 8,223 frutos por hectárea. Por su parte Yáñez y cols. (2004) reportan una producción anual de 22,725 frutos de jiotilla por hectárea en La Mixteca, Oaxaca.

2.3 Fruto de la Jiotilla

Los frutos de *Escontria chiotilla* comúnmente denominados “jiotilla” son frutos globosos, escamosos de color café rojizo, de 3.5 cm de diámetro, pulpa purpurina, dulce, comestible (Bravo-Hollis, 1978).

Armella y colaboradores (2000) mencionan que cada fruta madura por separado, y que es frecuente encontrar en el mismo árbol desde primordios florales hasta frutos maduros. De acuerdo a la tasa respiratoria evaluada por Huerta (1998) para el fruto de *Escontria chiotilla*, sugiere que este fruto podría ser de tipo climatérico.

La pulpa en la madurez es de color guinda a morada, algo fibrosa y granulosa y con diminutas semillas negras, pulpa suave, jugosa, de aroma característico y ligero sabor agrídulce (Ruiz, 2006) (Fig.4).

Huerta (1998) recomienda su colecta a partir del día 72 después de la antesis, en la madurez fisiológica, en el que se obtiene su mayor tamaño y menor porcentaje de cáscara. Por su parte Ruiz (2006) sugiere que el estado camagua es el óptimo para la cosecha. Al respecto, Ruiz (2006) concluyó que las características estructurales determinadas a partir del desarrollo del fruto de *Escontria chiotilla*, identifican al estado camagua definido por la suspensión de multiplicación y expansión celular, desarrollo completo de la semilla, modificaciones a nivel de la bráctea, colapso del aerénquima y desarrollo del color a partir de acumulación de cromoplastos y acumulación de pigmentos en vacuolas.

Sin embargo, es poca la información sobre el manejo, conservación y aprovechamiento del fruto de *Escontria chiotilla* a pesar de ser un recurso potencial en las zonas donde se desarrolla.

2.3.1 Composición química de la “jiotilla”

La composición química del fruto de *Escontria chiotilla* ha sido documentada por diversos autores:

	Huerta (1998)	Soriano (2007) ¹	Yáñez (2004)	Méndez (1988)	Arnaud (1997)
Loc. de Procedencia	Venta Salada, Puebla	Sn.Juan Joluxtla, Oaxaca	Chazumba, La Mixteca, Oaxaca	Camotlán, Oaxaca	
°Brix	9	0.0±0.1%	11-12	8.5±1.8	--
Azúcares reductores	3.39 g/100g	--	--	6.52±0.1%	15.16%
Azúcares totales	5.46g/100g	4.5%	--	7.3%±0.5	10.14%
Acidez	0.06%	0.6%	--	0.3%±0.05	--
pH	4.2	--	3.9-4.0	4.5	--
Acido cítrico mg/100ml	5.06	0.6±0.01 %	--	12.01±0.32 ²	--
Nitrógeno en Pulpa	--	0.66±0.03%	--	--	--
Humedad	72.73%	0.40±0.02 %	--	80.05%±1.95	--
Pectinas	0.31%	--	--	--	0.15%
Betaxantinas amarillas	--	0.01%	--	--	--
Betacianinas rojas	--	0.01%	--	--	--

Cuadro 1 Composición química del fruto de *Escontria chiotilla* de acuerdo a diversos autores.

¹El autor no indica la técnica utilizada para la evaluación de estos componentes de la calidad.

²Cantidad de Acido Ascórbico

2.3.2 Usos de la “jiotilla”

Los frutos se consumen en fresco o se emplean para elaborar vino, aguas frescas, mermeladas para consumo familiar, postres, jarabes, deshidratados y concentrados para endulzar raspados, nieves y paletas (Arias *et al.*, 2001; Sánchez, 2002; Yáñez *et al.*, 2004).

Arnaud (1997, citado por Yáñez *et al.*, 2004) señala que dado su alto contenido en pectina, azúcares y azúcares totales, el jugo de jiotilla puede ser utilizado para la elaboración de dulces.

Asimismo, este fruto ha sido propuesto como alimento para ganado, debido a su alto contenido de azúcares reductores, similares a los contenidos por la melaza de caña de azúcar (Soriano *et al.*, 2005). Además, se han realizado estudios que proponen a la jiotilla como una fuente viable en la obtención de pigmentos rojos y amarillos, para ser usados como colorantes en la industria alimentaria (Ramos, 1983; Pimentel, 1984; Franco, 2004; Soriano *et al.*, 2007).

2.3.3 Comercialización de la “jiotilla”

El fruto de *Escontria chiotilla* es comestible, por lo que, este frutal es de interés comercial, tiene gran demanda por sus propiedades organolépticas y un alto consumo de la fruta en fresco, sin embargo, debido a que en *Escontria chiotilla* el crecimiento y desarrollo es muy lento y aunado al hecho de la falta de conocimiento científico para el manejo de esta especie, hasta ahora su comercialización no es rentable y en consecuencia se distribuye sólo de forma local o regional (Armella *et al.*, 2000; Franco 2004; Tenango, 2004).

Este fruto se cosecha de plantas en estado silvestre durante los meses de Mayo a julio, su colecta se realiza como una actividad complementaria durante el pastoreo del ganado caprino y es vendida en los mercados regionales. Con respecto a la cosecha, Mandujano (2002) menciona que la producción de frutos con calidad comercial para Venta Salada, Puebla muestra un pico máximo durante el mes de mayo.

Concerniente a ello, Yáñez y colaboradores (2004) indican que la jiotilla pierde su calidad en no más de siete días. Sin embargo, la pulpa conserva tiempo suficiente para ser extraída y congelada o procesada como mermelada u otro producto.

Pérez-Negrón (2007) señala que de acuerdo con información recabada en los mercados locales de Ajalpan, Zinacatepec, Teotilán, Tecmovaca, San Juan de los Cues, Santiago Quioitepec y Cuicatlán, pertenecientes al estado de Puebla y Oaxaca el precio de los frutos de *Escontria chiotilla* varía a lo largo de la temporada, entre mercados y dentro de un mismo mercado. Los precios por kilogramo de jiotilla van de los \$16.00 a los \$40.00, siendo el precio promedio de \$25.46.

Además, indica que el valor económico total de frutos de cactáceas columnares en una hectárea de jiotillal, es de \$2,691.15, mientras que el valor económico promedio de una hectárea de maíz de temporal es de \$1,252.00 ha/año. Esta comparación permite observar que el valor económico total de frutos de cactáceas columnares en una hectárea de jiotillal es superior en un 53.48% al potencial económico de una hectárea de maíz. Y puntualiza que el valor económico total por hectárea solamente del fruto “jiotilla” sería de \$2,482.35.

Tinoco y colaboradores señalan que en el Valle de Tehuacán se realiza el manejo silvícola de *Escontria chiotilla*, en el que la gente practica una selección artificial mejorando los fenotipos con frutos largos, e indican que el manejo silvicultural ha provocado una reducción incipiente de la variación genética en las poblaciones. Al respecto, Oaxaca-Villa y colaboradores (2006) reportan que a través del manejo silvicultural se está llevando a cabo una selección artificial incipiente, contrarestanda por el alto flujo genético entre las poblaciones manejadas y silvestres.

2



3



4



Figura 1 *Escontria chiotilla*. Vista lateral del ápice de una rama con frutos.

Figura 2 *Escontria chiotilla*. Ápice de una rama con yemas florales (Y).

Figura 3 “Jiotilla”, Vista del corte transversal de un fruto sin cáscara.

Fotografías Edson Mario Espinoza Graciano

2.4 Uso de las películas biodegradables en frutos

El aumento en el consumo de frutas frescas y los requerimientos mundiales de la conservación de los recursos, están forzando a la agroindustria a aplicar técnicas de preservación mínimas para obtener productos de características similares a las frescas y que demanden menos energía para la estabilización, almacenamiento y distribución (Schwartz, 1993). Los tratamientos químicos superficiales para la conservación de frutas; de entre ellos el uso de películas protectoras es una práctica que se ha hecho muy común en las últimas décadas, además su uso ha figurado como posible solución a problemas de contaminación ambiental y manejo de residuos sólidos causados por los envases sintéticos (Pinotti *et al.*, s/a), a este respecto se ha desarrollado una extensa gama de productos poliméricos para el envasado de frutos y hortalizas. (Baldwin *et al.*, 1996)

Krochta y De Mulder-Johnston, (1997) clasificaron los componentes de las películas en: lípidos, hidrocoloides y compuestos. Los lípidos incluyen ceras, ácidos grasos y acilgliceroles. Mientras que los hidrocoloides pueden ser proteínas, alginatos, pectinas, derivados de celulosa, almidones y otros polisacáridos. Por último, los compuestos, presentan elementos lipídicos e hidrocoloides.

Los hidrocoloides que se emplean para la formación de películas y recubrimientos comestibles y biodegradables son proteínas y polisacáridos.

Las películas de polisacáridos incluyen las que son a base de celulosa y sus derivados, almidones, dextrinas y quitosano, entre otras (Miranda *et al.*, 2003), y pueden emplearse para extender la vida de anaquel de frutas y hortalizas ya que consiguen reducir los niveles internos de O₂ y elevar los niveles de CO₂, reduciendo su deshidratación, oxidación lipídica y obscurecimiento superficial. Otros de los beneficios de los recubrimientos a base de polisacáridos son: a) Retención de sabor, ácidos, azúcares, textura y color, b) mayor estabilidad durante el embarque y almacenamiento, c) mejor apariencia y d) reducción de

putrificaciones ya que se decrece la posibilidad de que las condiciones anaeróbicas que generan los productos de fermentación (etanol, acetaldehído y lactato) den como resultado olores y sabores desagradables, muerte del tejido y crecimiento de microorganismos patógenos anaeróbicos, se presenten (Bosquez *et al.*, 2000; Zagory y Kader, 1988).

Las operaciones mecánicas durante el procesado mínimo de frutas facilitan la liberación de enzimas contenidas en células dañadas y en la mayor parte de los casos estimulan la síntesis de etileno. En consecuencia, estos productos presentan un metabolismo acelerado por las operaciones de procesado como el corte durante la cosecha, rozamiento durante el transporte y almacenamiento, entre otros, lo cual se traduce en un incremento de los fenómenos de respiración y transporte entre el alimento y el medio que lo rodea. Los recubrimientos comestibles de distinta naturaleza pueden contribuir a retrasar la senescencia (Fig. 6).

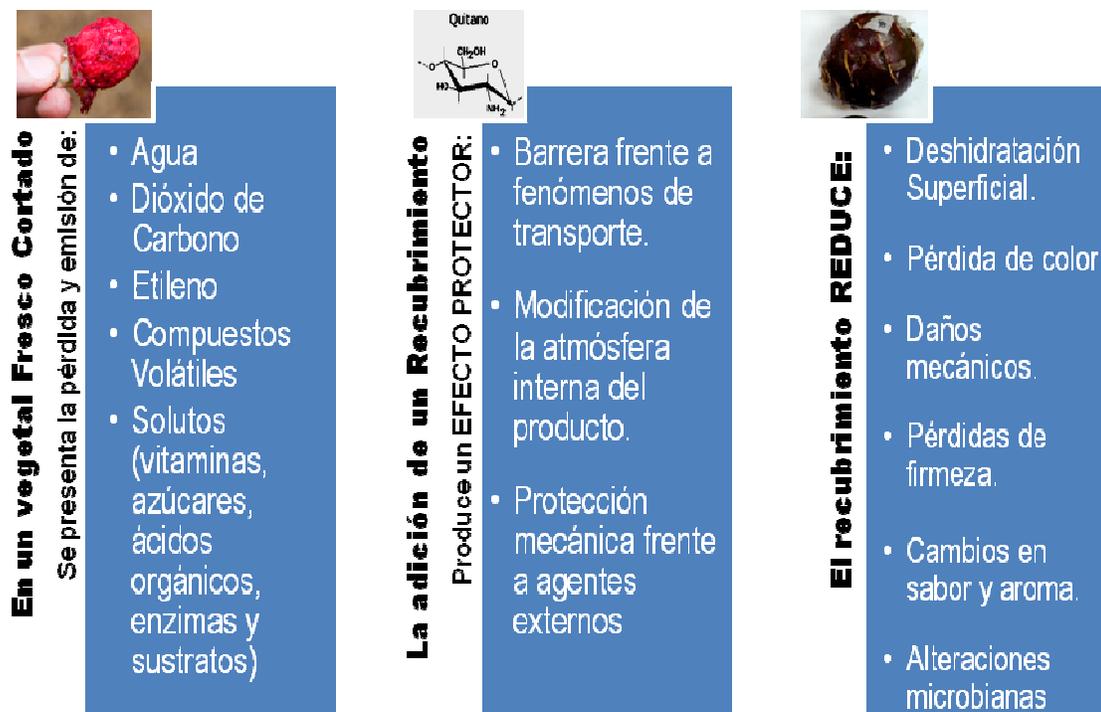


Figura 4 Efectos físicos y químicos del recubrimiento comestible sobre un vegetal fresco

(Modificado de Martín y cols. 2005).

Entre las propiedades funcionales específicas para un recubrimiento comestible susceptible de ser empleado para la conservación de frutas destacan las siguientes:

- Reducir la pérdida de agua y solutos. La deshidratación superficial es uno de los principales problemas que afectan la calidad de frutas y hortalizas cortadas. Este fenómeno se traduce en pérdida de masa y generalmente se da por el paso de vapor de agua del alimento al medio circundante.
- Limitar el intercambio gaseoso entre el producto y la atmósfera adyacente. Los recubrimientos con escasa permeabilidad al oxígeno permiten reducir las reacciones de oxidación, mayoritariamente enzimáticas, que se dan en la superficie de frutas y hortalizas. Asimismo, pueden reducir el intercambio de compuestos volátiles y mejorar, por tanto, la calidad organoléptica de los productos tratados.

De acuerdo a Kester y Fennema (1986):

- Reducir la migración de grasa y aceites
- Reducir el transporte de solutos
- Mejorar las propiedades mecánicas de los alimentos tales como la dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad.
- Proveer una mayor integridad de los alimentos
- Contener aditivos como aceites, lecitina, creas, ácidos grasos y derivados.

2.5 Quitosano

La quitina es el componente más importante del exoesqueleto de los invertebrados como por ejemplo anélidos, artrópodos, moluscos y también de algunos hongos. Por medio de la desacetilación alcalina o enzimática de la quitina se obtiene el quitosano (Fig. 6), éste es un polímero natural, biodegradable y no tóxico que se obtiene principalmente del exoesqueleto de camarones y cangrejos (Bautista *et al.*, 2005).

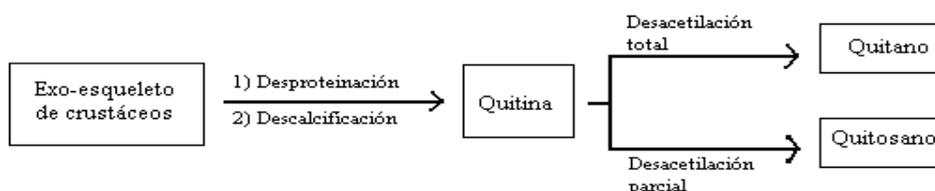


Figura 5 Esquema general de la producción de los derivados de la quitina, Lárez (2003)

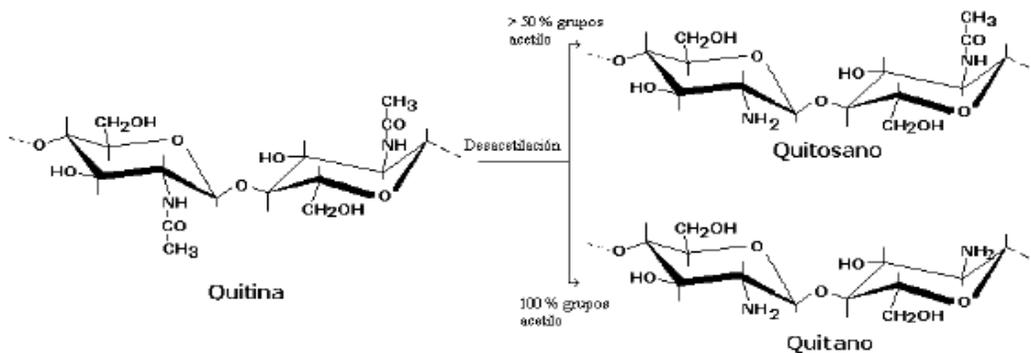


Figura 6 Biopolímeros químicamente relacionados a partir de la desacetilación, Lárez (2006)

La desacetilación completa de la quitina produce quitano, sin embargo, cuando la desacetilación del material de partida es incompleta se crea una mezcla de cadenas que tienen distintas proporciones de unidades $\beta(1-4)$ -2-acetamido-2-desoxi-D-glucosa y $\beta(1-4)$ -2-amino-2-desoxi-D-glucosa, cuya relación depende de las condiciones de reacción y que, obviamente, genera materiales con distintas propiedades denominados quitosanos (Lárez, 2003).

Este biopolímero contiene una mayor proporción de grupos D-glucosamina con respecto a los N-acetil-D-glucosamina, por lo que se disuelve a bajas concentraciones de ácidos orgánicos acuosos, por ejemplo, ácido acético, fórmico y también en ácidos inorgánicos.

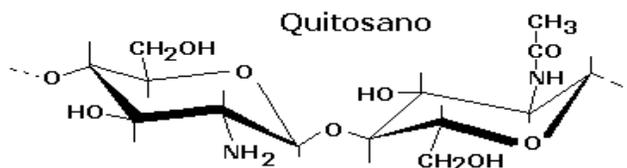


Figura 7 Estructura química del quitosano

De todos los derivados de la quitina, el quitosano es el más empleado. Una de las propiedades clave es de ser una molécula catiónico, lo que lo hace tener la capacidad de actuar como floculante, humectante y quelante.

Es el único polielectrolito catiónico natural. Esta propiedad le confiere características peculiares que le permiten acceder a numerosas y potenciales aplicaciones (Rodríguez *et al.*, 2005) por ejemplo, debido al grupo amino que lo compone es utilizado para atrapar metales pesados tales como insecticidas y policarbonados; esta característica además le confiere la posibilidad de utilizarse en, reacciones de anclaje de enzimas, como material biomédico (parche/injerto) para la liberación controlada de drogas y obtención de películas entrecruzadas, etc. de las cuáles se obtienen materiales adecuados para aplicaciones comerciales en distintas áreas e industrias como médica, farmacéutica, cosmetológica, biotecnológica, biomedicina, agrícola y alimentaria (Bautista *et al.*, 2005; Lárez, 2003).

En el área de alimentos se destacan su inocuidad, biodegradabilidad, acción antimicrobiana y el poder filmogénico del cual ha aumentado el interés por el uso de películas flexibles como posible solución a problemas de polución ambiental y manejo de residuos sólidos causados por los envases sintéticos. Aunado a ello las películas formadas por el quitosano presentan permeabilidad baja al oxígeno por lo cual pueden retardar el proceso de maduración y senescencia en ciertos frutos.

Además, presenta una selectividad relativamente alta a los gases y una escasa resistencia al vapor de agua, por lo que puede presentar interés en el campo de frutas y vegetales mínimamente procesados (Krochta y De Mulder-Johnston, 1997).

Las películas de quitosano son consideradas como un inhibidor potencial de hongos debido a su naturaleza catiónica y a que producen la enzima quitinasa que actúa como un agente antifúngico natural (El Ghaouth, 1991).

Aunque se han propuesto varios mecanismos de inhibición, aún se desconoce la etapa de crecimiento sobre la cual se da el efecto inhibitorio, así como la interacción directa entre el biopolímero y el microorganismo (Tawil, 2003).

De acuerdo con Shahidi (1999), las funciones que presentan las películas de quitosano en la industria son:

- Controlar la liberación de sustancias antimicrobianas
- Controlar la liberación de antioxidantes
- Controlar la transferencia de humedad entre el alimento y el medio circundante
- Reducir la presión parcial de oxígeno
- Controlar la liberación de nutrimentos y sabores
- Controlar la velocidad de respiración
- Membranas de osmosis inversa
- Controlar la temperatura
- Controlar el oscurecimiento enzimático en frutas

Existen reportes que mencionan significativas reducciones de pudriciones postcosecha, cuando fueron tratadas con diferentes dosis de quitosano antes del almacenamiento.

En general, la aplicación del quitosano en los frutos, ocasiona que la maduración de estos productos se retrase, ya que los niveles de producción de O₂, CO₂ y/o etileno se reducen.

Asimismo evita la pérdida de firmeza y aumenta comúnmente el contenido de Sólidos solubles totales (SST). Sin embargo, debido a la gama de productos hortofrutícolas existentes en el mercado aún queda por evaluar su efecto en muchos de ellos (Bautista *et al.*, 2005).

2.5.1 Quitosano en frutas

El Quitosano es un producto que puede reducir el ataque de patógenos a frutos y hortalizas en almacenamiento, lo que significa una solución al problema del uso de fungicidas de síntesis química en la etapa de postcosecha, que implican riesgos a la salud y al medio ambiente. Dadas las exigencias de los consumidores por productos libres de residuos tóxicos, el uso de quitosano como medida de prevención patogénica en postcosecha puede reducir la barrera arancelaria a la exportación de frutas y hortalizas.

Dentro de los ingredientes aceptados por la Environmental Protection Agency para el uso de biopesticidas se encuentra el quitosano dado que tiene actividad antifúngica, al ser aplicado confiere resistencia al huésped (El Ghaouth, 1997 citado por Vero *et al.*, 2004).

2.5.2 Uso del quitosano en frutos de algunas cactáceas

Chien y colaboradores (2007) evaluaron la calidad del recubrimiento de quitosano de bajo peso molecular en rebanadas de pitaya roja para mantener su calidad y ampliar el tiempo de almacenamiento a 8 °C. Reportan variaciones en el sabor, color y reducción en la calidad sensorial, mantenimiento del contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable y contenido de ácido ascórbico. Mientras que Robles y colaboradores (2005), realizaron un estudio sobre la optimización del tiempo de escaldado y la concentración de quitosano, evaluados sobre el color y drenado de nopal (*Opuntia ficus-indica*), mencionan que la región óptima en la cual se reduce la pérdida de color y el drenado es a una concentración de quitosano de entre 0.08 - 0.12% y un tiempo de escaldado de 0.9 a 1.6 minutos. De manera similar Robles y colaboradores (2007) evaluaron el uso del quitosano durante el escaldado del nopal (*Opuntia ficus*

indica) y efecto sobre su calidad, indican que la pérdida de color se observó en todos los tratamientos, el volumen de mucílago drenado se redujo en más del 57% mediante la adición del quitosano, la actividad enzimática de polifenol oxidasa se inactivó totalmente y el de peroxidasa se redujo cerca de 3% cuando se empleó quitosano.

2.6 Atributos de la calidad en el fruto

No existe posibilidad de definir objetivamente el término calidad, que para el consumidor es fundamentalmente el resultado de un juicio meramente subjetivo. Las normas de atributos de calidad de un producto deben referirse, a la venta en fresco, al almacenamiento, al transporte o a la industrialización.

La venta de frutas frescas exige que éstas despierten la atracción del consumidor cuyas preferencias y juicio de la calidad de un determinado tipo de fruto, se ven condicionados por la cultura.

Desde el punto de vista fisiológico y en particular de la postcosecha, los frutos se ven demeritados en su apariencia estética y calidad nutritiva, que puede conllevar a una vida en postcosecha menor (Zamora-Magdaleno *et al.*, 1999). Para poder asegurar la estabilidad, calidad nutricional y organoléptica de los frutos debe conocerse la fisiología del mismo, además de todos sus componentes que pueden verse afectados por la manipulación y el almacenamiento.

2.6.1 Características Físicas

Es probable que el aspecto sea el atributo de calidad, que mayor influencia tiene en la determinación del valor comercial de un producto ya que el consumidor tiende a asociar una determinada calidad con un cierto aspecto, donde la forma, el tamaño, el color, la condición y la presencia de defectos pueden, apreciarse en un vistazo.

El tamaño constituye un criterio que puede apreciarse objetivamente mediante la determinación del diámetro, la longitud, masa o el volumen.

Por su parte la forma es un criterio en el que el consumidor exige un producto provisto de una determinada forma ya que las frutas con una forma defectuosa tienen escasa aceptación.

Una de las características distintivas de las frutas es la de constituir el único grupo fundamental de alimentos naturales que ofrece una gran variedad de colores: a veces se utilizan por ello para hacer más atractiva la presentación de los alimentos.

La condición es un tributo de calidad que generalmente se refiere al grado de frescura y al grado de madurez de un producto que, puede evitarse mejorando las técnicas de almacenamiento.

Los defectos en el exocarpo, como escoriaciones, cortes, etc. perjudican al aspecto. En los mercados de los países en desarrollo, los productos libres de estos defectos pueden conseguir un sobreprecio, pero sigue existiendo un mercado para los frutos que en este sentido ofrecen una baja calidad.

A medida que va alcanzando su madurez fisiológica y ganando en comestibilidad, la fruta se va ablandando, por disolución de la lámina media de sus paredes celulares. Este ablandamiento puede valorarse objetivamente mediante un penetrómetro con el que se determina la resistencia a la penetración de un émbolo de dimensiones determinadas.

2.6.2 Características químicas nutricionales

El valor nutritivo es el aspecto al que menos consideración presta el consumidor a la hora de decidir si adquiere o no un producto, dado que la mayor parte de los nutrientes esenciales ni se ven ni se saborean.

El principal nutriente de las frutas es la vitamina C, cuyo aporte en la dieta de la mayoría de los seres humanos depende exclusivamente de esta fuente.

El contenido en azúcar se puede medir directamente por procedimientos químicos pero, resulta más fácil e igualmente útil determinar los sólidos solubles totales en jugo extraído, con ayuda de refractómetro.

La acidez titulable es fácil de determinar en el jugo extraído. Durante la maduración fisiológica y organoléptica decae con frecuencia de un modo muy rápido.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar el efecto del quitosano en la calidad postcosecha del fruto de *Escontria chiotilla* (F.A.C. Weber ex K. Schum).

3.2 Objetivos Particulares

- * Obtener la curva de crecimiento en frutos de *Escontria chiotilla*.
- * Determinar el efecto del quitosano en concentraciones de 0.3 y 0.8% sobre la calidad postcosecha del fruto de *Escontria chiotilla*
- * Determinar el efecto de la temperatura a 4 y 22°C en el almacenamiento del fruto de *Escontria chiotilla* sobre las características físicas y químicas de los mismos.
- * Determinar el efecto del quitosano en la síntesis de etileno y tasa respiratoria en frutos de *Escontria chiotilla*.



Figura 1 Frutos inmaduros de jiotilla

Fotografía de Edson Mario Espinoza Graciano

4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

4.1 Área de colecta de frutos

La localidad de Venta Salada (97°11'48" Y 97°12'13" longitud oeste y a los 18°16'45" y 18°17'9" latitud norte) pertenece al municipio de Coxcatlán Puebla, ubicado en los paralelos 18° 07'54" y 18° 21'06" de latitud norte, y los meridianos 96° 59'06" y 97° 12'06" de longitud occidental. Colinda al norte Ajalpan y Zoquitlán, al sur el estado de Oaxaca, al este con Coyomeapan y al oeste con Zinacatepec y San José Miahuatlán (Fig.13).

Se encuentra integrado por dos juntas auxiliares Tilapan y Calipam (Carta geológica, Orizaba E 14-3, escala 1:250,000).

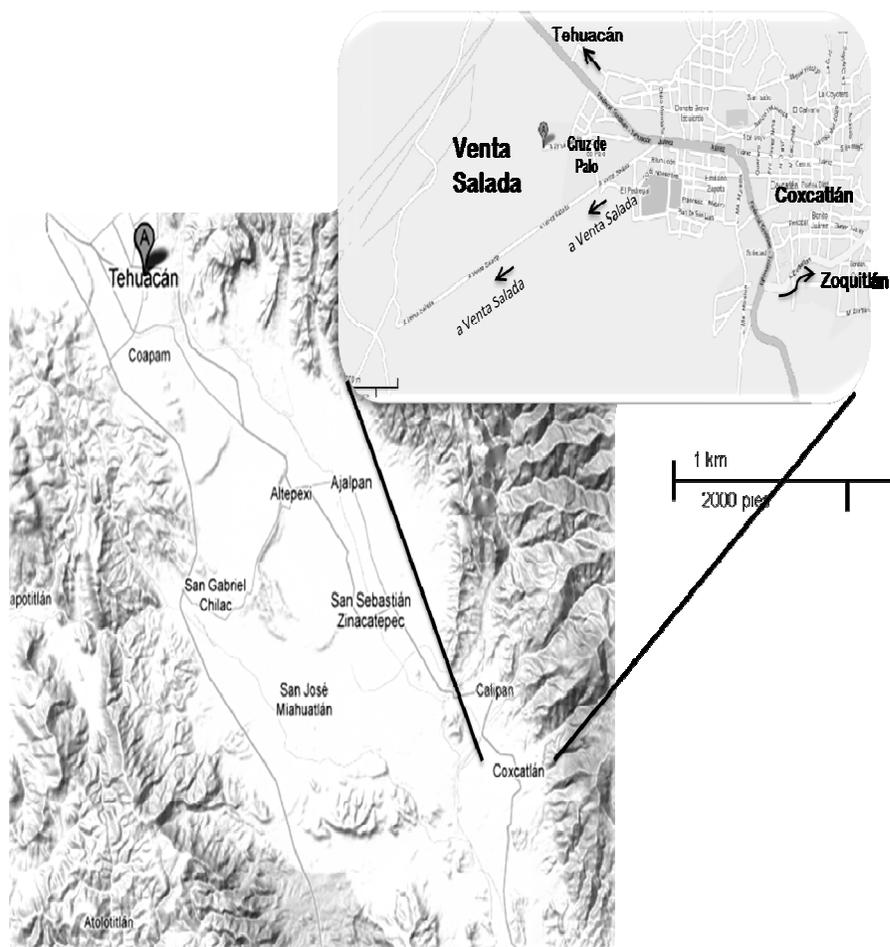


Figura 1 Mapa de la ubicación de Venta Salada, Puebla. © 2010 Google, INEGI

4.2 Curva de Crecimiento

Para la obtención de la curva de crecimiento y desarrollo se seleccionaron completamente al azar 5 plantas silvestres de entre 2 y 3 m de altura y con al menos 20 m de distancia entre una y otra. Se eligió una rama para cada una de las orientaciones (Norte, Sur, Este y Oeste). En esta rama se seleccionaron al azar tres yemas florales y se colocaron etiquetas colgantes (A, B, C) (Fig.9). Posteriormente se llevaron a cabo las mediciones del diámetro de las yemas florales hasta el amarre del fruto durante 37 días (enero a marzo), además se tomaron medidas del diámetro y longitud de los frutos con un vernier durante 58 días a partir del amarre del fruto (marzo a mayo). Las mediciones se realizaron durante la tarde en intervalos de 8 días, esto fue solo durante las primeras 3 semanas después se hizo 2 veces por semana.

4.3 Material Experimental

Se utilizaron frutos de *Escontria chiotilla*, cosechados el 29 de mayo del 2008, de plantas silvestres ubicadas en la zona de Venta Salada, Puebla.

4.3.1 Cosecha

Se colectaron frutos con 2 a 3 cm de diámetro que presentaban separación pronunciada de las brácteas.

El corte de las jiotillas se realizó por la mañana en árboles de *Escontria chiotilla* seleccionados al azar, con una garrucha de carrizo utilizada popularmente en la localidad para este efecto; uno de los extremos se modifica formando una estructura tipo canastilla adecuada para el corte del fruto (Fig. 13 y 14).

4.3.2 Preenfriamiento

Las muestras fueron preenfriadas bajo sombra después de la cosecha y sometidas a una selección en base a la presencia de síntomas de enfermedad,

daños mecánicos y tamaño (2 a 3 cm de diámetro), posteriormente se retiraron restos florales con tijeras de podar.

4.3.3 Sanitizado

Después del preenfriamiento se llevo a cabo la inmersión de los frutos en una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 200ppm, durante 5 minutos (Fig.15), la solución fue suficiente para permitir la libre flotación de los frutos, posteriormente se colocaron los frutos sobre papel absorbente para el secado al aire.

4.3.4 Transporte

Los frutos se colocaron en domos de polietileno transparentes con perforaciones (Fig. 26) que permitían la transpiración, estos a su vez, fueron distribuidos en una hielera para su traslado al laboratorio.

4.4 Diseño Experimental

4.4.1 Factores experimentales

* Recubrimiento con Quitosano:

Para el recubrimiento de los frutos se utilizó Quitosano grado reactivo proporcionado por la Dra. Patricia Miranda S. Investigadora del Laboratorio de Biotecnología de la FES Cuautitlán, UNAM. Solubilizado en una solución de ácido acético al 1% (v/v) en agitación constante a temperatura ambiente, con un ajuste del pH a 5.6 con NaOH y finalmente se adicionó tween 80 al 1%.

* Temperatura:

Los frutos fueron almacenados bajo dos condiciones, refrigeración (REF) y temperatura ambiente (TAM).

4.4.2 Nivel de los factores experimentales

[Sol. Quitosano]	Temperatura
0, 0.3 y 0.8% (p/v)	4 y 22 ± 2 °C

Cuadro 1 Niveles de Factor controlados durante el almacén de los frutos de *Escontria chiotilla*

4.4.3 Tratamientos

Los tratamientos fueron los siguientes

Tratamiento	Concentración de Quitosano % p/v	Temperatura °C
1	0.0	22
2	0.0	4
3	0.3	22
4	0.3	4
5	0.8	22
6	0.8	4

Cuadro 2 Distribución de los tratamientos aplicados a frutos de *Escontria chiotilla*.

Se realizaron evaluaciones de la calidad del fruto a los 4, 7, 9 y 10 días de almacenamiento.

4.4.4 Aplicación de los tratamientos

Los frutos se dividieron en 6 lotes de 6 frutos, 3 lotes para temperatura ambiente ($22^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$) y 3 lotes para refrigeración (4°C) para las concentraciones de 0.0, 0.3 y 0.8% de quitosano. El quitosano se aplicó por inmersión, posteriormente fueron colocados sobre una malla metálica para retirar el exceso del recubrimiento y secados a temperatura ambiente sobre papel secante. Después de ser separados los frutos fueron envasados en domos de polietileno transparentes con capacidad para 500g a los que previamente se les realizaron 9 perforaciones de 1 cm de diámetro en la tapa y almacenados 4, 7 y 9 días (Fig. 26).

4.4.5 Unidad experimental

La unidad experimental consistió de un fruto de *Escontria chiotilla*, con 6 repeticiones.

4.5 Variables de respuesta

Atributos Físicos de la Calidad	Atributos Químicos de la Calidad
Masa	Sólidos Solubles Totales
Diámetro	Acidez Titulable
Pérdida de Masa	Carbohidratos (Azúcares Reductores)
Volumen	Síntesis de Etileno
Firmeza	Producción de CO ₂

Figura 2 Atributos Físicos y químicos

4.5.1 Técnicas de evaluación de las variables de respuesta

La masa, diámetro y longitud, volumen, firmeza así como sólidos solubles totales (SST) fueron evaluados los días 1, 4, 7 y 9 de frutos sin y con recubrimiento de quitosano al 0.3 y 0.8% colocados a temperatura ambiente (TAM) y refrigeración (REF). La Acidez titulable y carbohidratos fueron evaluados al finalizar los tratamientos; la síntesis de etileno y CO₂ se evaluaron durante 10 días a temperatura ambiente.

Masa (g)

Los frutos fueron pesados en estado fresco, en una balanza semianalítica ACCULAB VI-1mg.

Diámetro (cm)

Fue medido el diámetro de cada fruto con un vernier.

Pérdida de Masa (%)

Se calculó el porcentaje de pérdida de masa con la siguiente fórmula:

$$(\%) = ((P_i - P_f) \times 100)$$

Pi=Masa inicial de la unidad experimental en gramos

Pf=Masa final de la unidad experimental en gramos

Volumen

A partir de los datos obtenidos para el diámetro, se calculó el volumen de los frutos con respecto a los días de experimentación, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen del fruto} = \frac{3}{4} \pi r^2$$

Firmeza

La firmeza fue medida por un ensayo mecánico de penetración del fruto con cáscara, con penetrómetro POCKET para suelo Kg/cm².

Sólidos solubles totales (SST)

La determinación de SST se realizó en jugo del fruto que se extrajo de la pulpa de forma manual directamente sobre un refractómetro ATAGO, los resultados fueron expresados en grados Brix a 20° C.

Acidez Titulable

Se utilizó la técnica propuesta por la A.O.A.C (1990). Se homogeneizaron 2g de pulpa de jiotilla con 10ml de agua destilada y se tituló con una solución de NaOH (0.1N). Los resultados son expresados como porcentaje de acidez en 100g de pulpa de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez Titulable} = \frac{(V) (N) (G)}{(M) (A)}$$

G= Mililitros gastados de NaOH

N= Normalidad del NaOH

V= Volumen total de la muestra

A= Alicuota del filtrado.

Carbohidratos (Azúcares reductores)

La cuantificación de carbohidratos (azúcares reductores) se realizó por la técnica de Nelson-Somogyi (González y Peñalosa, 2000) con una dilución 1:100.

Etileno y Respiración

Para medir la producción de etileno y la tasa respiratoria, se utilizaron frutos con un diámetro de 2 a 3 cm y brácteas separadas, además 10 cámaras herméticas que consistieron en frascos de vidrio de 280 ml con tapa de baquelita a la que se colocó un tapón de látex al centro. Estas se dividieron en 3 cámaras por tratamiento dentro de las cuales se colocaron 3 frutos en cada una y como blanco una cámara sin frutos, estas fueron dejadas durante 1 h a temperatura ambiente posteriormente con una jeringa se homogenizó el gas de la atmósfera interior del frasco y se extrajeron diariamente y durante 10 días, 6 mL del gas que se inyectaron en un tubo al vacío (vacutainers) de 6 ml y almacenaron en refrigeración hasta su medición. La cual se realizó en el laboratorio de Fitotecnia de la Universidad Autónoma de Chapingo y consistió en tomar 1 ml de la mezcla del gas, que se inyectó en un cromatógrafo de gases marca Varian modelo 3400 con una columna capilar de 27.5 cm de largo, 0.32 mm de diámetro interno y 0.45 mm de diámetro externo y 10 mm de grosor de película tipo abierto con capa porosa de sílica fundida con base estacionaria de Porapak tipo Q, la temperatura de la columna fue de 80°C, del detector de conductividad térmica para CO₂ y de ionización de flama para etileno, de 170°C y del inyector 150°C, como estándar se utilizó etileno (INFRA) 103 mg L⁻¹ y CO₂ (INFRA) 399 mg L⁻¹. El gas de arrastre fue helio con un flujo de 32.3 ml·min⁻¹. Los resultados fueron expresados en µl de etileno kg⁻¹ h⁻¹ y la tasa respiratoria como mg de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

Análisis Estadísticos

Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias (LSD) de los datos con el paquete estadístico SAS®, con $\alpha \leq 0.05$.

12



13



15



14



Figura 3 Ápice de la rama Norte, organismo número 3, crecimiento Fase I.
Figura 4 Cosecha de frutos de Jiotilla en Venta Salada, Puebla.
Figura 5 Canastilla de carrizo utilizada popularmente para el corte de Jiotilla
Figura 6 Sanitizado de frutos de Jiotilla en libre flotación.

Fotografías Edson Mario Espinoza Graciano

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Curva de Crecimiento del fruto de *Escontria chiotilla*

La floración a partir de la aparición de la yema floral hasta el amarre del fruto de *Escontria chiotilla*, abarcó un período de 37 días (Fig. 16), posteriormente el crecimiento del fruto presentó 3 fases con duración de 17 días para la Fase I, 10 días para la Fase II, 24 para la Fase III. El crecimiento del fruto de *Escontria chiotilla*, en la comunidad de Venta Salada, Pue. abarcó un período de 87 a 95 días, a partir de la aparición del brote floral hasta alcanzar el máximo crecimiento del fruto y la curva obtenida fue doble sigmoideal (Fig. 17).

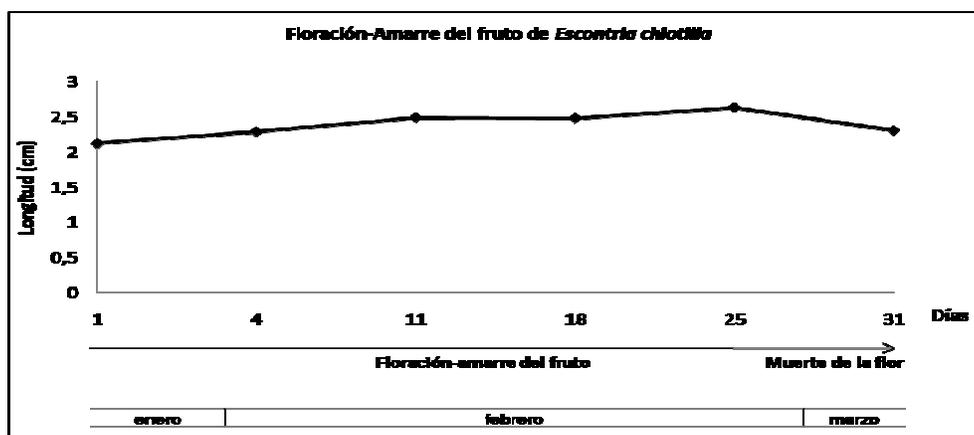


Figura 1 Período de floración de *Escontria chiotilla* a partir de la aparición del brote floral.

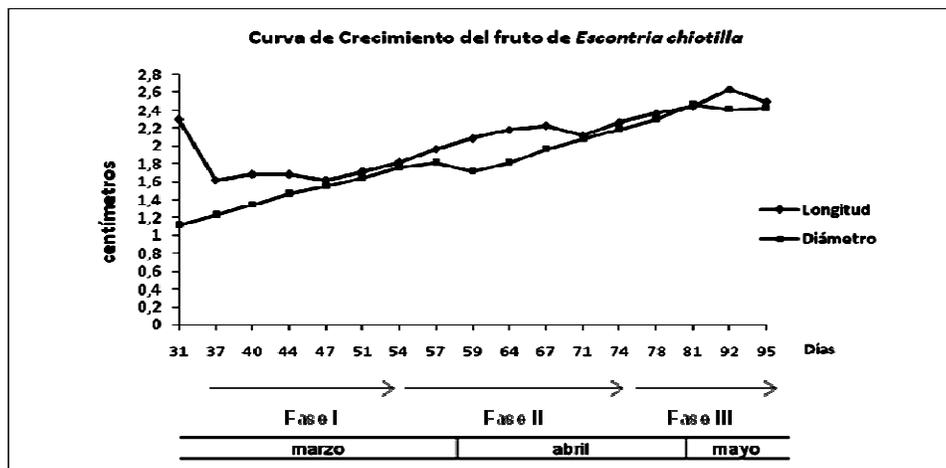


Figura 2 Curva de crecimiento de *Escontria chiotilla* en Venta Salada, Puebla. n = 5.

De acuerdo con Agustí (2008) tras la fecundación o el estímulo partenocárpico del ovario, éste inicia su crecimiento hasta convertirse en fruto maduro. Esta transición tiene lugar en fases sucesivas, con características bien definidas, pero variables en duración, según las condiciones ambientales, especies y variedades. El crecimiento acumulado de un fruto sigue una curva que puede presentar diferente forma, en este caso se observó una curva doble sigmoide, similar a la curva de crecimiento reportada por Huerta (1998) y Mandujano (2002) para la misma especie y al de *Opuntia inermis* (Kuti 1992).

La fase comprendida entre los días 0 y 37, correspondió a la floración y amarre del fruto (Fig. 16). En cuanto a la floración Arias (1997) menciona que la fenología de *Escontria chiotilla* presenta dos periodos de floración al año, de marzo-mayo y de julio-agosto, sin embargo, en Venta Salada, Pue. El proceso de floración se detectó principalmente, durante los meses de enero y febrero durante los meses siguientes éste continuó aunque en menor cantidad, datos similares a los observados por Mandujano (2002), quien indica que este proceso se da durante la temporada de sequía (enero – abril).

El crecimiento y formación de la flor se observó a partir del día 0 hasta el 25, posteriormente se detectó una disminución de la longitud debida a la muerte de la estructura floral e inicio del crecimiento del fruto (Fig. 16). A partir del día 37, se presentó un aumento en el tamaño del fruto de forma exponencial, debido a que en este periodo las células del ovario vuelven a dividirse y se forman las vacuolas iniciando el crecimiento del fruto, lo que hace que la velocidad del crecimiento al principio sea lenta (Westwood, 1982; Salisbury y Ross, 1992; Grange, 1993).

Por otra parte, respecto al amarre del fruto para el caso de *Escontria chiotilla* Sánchez (2002), indica que para la región de La Mixteca Oaxaqueña, la transición de flor a fruto presenta un 46% de éxito, mientras que Mandujano (2002) indica que el valor de amarre de frutos para Venta Salada, Puebla es de 8.2%.

Fase I

Grange (1993) menciona que durante las 2-10 semanas siguientes a la antesis, según especies y variedades, el incremento de la pulpa es consecuencia de la división celular y se intensifica con el tiempo, dando lugar a una curva exponencial.

Según Ruíz (2006), en el caso de *Escontria chiotilla* la pulpa es el resultado de la transformación sincrónica de los funículos de los óvulos que presentan un estado fisiológico similar, en este caso la fase se comprende los días 37 al 54, tiempo en el que se dio inicio al registro del diámetro.

Durante este periodo el diámetro se incremento, mientras que en la longitud este ascenso continúa de los días 47 al 64 (Fig. 17), se considera que para esta etapa se llevó a cabo el incremento de los tejidos del fruto por división celular de la pulpa.

Fase II

Ésta fase duró aproximadamente 20 días (54 al 74) en el cual se detectó un periodo de lento crecimiento en el diámetro, los días 54 al 64, esto mismo se observó en la longitud del día 64 al 74 (Fig. 17), debido a que *Escontria chiotilla* presenta un crecimiento asincrónico reproductivo; es posible encontrar en una misma rama brotes florales, flores y frutos, por lo que el lento crecimiento observado en la gráfica se atribuye a la competencia por fotoasimilados entre frutos, órganos vegetativos en crecimiento, primordios florales y la formación de la semilla en la que invierte una gran cantidad de energía (Sánchez, 2002).

De acuerdo a Grange (1993), para los frutos con semilla, la fase de lignificación del endocarpo corresponde a una prolongación de la fase I caracterizada por reducción progresiva de la tasa mitótica y diferenciación de las células del endocarpo, sin embargo, DeJong y Goudriaan (1989 citado por Grange, 1993) consideran que en algunas especies, se produce un lento crecimiento programado, que está regulado endógenamente, ya que el desarrollo de las semillas y la producción de hormonas parecen ser cruciales para la fase de

expansión del fruto, es posible que esta expansión se retrase hasta que se inicie el crecimiento del embrión y del endospermo, de manera que la síntesis de hormonas por las semillas en desarrollo promueva la expansión de la pulpa.

Fase III

Para esta fase el crecimiento del fruto de *Escontria chiotilla* fue exponencial a partir de los días 71 a 95 y alcanzó una longitud de 2.4 cm \pm 0.06 y 2.425 cm \pm 0.33 de diámetro (Fig.17).

Leopold y Coletto (1975, 1989) mencionan que esta fase se caracteriza por la expansión de las células del mesocarpo (pulpa), espacios intercelulares y la acumulación de agua y fotosintatos. Por su parte Grange (1993) refieren que la fase de expansión celular parece estar regida por las auxinas. En la mayor parte de los frutos se han detectado dos picos en la concentración de ácido indolacético (AIA) que preceden a las fases de división y expansión celular, respectivamente, y que son separados por un descenso de sus niveles coincidentes con un lento crecimiento del fruto mientras lignifica el endocarpo.

El tamaño final obtenido para el fruto de la jiotilla fue similar a lo reportado por Huerta (1998) con una longitud de 2.82 cm y diámetro de 2.30 cm, para la misma localidad, sin embargo, es menor en comparación a los frutos de la Mixteca Oaxaqueña (3.26 cm) (Yáñez *et al.*, 2004).

Con respecto a la variación en el tamaño final de un fruto dentro de una misma especie, éste proviene de las diferencias en el número de células del ovario antes de la antesis, los mecanismos que causan esto, no se conocen, aunque parece atribuirse a factores genéticos.

Por otra parte, los cambios ambientales y diferencias geográficas en las localidades influyen en el desarrollo vegetal y modulan el crecimiento del ovario (Grange, 1993). Al respecto, Ortega (2001) menciona que la variación en los procesos asociados a los primeros estadios del ciclo de vida de *Escontria*

chiotilla, por efecto del ambiente físico y biológico, afecta la dinámica poblacional de esta especie en la Barranca de Muchil (San Rafael Coxcatlán, Puebla), que a su vez influye en su ciclo productivo. Ambos factores podrían explicar la variación de tamaños encontrados en los frutos de *Escontria chiotilla* de Venta Salada, así como la diferencia con otras localidades.

Existe un gran número de estudios que indican que las condiciones fisiológicas al inicio del crecimiento de flores y ovarios afectan el crecimiento del fruto, por ejemplo en el manzano, el número de células corticales del primordio floral y de las flores depende de la cosecha de la estación anterior, ya que los fotoasimilados pudieron haber sido utilizados en la producción de frutos, privando a los primordios florales de la temporada siguiente del carbono necesario para iniciar su crecimiento, en algunos casos como el tomate y pepino, los primordios florales que se forman solamente unas pocas semanas antes de la floración, compiten por los fotoasimilados con los frutos existentes y los órganos vegetativos en crecimiento (Grange, 1993). En el caso de los frutos de *Escontria chiotilla*, dada su asincronía reproductiva se presenta competencia por los fotoasimilados debida principalmente a que el periodo de iniciación floral se extiende lo cual a su vez, alarga la ocurrencia en tiempo de los subsecuentes estadios (Pimienta y Nobel, 1994 citados por Mandujano, 2002; Yáñez, 2004).

Por otra parte se observaron variaciones en la longitud del fruto del día 92 a 95 (Fig. 17). Al respecto Grange (1993) menciona que el crecimiento de los frutos en general durante esta fase no es uniforme y que solamente crecen durante la noche de modo que el crecimiento puede seguir una pendiente global ascendente ya que durante el día, la transpiración reduce el potencial hídrico del xilema, que alcanza sus valores más bajos lo que afecta a ramas y frutos que aportan agua al torrente xilemático y con ello, se reduce su expansión; cuando el potencial hídrico se recupera, durante la tarde y la noche, la expansión celular se reinicia y los tallos y frutos recuperan su tamaño o aumentan de volumen. Como la expansión del fruto es sobre todo durante esta etapa, es probable que el balance hídrico entre el fruto y la planta condicione la velocidad de crecimiento.

Esto explicaría las variaciones en la longitud del fruto de *Escontria chiotilla* ya que las mediciones se realizaron durante las primeras horas de la tarde.

La temperatura y precipitación en Venta Salada pueden ser factores determinantes en el balance hídrico que limita marcadamente el crecimiento del fruto, al respecto Mandujano (2002) reporta para la misma localidad, que la mayor producción de frutos de *Escontria chiotilla* ocurre durante la época de sequía alcanzando un volumen de 10 a 12 cm³. En el caso de *Opuntia ficus-indica*, según Gugliuzza y colaboradores (2002), el riego incrementó la masa del fruto y el número de frutos de tamaño-exportación en cladodios con poca carga (6 frutos por cladodio).

Al alcanzar el fruto su máximo crecimiento, se observó un cambio progresivo de color verde a púrpura y disminución del diámetro y la longitud.

5.2 Efecto del recubrimiento con quitosano y la temperatura de almacenamiento sobre las características físicas del fruto.

5.2.1 Masa

De acuerdo al análisis estadístico se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para los frutos almacenados 7 días. La pérdida de masa de los frutos de *Escontria chiotilla* almacenados a temperatura ambiente fue de 14.76%, mientras que frutos en refrigeración perdieron 7.83% de su masa inicial (Cuadro 6 del Anexo). Los frutos sin recubrimiento perdieron 13.16% (2.08 g) de su masa original, 11.15% (1.76 g) para los frutos con quitosano al 0.3 % y 9.59% (1.89 g) en frutos recubiertos con quitosano al 0.8% (Fig. 18).

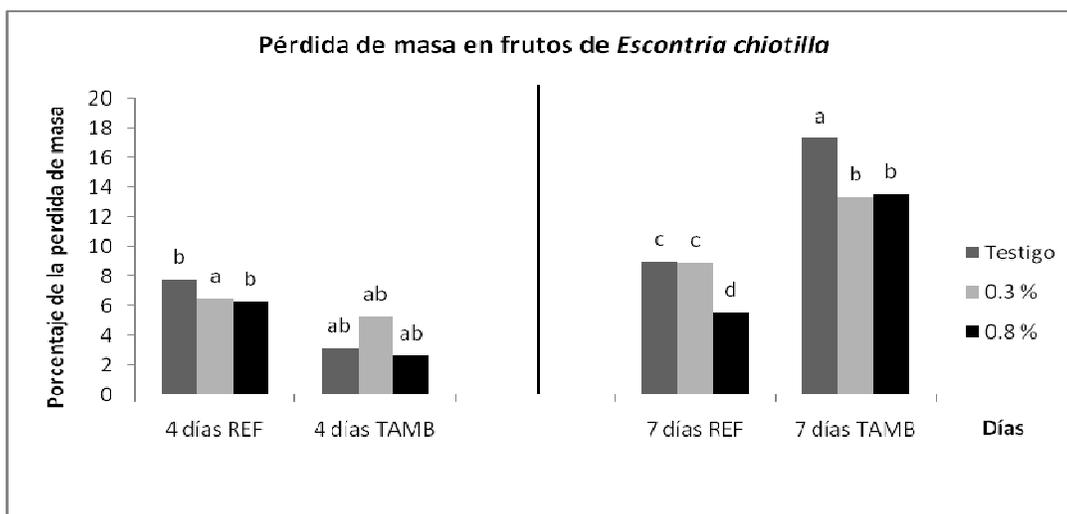


Figura 3. Efecto del recubrimiento con quitosano 0.3 %, 0.8 % y testigo en la pérdida de masa de los frutos almacenados a temperatura ambiente (TAMB) y refrigeración (REF). Promedio (n=12).

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Armella y colaboradores (2003) reportan que a temperatura ambiente la Pitaya de Mayo (*Stenocereus griseus*) con espinas perduraron únicamente 5 días, perdiendo 14% de su masa.

Por su parte Cantwell (1995 citado por Sáenz et al., 2006), indica que la temperatura ambiente favorece el deterioro en *Opuntia spp*, con pérdida de masa, ablandamiento y desarrollo de sabores indeseables; procesos que de acuerdo a Tamaro (1984) se atribuyen a que en esta condición la fruta queda

expuesta al aire libre y a la luz, lo que provoca que los frutos se conserven menos tiempo.

En el caso de los frutos del género *Hylocereus*, éstos resisten hasta 7 días a temperatura ambiente (Nerd *et al.*, 1999). Mientras que Zebadúa y colaboradores (s/a) señalan que en la pitahaya cosechada con madurez comercial (*Hylocereus undatus*), la calidad y vida útil es de 6 días a temperatura ambiente (28 ± 2 °C).

Por otra parte, los frutos de *Escontria chiotilla* utilizados en este estudio fueron cosechados de plantas silvestres, en las que no se practican cuidados o técnicas de cosecha, que eviten el ataque de diferentes fitopatógenos. Además, es posible que las esporas de los patógenos quedasen atrapadas después del sanitizado en estructuras como, las brácteas o los restos florales (Fig. 28).

Al respecto Vero (2004), encontró que en frutos inoculados con *Penicillium italicum sometiena* sanitizados con hipoclorito de sodio 100ppm un alto porcentaje de las esporas continúan vivas y adheridas a la superficie de la fruta.

El ataque por hongo en los frutos de *Escontria chiotilla*, se observó en frutos almacenados a temperatura ambiente (7 días ver Fig. 27 del Anexo), sin recubrimiento de quitosano, seguido por los tratamientos 0.8% y 0.3%. De acuerdo a Bautista y colaboradores (2005) la efectividad fungicida del quitosano está estrechamente relacionada a la concentración utilizada, Plascencia (2004) indica que la utilización de quitosano a <3.5 g/L es una alternativa viable para inhibir el desarrollo de microorganismos en alimentos, mejorando su efecto al combinar el biopolímero con temperaturas de refrigeración.

A este respecto Bautista-Baños y Bravo-Luna (2004), mencionan que en jitomates tratados con quitosano bajo, medio o alto peso molecular, el control de la pudrición por *Rhizophus* fue similar independientemente del tipo de

quitosano. Por su parte, Vargas y colaboradores (2007) reportan para naranjas poco control fúngico y atribuyen este resultado a que la capacidad antimicrobiana del quitosano depende del origen de la quitina, grado de desacetilación y peso molecular del mismo.

Por su parte los tratamientos almacenados en refrigeración se conservaron hasta el día 10. Con una pérdida de masa de 13.7 % (2.11 g) para los frutos sin recubrimiento, 11.23 % (1.72 g) para los frutos con una concentración de quitosano al 0.3 y 11.42 % (1.75 g) para los frutos con quitosano 0.8%

De acuerdo al análisis estadístico existen diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en la pérdida de masa de los frutos respecto a los días de almacenamiento en refrigeración (Cuadro 4 y 5 del Anexo). Donde a 10 días de almacenamiento se perdió 12.07% (1.85 g), siendo éste el día con la mayor pérdida de masa.

Respecto al efecto del recubrimiento a base de quitosano de los frutos en refrigeración, no se obtuvieron diferencias significativas.

Para el caso específico de la jiotilla, Yáñez y colaboradores (2004) reportan que la temperatura menor o igual a 7 °C, evita la pudrición del fruto pero no reduce la pérdida de masa. Armella y colaboradores (2003) indican que en refrigeración (7 ± 1 °C) los frutos de *Stenocereus griseus* perduraron 20 días de almacenamiento con una pérdida de masa de 4%. Zebadúa y colaboradores (s/a) reportan que la pitahaya *Hylocereus undatus* en refrigeración se conserva hasta 23 días a 8 ± 1.5 °C. Esto sugiere que los frutos de cactáceas presentan una vida de anaquel muy corta, sin embargo, es posible prolongarla con refrigeración.

En cuanto al uso de diferentes concentraciones en el recubrimiento con quitosano, Robles y colaboradores (2007) obtuvieron que el rango óptimo en el cual se disminuye la pérdida de agua en cladodios de *Opuntia* fue entre 0.08 - 0.12 %. Ramírez y colaboradores (2006), reportan que en repollo, las aplicaciones de quitosano al 1% disminuyen el peso fresco.

Por su parte González-Aguilar y colaboradores (2005), observaron que la aplicación de una película de quitosano al 2% en papaya fresca, evitan una mayor pérdida de peso que las de menor concentración (1%). Debido a que al aumentar la concentración, aumenta la viscosidad de la solución y al aplicarla a los frutos se obtiene una menor permeabilidad de vapor de agua.

Butler y colaboradores (1996) indican que películas de quitosano de bajo peso molecular al 3% y glicerol como plastificante son efectivas para impedir la permeabilidad al oxígeno, sin embargo, no evitan la pérdida del vapor de agua.

En el presente estudio, la permeabilidad de las soluciones de quitosano tanto para 0.3 y 0.8 % posiblemente permitieron la transpiración, por lo que la pérdida de agua fue similar al grupo testigo debido a que el quitosano al ser una molécula hidrofílica, debe tratarse con algunos aditivos para propiciar humectación, elasticidad e hidrofobicidad, mejorar sus propiedades mecánicas, impide la permeabilidad del oxígeno y eleva los niveles de CO₂ permitiendo prolongar la vida de anaquel.

Miranda y colaboradores (2003) reportan que en el caso de películas de quitosano-cera-tween neutralizado, aumentan la elongación al 342%. Además mencionan que la permeabilidad de películas hidrofílicas está relacionada directamente con el gradiente de humedad relativa del ambiente, y puede incrementar cuando la humedad interna del fruto es de 97%, mientras que la externa a éste es de 85%, o cuando las películas son neutralizadas y señalan que durante la neutralización de una película de quitosano-cera-glicerol neutralizada, la superficie de la película estirada se precipitó formándose poros grandes, que a su vez aumentan la sorción de moléculas polares como el agua.

5.2.2 Volumen

Los resultados para la pérdida de volumen no indicaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, debido a la variación que presentaron los datos obtenidos (Cuadro 9 y 10 del Anexo).

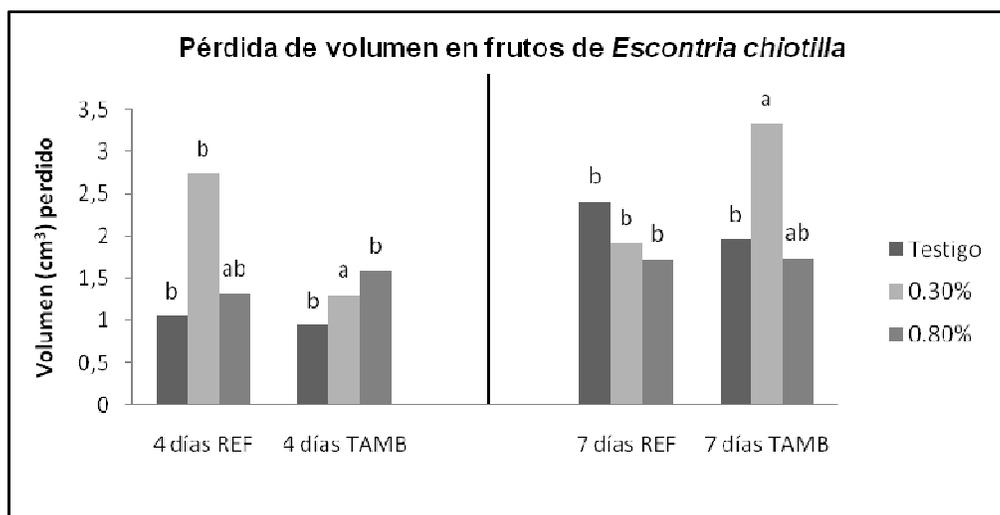


Figura 4. Resultados del volumen perdido en frutos de jiotilla, analizados estadísticamente por día, donde las medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Es posible que el recubrimiento empleado en ambas concentraciones (0.3 y 0.8%) no presentara una resistencia cohesiva funcional, debida a la baja concentración de hidrocoloides que formaran una cadena con pocas ramificaciones donde estuvieran dispersas las moléculas hidrofílicas, ocasionando poros u otras imperfecciones en el recubrimiento.

Con referencia a la permeabilidad al vapor de agua (PVA), Pinotti y colaboradores (s/a), encontraron que las películas de quitosano sin adición de un aditivo, tuvieron valores de PVA altos además de ser rígidas y quebradizas. En el presente estudio la adición de Tween, pareció no incrementar la resistencia cohesiva de la película por lo que no evitó la permeabilidad al vapor de agua.

En relación a lo anterior Miranda y colaboradores (2003), observaron que el valor más bajo de elongación lo presentan películas de quitosán neutralizadas, lo que indica que la neutralización elimina las interacciones entre cadenas de

polímero haciéndolo más rígido y quebradizo, disminuyendo la propiedad de barrera y de protección, permitiendo la deshidratación del fruto y obscurecimiento superficial.

Por otra parte Ruiz (2006) menciona que el fruto de *Escontria chiotilla* presenta una continuidad vascular que va desde las brácteas al resto de los tejidos y que éstas, permanecen vivas hasta la madurez. Lo que podría sugerir que por medio de estas estructuras se continúa la transpiración, ya que en la pared celular, las microfibrillas de celulosa entrelazadas crean numerosos microcanales en los que el agua es retenida principalmente por tensión superficial, sin embargo, cuando la concentración de vapor de agua en el ambiente es menor a la del tejido; algunas moléculas de agua rompen dicha tensión y escapan al ambiente (Azcón y Talón, 2008; Rojas, 1993).

5.2.3 Cambio de coloración

El color, no fue evaluado en este estudio, sin embargo, se realizaron las siguientes observaciones: posterior a la aplicación del recubrimiento con quitosano fue notorio un cambio en la tonalidad del exocarpo, de verde a café rojizo o púrpura (Fig. 26 del Anexo).

Una de las principales reacciones bioquímicas que ocurren en productos frescos como vegetales y frutas es la alteración del color debido a que los compuestos fenólicos son oxidados por enzimas polifenoloxidasas (PPO).

La pérdida de color también depende del estado de maduración de los frutos, la naturaleza y concentración de los sustratos fenólicos, la actividad de las enzimas oxidativas (PPO) y la presencia de oxígeno (O₂) (Nicoli *et al.*, 1994; Rocha, 1998).

Robles y colaboradores (2005) reportan que el oscurecimiento enzimático en cladodios de nopal es provocado específicamente por polifenoloxidasa, así mismo mencionan que la región óptima en la cual se reduce la pérdida de color verde en cladodios es una concentración de quitosano entre 0.08 - 0.12 %. De manera similar Robles y colaboradores (2007) indican que la adición de quitosano en el medio de escaldado para cladodios, mantuvo el color verde en las concentraciones 0.1, 0.2 y 0.3% (p/v) debido a la adherencia del quitosano como película en el nopal.

Sin embargo, en el presente estudio, los frutos de jiotilla recubiertos con quitosano en concentraciones de 0.3 y 0.8% (p/v) presentaron oscurecimiento del exocarpo después de la aplicación del mismo (Fig. 26 del Anexo). Sin embargo Contreras y colaboradores (2008) reportan que el quitosano aplicado al 1.8% produjo un ligero manchado de las naranjas cv. Valencia al finalizar un almacenamiento de 18 semanas.

5.2.4 Firmeza

Los datos obtenidos para la variable firmeza (Fig. 20), presentan una alta variación debido a ello no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas.

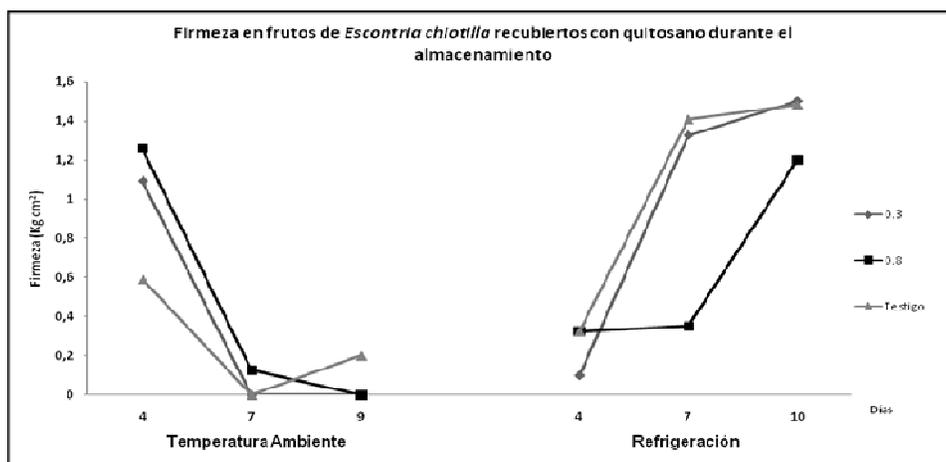


Figura 5 Resultados de firmeza obtenida en los frutos sometidos a refrigeración y temperatura ambiente. n= 6

Sin embargo, los frutos almacenados a temperatura ambiente presentaron una disminución en la firmeza (Fig. 20) y una coloración del exocarpo café rojizo (evaluación visual) similar en los tratamientos, además se observó que la maduración de la pulpa no es simultánea a la del exocarpo (Fig. 26), por lo que los criterios del estado de madurez pueden ser relativos y en consecuencia presentar diferencia en la madurez y firmeza de los frutos cosechados. Por ejemplo en el caso de *Opuntia inermis* también se observa un desfase entre la coloración del exocarpo y la maduración de la pulpa. Yáñez y colaboradores (2004) sugieren que un índice de cosecha apropiado para la jiotilla debería basarse en el diámetro y no en el color de la fruta. Huerta (1998) señala que para este fruto, la firmeza se pierde a los 72 días de crecimiento.

Se ha demostrado que el quitosano está relacionado con el efecto inhibitorio en la síntesis de enzimas producidas por los hongos, como la poligalacturonasa, pectin metil esterasa, pectato liasa y celulasa (Bautista *et al.*, 2005) encargadas del rompimiento en la pared celular de los frutos (Azcón y Talón, 1993). Por



otro lado, Díaz (2003) reporta que películas de quitosano en cilindros de papaya incrementan la dureza en función del tiempo. Por lo que se esperaba que éste conservara la firmeza en los frutos de *Escontria chiotilla*, lo cual no pudo ser comprobado.

Al respecto Ruiz (2006), menciona que en cuanto al parénquima que origina la pulpa en el fruto de *Escontria chiotilla*, las paredes celulares durante la fase de maduración presentan adelgazamiento paulatino debido a la síntesis de pectinasas que degradan la protopectina, ocasionando una disminución en la firmeza de los frutos.

5.3 Efecto del recubrimiento con quitosano y la temperatura en el almacenamiento del fruto de *Escontria chiotilla* sobre sus características químicas.

5.3.1 Sólidos Solubles Totales (°Brix)

De acuerdo a los resultados, se observa que existe variación en el contenido de Sólidos Solubles Totales (SST), sin embargo no se encontraron diferencias estadísticas entre los frutos recubiertos con quitosano y el testigo, así como para frutos almacenados en refrigeración y temperatura ambiente (Fig. 21).

Por su parte Yáñez y colaboradores (2004) no detectaron cambios significativos en el contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) (°Brix) durante el almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración ($7^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) del fruto de *Escontria chiotilla* manteniéndose entre 11 y 12 °Brix. Huerta (1998) reporta que durante la etapa de madurez fisiológica en la jiotilla, se incrementan los sólidos solubles totales y se mantienen constantes los azúcares reductores, pH y ácidos orgánicos.

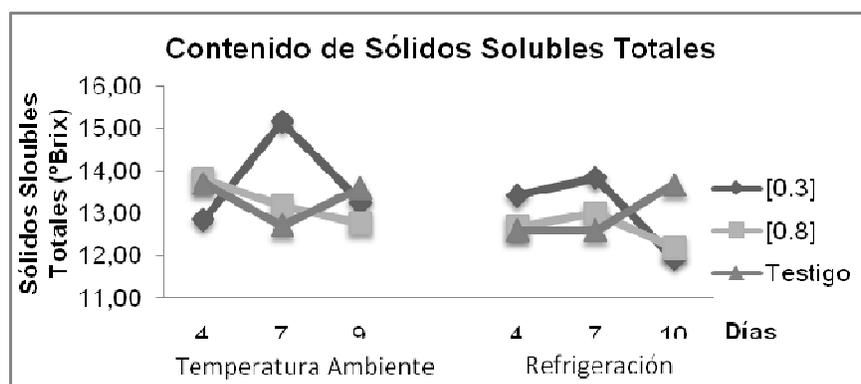


Figura 6. Resultados del contenido de SST en frutos de *Escontria chiotilla* .n=3

La variación en el contenido de SST se debe a la diferencia en la acumulación de los mismos durante el desarrollo del fruto. Al respecto, Becerra (1975, citado por Granados, 1991) señala que en *Opuntia ssp.* los cladodios orientados en dirección norte-sur acumulan mayor radiación durante el día, así se produce mayor número de frutos, con mayor cantidad de sólidos solubles. De acuerdo a

esto se sugiere que la variación en la cantidad de SST está relacionada con la captación de luz por los frutos durante su desarrollo.

Por otro lado no se encontraron diferencias significativas en la relación recubrimiento-temperatura, y se observó una tendencia a la disminución del contenido de SST en ambas temperaturas, presentando lo mismo para los tratamientos 0.3 y 0.8 %. Este decremento es provocado probablemente por el consumo de ácidos orgánicos destinados a la respiración que aumentan ligeramente para ésta etapa, posiblemente de senescencia (Fig. 24). Robles y colaboradores (2007) al utilizar quitosano durante el escaldado de nopal (*Opuntia ficus indica*), observaron disminución del contenido de SST, en el uso de concentraciones 0.1 y 0.2% de quitosano, mientras que al utilizar la concentración 0.3% y mayor tiempo de escaldado, los ° Brix, volvieron a su concentración original, sugieren que el carácter policatiónico del quitosano pudo interactuar con el mucílago (aniónico) generando una red polimérica que detuvo la pérdida de los SST.

En cambio el testigo incrementó el contenido de SST (Fig. 21). Esto sugiere que la pérdida de agua (peso) ocasiona incremento en los SST, caso similar a lo observado para la Pitaya de Mayo (*Stenocereus griseus*, L.), la cual concentró los azúcares durante su almacenamiento de 11.5 a 13 °Brix (Armella *et al.*, 2003). Resultados similares fueron reportados para mandarinas 'fortune' recubiertas con quitosano, donde el aumento de SST en el testigo se relacionó con la pérdida de peso. Por su parte, González-Aguilar y colaboradores (2005) reportan que durante el almacenamiento a 5 °C de cubos de papaya recubiertos con películas de quitosano, los frutos tenían un contenido inicial de SST de 7% y aumento durante el almacenamiento como consecuencia de la maduración y senescencia de la fruta. Mientras el control tuvo los niveles más altos de SST, estos resultados indican que las cubiertas de quitosano fueron capaces de retardar la maduración y senescencia de los cubos de papaya.

En la aplicación de películas de quitosano de diferentes pesos moleculares en papaya fresca los tratamientos de peso molecular medio, presentaron bajos índices de deterioro, donde el quitosano de bajo peso molecular no fue capaz

formar una buena película y restringir el paso del oxígeno, debido a su baja viscosidad, también se ha observado que los frutos cubiertos con quitosano de alto peso molecular presentan mayor deshidratación (González-Aguilar, 2005).

5.3.2 Acidez titulable

Debido a que las muestras de los frutos almacenados a temperatura ambiente se contaminaron de hongo, no fueron evaluadas.

Para los frutos de jiotilla almacenados en refrigeración (4 °C), se encontraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) donde el día 4 presentó $0.457 \mu\text{g ml}^{-1}$ de acidez, que es menor a los demás días de evaluación (Cuadro 7 y 8 del Anexo).

El recubrimiento con quitosano en las concentraciones 0.0, 0.3 y 0.8%, produjo un aumento en la acidez de los frutos tras 10 días de almacenamiento, en las que no se obtuvieron diferencias significativas, entre éstas.

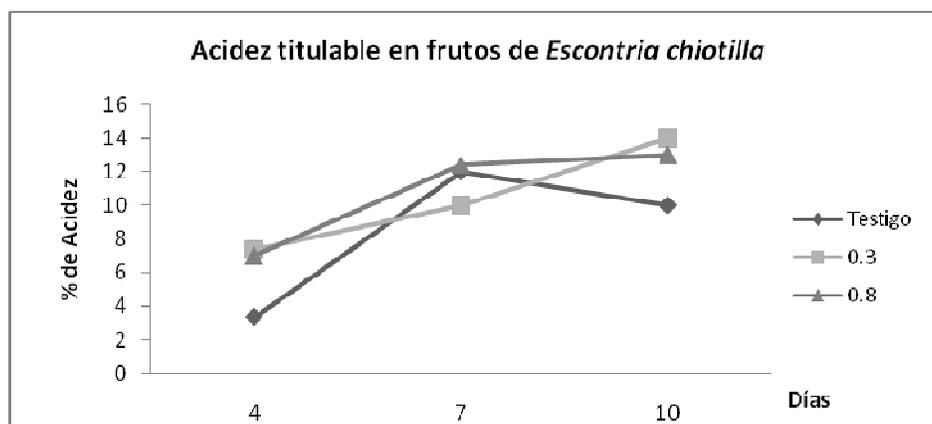


Figura 7 Acidez titulable en frutos de *Escontria chiotilla* almacenados en refrigeración a 4°C. n=3

De forma similar, Yáñez y colaboradores (2004) indican que la acidez titulable durante el almacenamiento del fruto de *Escontria chiotilla* en refrigeración (7 °C \pm 1 °C), se incrementó de 0.005 a 0.006 meq de NaOH/100g de muestra. Asimismo se ha reportado que el almacenamiento a bajas temperaturas (5 °C) mantiene el contenido de acidez (Cantwell, 2008).

En el caso de los frutos de otras cactáceas como la tuna, el cambio de acidez y sólidos solubles en postcosecha, es relativamente bajo. Mientras que durante el almacenamiento de *Stenocereus griseus* la acidez titulable se mantiene constante durante su almacenamiento en 0.07 meq/100g de masa fresca.

(Inglese *et al.*, 2002 citado por Esquivel, 2004; Armella *et al.*, 2003)

Y aunque en general los ácidos orgánicos tienden a disminuir durante la senescencia de los frutos, esta disminución es atribuida a un aumento en el cociente respiratorio donde parte de estos ácidos orgánicos son oxidados en el metabolismo respiratorio (Fennema 1993). En el caso estudiado no se observó dicho incremento en el cociente respiratorio por lo que los ácidos orgánicos se incrementaron (Fig. 25). Al respecto Huerta (1998) reporta que el porcentaje de acidez titulable tiende a disminuir hacia el final del crecimiento, aunque esta disminución no es tan drástica, y sugiere que solo parte de esos ácidos orgánicos son utilizados en rutas metabólicas como la respiración. Esta respuesta fisiológica fue observada en el testigo de la presente investigación (Fig.22).

Con referencia al efecto de las concentraciones de quitosano en el recubrimiento se ha reportado que el uso de quitosano en baja concentración en soluciones acidas de escaldado, incrementaba la acidez de los nopales (*Opuntia ficus i.*) hasta un 14% en relación a la muestra sin quitosano, (Robles *et al.*, 2007).

Por su parte Salvador y colaboradores (2003) mencionan que al aplicar un recubrimiento con 0.6% de quitosano en mandarinas 'Fortune', éstas presentaron los valores bajos de acidez, sin embargo, con quitosano al 1.25% no encontraron diferencias significativas entre el testigo y las mandarinas recubiertas.

5.3.3 Carbohidratos Reductores

En cuanto a los carbohidratos, no se hallaron diferencias significativas entre el contenido de frutos recubiertos con quitosano y el testigo, los resultados sugieren que el recubrimiento no afecta la cantidad de carbohidratos que se encuentran en la pulpa del fruto de jiotilla.

Sin embargo, en cuanto al efecto de la temperatura en el contenido de carbohidratos se encontraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) donde la refrigeración a 4°C presentó un promedio de 17.32 g/100g, mayor a la de los frutos almacenados a temperatura ambiente 17.01 g/100g (Cuadro 10 del Anexo).

Por lo que respecta a la acumulación de carbohidratos durante el almacenamiento a bajas temperaturas, es posible explicar la mayor acumulación de carbohidratos por acción enzimática que se favorece a temperaturas inferiores a 12 °C, y en la que ocurre la transformación del almidón en sacarosa y azúcares reductores, como se ha reportado para las papas (Badui, 1993).

Sin embargo de acuerdo a Cantwell (1995, citado por Armida, 2002) para el caso de la tuna, fruto que carece de almidón como reserva de carbohidratos, los cambios en el contenido de azúcares durante la postcosecha son pequeños. En relación a esto Gugliuzza y colaboradores (2002) reportan que en frutos de *O. ficus-indica* (L.), Mill. cv. 'Gialla' el contenido de carbohidratos puede estar condicionado por la cantidad de éstos en una rama. En este caso la medición de carbohidratos para los frutos de jiotilla se evaluó al finalizar los tratamientos, es decir que los altos niveles de carbohidratos en la jiotilla se deben principalmente a la maduración del fruto y el reblandecimiento de los tejidos vegetativos que van generalmente acompañadas del catabolismo de los polisacáridos de la pared celular, además los enzimas actúan sobre los polisacáridos de la pared de algunas frutas con intensidad suficiente como para liberar cantidades apreciables de azúcares durante el período postrecolección (Berk, 1980).

5.4 Efecto del recubrimiento con quitosano en la síntesis de etileno y CO₂

5.4.1 Síntesis de Etileno

De acuerdo al análisis estadístico se encontraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en la producción de etileno entre los días de almacenamiento, donde el día 2 presentó el menor promedio con $37.069 \mu\text{L de etileno Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Cuadro 13 y 14 del Anexo).

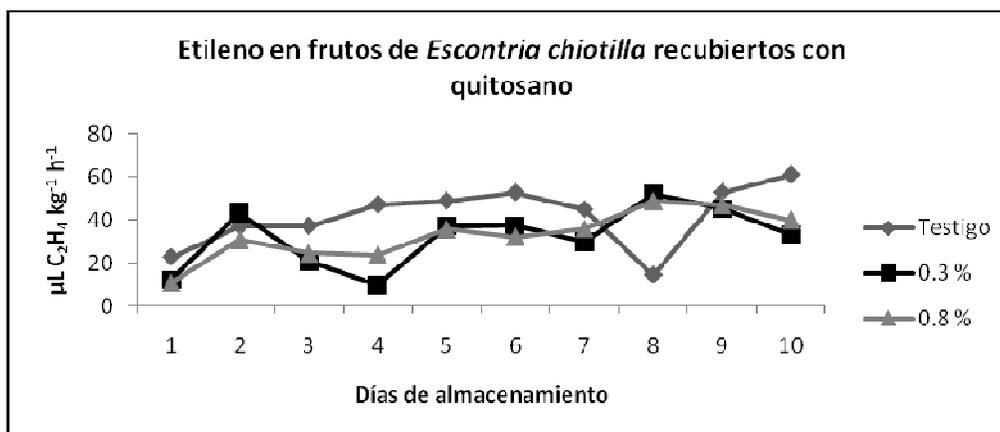


Figura 8 Síntesis de etileno en frutos de *Escontria chiotilla* almacenados a temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ\text{C}$). Promedio ($n=3$).

En relación a los tratamientos los frutos sin recubrimiento tuvieron los valores más altos de síntesis de etileno con $42.063.489 \mu\text{L Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, mientras que frutos recubiertos con quitosano recubrimiento 0.3 y 0.8%, presentaron valores similares de 32.028 y $32.861 \mu\text{L Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de etileno. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Cuadro 15 del Anexo).

De acuerdo a su producción de etileno, éstos valores son clasificados como altos (Arias y Toledo, 2000) y diferentes a los reportados para frutos no climatéricos como el caso de la tuna, que presenta una respiración baja y producción de etileno de 0.1 a $0.26 \mu\text{l. g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a 20°C (Cantwell, 1995 citado por Corrales, 2005; Lakshminarayana y Estrelle, citado por Esquivel 2004), con valores similares a los de naranjas almacenadas a 20°C que producen $0.1 \mu\text{L Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de etileno (Armida, 2002).

En la relación tiempo-concentración de quitosano (Cuadro 16 del Anexo), se encontraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$), en la que la síntesis de etileno aumento conforme transcurrieron los días de almacenamiento en todos los tratamientos, este incremento fue mayor en los frutos sin recubrimiento.

En contraste a lo reportado por Ávalos (2006) para tres especies del género *Opuntia*, quien indica una disminución en la concentración de etileno conforme avanzó la maduración de los frutos.

Respecto al aumento relativo de etileno Pantástico (1979) menciona que muchos de los frutos no climatéricos en algún punto de su desarrollo muestran un ascenso en su tasa respiratoria, con un ascenso concomitante en la producción de etileno.

5.4.2 Síntesis de CO₂

Los valores más altos de CO₂ se registraron para los frutos sin recubrimiento (0.0596 a 0.0555 ml de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), y los valores más bajos para los frutos recubiertos con quitosano al 0.8 % (0.0474 a 0.0362 ml de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) (figura 24).

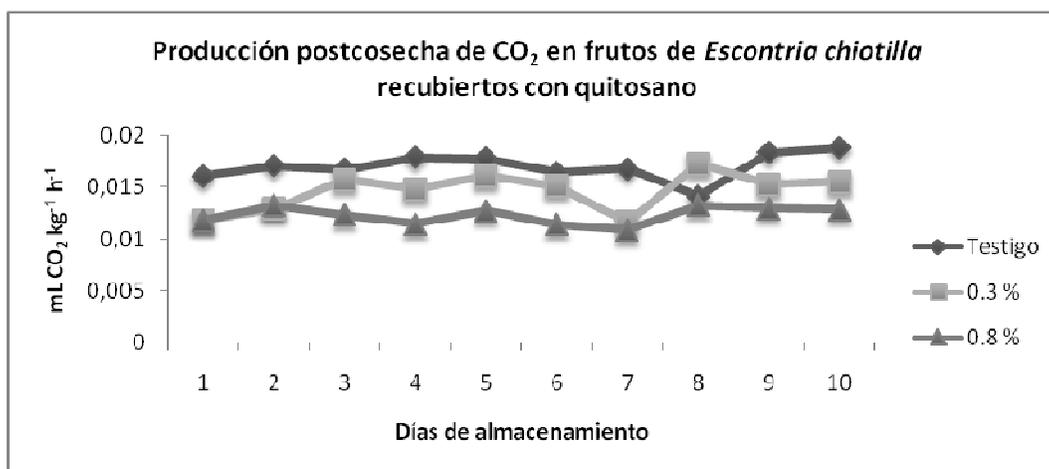


Figura 9. Producción de CO₂ en el fruto de *Escontria chiotilla* a temperatura ambiente.
(n=3)

Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la tasa respiratoria de frutos con o sin recubrimiento, así como de la relación entre la temperatura y la concentración de quitosano en el recubrimiento.

Respecto al efecto del uso de diferentes concentraciones de quitosano en un recubrimiento, Contreras y colaboradores (2008) detectaron que la aplicación de quitosano al 0,6% modificó la atmósfera interna de naranjas 'Valencia', y mantuvo los niveles de CO₂ y O₂ internos próximos a los de las naranjas control, sin recubrir, exponiendo poca efectividad. Por su parte, El- Gaouth (1991, 1992) demostró que hay una disminución en la velocidad de respiración y producción de etileno cuando aumenta la concentración del quitosano de 1 a 2 %. En el presente estudio se observó una disminución en la concentración de CO₂ en frutos recubiertos con quitosano respecto al testigo, donde 0.8% presentó la menor concentración. Esto sugiere que la efectividad del quitosano para disminuir la tasa respiratoria, depende de su concentración.

Debido a que no se observó un incremento máximo en la producción de CO₂ y en la síntesis de etileno en el fruto de *Escontria chiotilla* durante esta evaluación, se sugiere que la jiotilla presenta un comportamiento no climatérico en postcosecha. Ya que de acuerdo a Manrique (2001), los frutos no climatéricos, no muestran aumento en la tasa respiratoria durante la maduración. De hecho, en muchos casos ocurre una disminución de ésta, similar a lo observado para éste fruto (Fig. 24, día 7), así mismo reporta que tampoco presentan un incremento en la síntesis de etileno.

Esta respuesta es similar a lo reportado por Armella y colaboradores (2003), para la Pitaya de Mayo (*Stenocereus griseus*, L.) a la cual clasifican como un fruto no climatérico con una producción de 10 a 4mg de CO₂/Kg/hr en promedio; de la misma forma, frutos de la especie *O. robusta* Mill, y la pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*), han sido considerados frutos no climatéricos (Granados y Castañeda, 1991; Nerd y Mizrahi, 1999), lo que podría indicar una relación dada su cercanía botánica.

Es necesario tomar en cuenta que en esta investigación se utilizaron frutos que se considero estaban en madurez fisiológica. Los datos obtenidos difieren de lo reportado por Huerta (1998) para el fruto de jiotilla colectado de manera similar

en Venta Salada, Pue. La autora señala una diferencia significativa para el día 37 de crecimiento donde reporta un pico de emisión con respecto a los días consecutivos (44 a 72) donde los valores de CO₂ son iguales entre sí, sin embargo, en el presente estudio se observó, de acuerdo a la curva de crecimiento, que para el día 37 los frutos se encontraban en la fase de amarre del fruto e iniciaba el crecimiento de los mismos; esto sugiere un incremento en de la tasa respiratoria y sustratos para la respiración, lo cual también ha sido observado en otros frutos durante esta etapa (Gifford y Corson, 1971; Zeevaart, 1976; Bernier *et al.* ; 1981 citados por Avitia y Castillo, 2007).

Por otra parte Pantástico (1979) menciona que en algunos frutos que se habían clasificado originalmente como climatéricos, después se demostró que sí presentaban un ascenso en la respiración pero solo en algunas etapas de su desarrollo, así mismo Spencer (1966 citado por Pantástico, Op. cit.) sugirió que los cambios bioquímicos asociados con la maduración pueden ser similares a la de los frutos no climatéricos, pero la escala de tiempo de los eventos puede ser diferente.

Con referencia a lo anterior Rhodes (1970) postuló que existe una alteración en la tasa respiratoria típica de los frutos no climatéricos y que esta podría mostrarse en una etapa fisiológica y condiciones de almacenamiento determinadas. Así mismo, se ha reportado que las frutas cítricas jóvenes, registran un aumento en la respiración después de la cosecha y en la producción de etileno, lo cual no es observado en frutas cítricas maduras (Aharoni y Murata, 1968; Miyashita, 1971 citados por Pantástico, 1979).

6. CONCLUSIONES

- 🌱 El fruto de *Escontria chiotilla* presenta una curva de crecimiento doble sigmoide.
- 🌱 La aplicación de recubrimiento con quitosano 0.3 y 0.8% en frutos de *Escontria chiotilla*, almacenados en refrigeración a 4 °C, disminuyó la pérdida de masa 2% respecto al testigo,
- 🌱 El contenido de carbohidratos reductores en frutos de *Escontria chiotilla*, almacenados en refrigeración a 4 °C, aumentó 0.3g con respecto a los frutos almacenados a temperatura ambiente.
- 🌱 La concentración de quitosano no presentó efecto sobre las variables: volumen, firmeza, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y carbohidratos reductores.
- 🌱 La tasa respiratoria así como la producción de etileno, indican que los frutos de *Escontria chiotilla* no son climatéricos.

7. RECOMENDACIONES

- 🌸 Evaluar la aplicación de diferentes concentraciones y aditivos en el recubrimiento con quitosano en el fruto de jiotilla que permitan conservar el color y apariencia original de los frutos.
- 🌸 Adecuar la técnica de aplicación del recubrimiento considerando las brácteas que presenta el fruto de jiotilla.
- 🌸 Realizar estudios que permitan conocer los agentes patógenos que atacan con frecuencia al fruto de jiotilla, para desarrollar técnicas de manejo que prevengan las enfermedades causadas por estos.
- 🌸 Considerar el peso y volumen de los frutos de *Escontria chiotilla* como criterios de selección.

8. ANEXO

Resultados del análisis estadístico realizado a las variables de respuesta, con un valor de $\alpha \leq 0.05$

Masa

Cuadro 1 ANOVA de dos factores para la pérdida de masa de frutos de *Escontria chiotilla* recubiertos con quitosano en concentraciones [0.0], [0.3] y [0.8], almacenados en refrigeración (4°C) y temperatura ambiente (22 °C), 4 días.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
T	1	9.6757149	9.6757149	0.10	0.7565
QUI	2	349.2194772	174.6097386	1.75	0.1819
T*QUI	2	420.4837884	210.2418942	2.11	0.1298
Coefficiente de variación %		153.7075			

Clave de Fuente

T = Temperatura

QUI = [Quitosano]

T*QUI = Interacción

Cuadro 2 ANOVA de dos factores para la pérdida de masa de frutos de *Escontria chiotilla* recubiertos con quitosano en concentraciones [0.0], [0.3] y [0.8], almacenados en refrigeración (4°C) y temperatura ambiente (22 °C), 7 días.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
T	1	863.1430427	863.1430427	99.66	<.0001
QUI	2	153.6440922	76.8220461	8.87	0.0004
T*QUI	2	56.0132719	28.0066360	3.23	0.0457
Coefficiente de variación %		26.04124			

Cuadro 3 Prueba LSD, a 7 días de almacenamiento en refrigeración (4 °C) y temperatura ambiente (22 °C), 7 días en la pérdida de masa de frutos de *Escontria chiotilla*.

Tratamiento	Medias de los datos de pérdida de masa
Almacenamiento a 22°C	14.7636 a
Almacenamiento a 4°C	7.8388 b
DMS	1.3849

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Cuadro 4 Prueba LSD en la pérdida de masa de frutos de *Escontria chiotilla* recubiertos con quitosano en concentraciones [0.0], [0.3] y [0.8] almacenados 7 días.

Tratamiento	Medias de los datos de pérdida de masa
Recubrimiento de quitosano [0.0]	13.1603 a
Recubrimiento de quitosano [0.3]	11.1519 a
Recubrimiento de quitosano [0.8]	9.5914 b
DMS	1.6962

Cuadro 5 Prueba LSD para la relación de temperatura*quitosano en la pérdida de masa de frutos de *Escontria chiotilla*, almacenados 7 días.

Tratamiento	Medias de los datos de carbohidratos
Almacenamiento a (22°C) y Recubrimiento de quitosano [0.0]	17.323 a
Almacenamiento a (22°C) y Recubrimiento de quitosano [0.8]	13.598 b
Almacenamiento a (22°C) y Recubrimiento de quitosano [0.3]	13.370 b
Almacenamiento a (4°C) y Recubrimiento de quitosano [0.0]	8.998 c
Almacenamiento a (4°C) y Recubrimiento de quitosano [0.3]	8.934 c
Almacenamiento a (4°C) y Recubrimiento de quitosano [0.8]	5.585 d
DMS	2.3988
Coefficiente de Variación %	26.04124

Pérdida de Volumen

Cuadro 6 ANOVA de dos factores para la pérdida de volumen de frutos de *Escontria chiotilla* recubiertos con quitosano en concentraciones [0.0], [0.3] y [0.8], almacenados en refrigeración (4°C) y temperatura ambiente (22 °C), 4 días.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
T	1	1.59815829	1.59815829	0.79	0.3772
QUI	2	9.48634951	4.74317476	2.35	0.1047
T*QUI	2	10.79431875	5.39715937	2.68	0.0778
Coefficiente de variación %		77.27709			

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Cuadro 7 ANOVA de dos factores para la pérdida de volumen de frutos de *Escontria chiotilla* recubiertos con quitosano en concentraciones [0.0], [0.3] y [0.8], almacenados en refrigeración (4°C) y temperatura ambiente (22 °C), 7 días.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr > F
T	1	9.65860206	9.65860206	3.70	0.0591
QUI	2	4.96729400	2.48364700	0.95	0.3918
T*QUI	2	13.25089631	6.62544815	2.54	0.0873
Coefficiente de variación %		66.39644			

Acidez Titulable

Cuadro 8 ANOVA de dos factores para la acidez titulable de frutos de *Escontria chiotilla* recubiertos con quitosano en concentraciones [0.0], [0.3] y [0.8], almacenados 4, 7 y 10 días, en refrigeración (4°C).

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	p<0.05
T	1	5.7392057E-7	2.8696028E-7	12.96	0.0004
QUI	2	1.4353769E-7	7.1768847E-8	3.24	0.0642
TMP*QUI	2	2.2131825E-7	5.5329563E-8	2.50	0.0813

Clave de Fuente

T = Tiempo

QUI = [Quitosano]

T*QUI = Interacción

Cuadro 9 Prueba LSD para el tiempo en la acidez titulable de frutos de *Escontria chiotilla*.

Tratamiento	Medias de los datos de acidez titulable
Almacenamiento 10 días	0.00083750 a
Almacenamiento 7 días	0.00070722 a
Almacenamiento 4 días	0.00047644 b
DMS	0.0002

Carbohidratos

Cuadro 10 ANOVA de dos factores para el contenido de carbohidratos de frutos de *Escontria chiotilla* recubiertos con quitosano en concentraciones [0.0], [0.3] y [0.8], almacenados a temperatura ambiente (22±2°C) y refrigeración (4°C) al final del tratamiento.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	p<0.05
T	1	0.42627222	0.42627222	8.04	0.0150
QUI	2	0.06751878	0.03375939	0.64	0.5460
T*QUI	2	0.09989544	0.04994772	0.94	0.4168

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Cuadro 11 Prueba LSD para en el contenido de carbohidratos de frutos de *Escontria chiotilla*, al final del tratamiento. Por efecto de la temperatura de almacenamiento

Tratamiento	Medias de los datos de carbohidratos
Almacenamiento a (4°C)	17.3266 a
Almacenamiento a (22±2°C)	17.0189 b
DMS	0.2365

Cuadro 12 Prueba LSD el contenido de carbohidratos de frutos de *Escontria chiotilla*, al final del tratamiento por concentración de quitosano del recubrimiento.

Tratamiento	Medias de los datos de carbohidratos
Recubrimiento de quitosano [0.0]	17.2470 a
Recubrimiento de quitosano [0.3]	17.1742 a
Recubrimiento de quitosano [0.8]	17.0970 a
DMS	0.2896

Cuadro 13 Prueba LSD para la relación de temperatura*quitosano en el contenido de carbohidratos de frutos de *Escontria chiotilla*, al final del tratamiento.

Tratamiento	Medias de los datos de carbohidratos
Almacenamiento a (4°C) y Recubrimiento de quitosano [0.0]	17.4852 a
Almacenamiento a (4°C) y Recubrimiento de quitosano [0.8]	17.2635 ab
Almacenamiento a (4°C) y Recubrimiento de quitosano [0.3]	17.2312 ab
Almacenamiento a (22±2°C) y Recubrimiento de quitosano [0.3]	17.1172 ab
Almacenamiento a (22±2°C) y Recubrimiento de quitosano [0.0]	17.0089 b
Almacenamiento a (22±2°C) y Recubrimiento de quitosano [0.8]	16.9305 b
DMS	0.4096
Coefficiente de Variación %	1.340789

Síntesis de Etileno

Cuadro 14 ANOVA de dos factores para la síntesis de etileno en frutos de *Escontria chiotilla* recubiertos con quitosano en concentraciones [0.0], [0.3] y [0.8], almacenados a temperatura 10 días.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	p<0.05
T	9	7103.486122	789.276236	3.14	0.0038
QUI	2	720.674402	360.337201	1.43	0.2470
TMP*QUI	18	7543.789290	419.099405	1.67	0.0734
Coef. Var	42.95738				

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Clave de Fuente

T = Tiempo

QUI = [Quitosano]

T*QUI = Interacción

Cuadro 15 Prueba LSD para el tiempo en la síntesis de etileno de frutos de *Escontria chiotilla*.

Tratamiento	Medias de los datos de etileno
Almacenamiento día 2	49.805 a
Almacenamiento día 6	46.560 ab
Almacenamiento día 3	45.496 ab
Almacenamiento día 10	45.182 ab
Almacenamiento día 4	38.873 abc
Almacenamiento día 9	34.584 bcd
Almacenamiento día 1	32.459 cd
Almacenamiento día 7	29.625 cd
Almacenamiento día 8	26.231 d
Almacenamiento día 5	22.416 d
DMS	15.152

Síntesis de CO₂

Cuadro 16 ANOVA de dos factores para la producción de CO₂ en frutos de *Escontria chiotilla* recubiertos con quitosano en concentraciones [0.0], [0.3] y [0.8], almacenados 10 días.

Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	p<0.05
T	9	0.00032499	0.00003611	2.90	0.0066
QUI	2	0.00001829	0.00000915	0.74	0.4837
TMP*QUI	18	0.00014379	0.00000799	0.64	0.8503
Coef. Var	23.77126				

Cuadro 17 Prueba LSD para el tiempo de almacenamiento en la producción de CO₂ de frutos de *Escontria chiotilla*.

Tratamiento	Medias de los datos de CO ₂
Almacenamiento día 2	0.017385 a
Almacenamiento día 3	0.016726 a
Almacenamiento día 1	0.016653 a
Almacenamiento día 6	0.016626 a
Almacenamiento día 5	0.015530 ab
Almacenamiento día 4	0.014541 abc
Almacenamiento día 7	0.014202 abc
Almacenamiento día 10	0.013044 bc
Almacenamiento día 8	0.012348 bc
Almacenamiento día 9	0.011688 c
DMS	0.0034

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes



Figura 1: 1) Cámaras utilizadas para evaluar la síntesis de etileno y CO₂. 2) Domos de polietileno con perforaciones, para el almacenamiento de los frutos.



Figura 2: 1) Frutos, primer día de recubrimiento 2) Fruto con exocarpo café rojizo y pulpa blanca 3) Fruto con pulpa rosa, mesocarpo verde o inmaduro y exocarpo café rojizo



Figura 3: 1) Fruto de jitilla recubierto con quitosano a los 7 días de almacenamiento en refrigeración 2) y temperatura ambiente

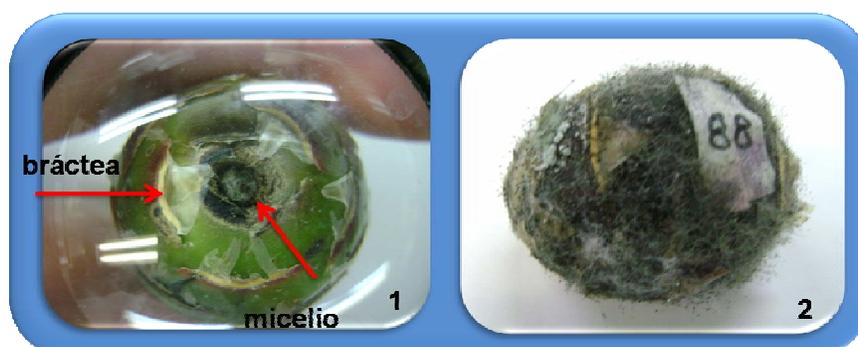


Figura 4: 1) Presencia de micelio en fruto de jitilla al retirar el resto floral 2) Invasión de hongo en fruto de jitilla a los 8 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

9. LITERATURA CITADA

- ✚ Agustí M. 2008. Crecimiento y maduración del fruto. En: Fundamentos de Fisiología Vegetal. Azcón-Bieto J. y Talón M. comp. 2° ed. McGraw-Hill Interamericana, España. pp. 519-533.
- ✚ Aguilar S. L.; Martínez D. M.T; Barrientos P.A.; Norman A.G y Gallegos V.C. 2007. Potencial de oscurecimiento enzimático de variedades de nopalitos. En: <http://www.jpacd.org/V9/V9P165-184.pdf>
- ✚ Anderson E.F. 2001. The cactus family. Portland, Oregon: Timber Press. 776pp.
- ✚ A. O. A. C. 1990. Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington, D.C.
- ✚ Arrellano E. y Casas A. 2003. Morphological variation and domestication of *Escontria chiotilla* (Cactaceae) under silvicultural management in the Tehuacán Valley, Central Mexico. Genetic Resources and Crop Evolution 50: 439-453.
- ✚ Arias M. A. S.; Gama L. S. y Guzmán C. L. U. 1997. Flora del Valle de Tehuacán- Cuicatlán. Instituto de Biología de la UNAM. México. 146 pp.
- ✚ Arias T. A. A.; Valverde V. Ma. T. y Reyes S. J. 2001. Las plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT y Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 28.
- ✚ Arias V. C. J. y Toledo H. J. 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma.
- ✚ Armella M. A.; Yáñez L.; Ramírez M. G.; Soriano S. y Sánchez D. D. 2000. Estudio integral de dos productos alternativos en la Mixteca oaxaqueña. pp. 66 – 76.
- ✚ Armella M. A; Yáñez-López L; Soriano J. S y Ramírez R. G. 2003. Phenology, Postharvest Physiology and Marketing of Pitaya (*Stenocereus griseus* L.) as a Sustainable Resource. Acta Hort 598: 251-254.
- ✚ Armella M. A. y L. Yáñez-López. 1997. El uso de los Recursos alternativos. En: Economía Ambiental: Experiencias de América Latina. SEMARNAP y UAM. 245 pp.
- ✚ Armida R. F. 2002. Postharvest physiology and technology of cactus pear fruits and cactus leaves. Acta Hort 581: 191-199.
- ✚ Arnaud V.; García P. S. y Bautista P. B. 1997. Agroindustria de algunos frutos. En: Suculentas Mexicanas: Cactáceas. CONABIO-SEMARNAP-CVS. México. pp. 78-85.
- ✚ Ávalos A. A.; Ramírez C. Y.; Goytia J. Ma. A.; Barrientos P. A. F. y Saucedo V. C. 2006. Etileno en la abscisión del fruto de tres especies del género *Opuntia*. Revista Chapingo Serie Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo, México.12(1): 127-133
- ✚ Avitia G. E y Castillo G. A. M. 2007. Desarrollo Floral en Frutales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 141 p.
- ✚ Azcón-Bieto J. y Talón M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2° ed. McGraw-Hill Interamericana, España.
- ✚ Badui D. S. 1993. Química de los alimentos. 3er. ed. Alhambra Mexicana. 648pp.

- ✚ Baldwin E. A.; Nisperos M. O.; Chen X. y Hagenmaier. 1996. Improving storage life of cut Apple and potato with edible coating. Post. Biol. Technol. 9:151-163.
- ✚ Bautista-Baños S. y Bravo-Luna L. 2004. Evaluación del quitosano en el desarrollo de la pudrición blanda de tomate durante el almacenamiento. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 6(1): 63-67
- ✚ Bautista B. S.; Hernández L. A. N.; Velásquez del V. M. G.; Bosquez M. E.; Sánchez D. D. 2005. Quitosano: una alternativa natural para reducir microorganismos postcosecha y mantener la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 7(1): 1-6.
- ✚ Berk Z. 1980. La bioquímica de los alimentos de J. B. S. Braverman. Departamento de Ingeniería de Alimentos y Biotecnología Instituto de Tecnología Technion-Israel Haifa. Ed. El manual moderno. México. 358pp.
- ✚ Bravo-Hollis H. y L. Scheinvar. 1995. El interesante mundo de las Cactáceas. CONACYT y Fondo de Cultura Económica. México D.F. 233 pp.
- ✚ Bravo- Hollis H. 1978. Las cactáceas de México Vol. 1 UNAM. 538pp.
- ✚ Bosquez M. E.; Vernon C. J.; Pérez F. L.; Guerrero L. I. 2000. Industria Alimentaria. pp. 4-36
- ✚ Butler B. L.; Vergano P. J.; Testing R. F.; Bunn J. M. y Wiles J. L. 1996. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. Journal Food Science. 61 (5): 953-961
- ✚ Cantwell M. 2008. Nopalitos: recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Postharvest Technology, University of California.
- ✚ Casas A.; Valiente B. A.; Viveros J. L.; Caballero J.; Cortés L.; Dávila P.; Lira R. y Rodríguez I. 2001. Plant Resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley México. Economic Botany, 55(1): 129-166.
- ✚ Contreras A.; Bermejo A.; Pérez-Gago M. B. y Rojas-Argudo C. 2008. Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en naranjas Cv. Valencia. IX Simposio Nacional y IV Ibérico sobre Maduración y Postcosecha. España. pp.65
- ✚ Corrales G. J. y Hernández S. J. L. 2005. Cambios en la calidad postcosecha de variedades de tuna con y sin semilla. Revista Fitotecnia Mexicana. 28: 9-16
- ✚ Chien P. J.; Sheu F. y Lin H. R. 2007. Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas. Journal of food engineering. Taiwan. 736-740
- ✚ Díaz M. M. 2003. Evaluación preliminar de la vida de anaquel de papaya tratada osmóticamente con películas de quitosano. Tesis Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla.
- ✚ El Ghaouth A.; Arul J.; Ponnampalam R. y Boulet M. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. Journal of Food Science. 12(6): 1618-1632.
- ✚ Esquivel P. 2004. Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. Agronomía Mesoamericana. Universidad de Costa Rica, 15(2): 215-219.
- ✚ Fennema O.R. 1993. Química de los alimentos. Ed. Acribia. España. 10095pp.
- ✚ Flores S. J.; Martínez M. D.; Rodríguez-Ramírez T. y Basurto-Peña F. A. s/a. Fluctuación Fotosintética de *Escontria chiotilla*, San Juan de los Ríos, Chiautla de Tapia, Puebla. Universidad Autónoma de Puebla.

- ✚ Franco Z. M. E. 2004. Caracterización Parcial del Pigmento Rojo del Fruto de la Jiotilla (*Escontria chiotilla*); una Cactácea Subexplotada. Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa. México.
- ✚ Gamarra R. G.; Galvão F. A.; Macedo M. João y Almeida P. 2004. Las frutas nativas: de testimonios del hambre a exquisiteces en la mesa. LEISA, Revista de Agroecología. 20: 10-12.
- ✚ González-Aguilar G. A; Monroy-García I. N.; Goycoolea-Valencia F.; Díaz-Cinco M. E. y Ayala-Zavala J. F. 2005. Cubiertas comestibles de quitosano. Una alternativa para prevenir el deterioro microbiano y conservar la calidad de papaya fresca cortada. Memorias Simposium “Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados” La Habana, Cuba.
- ✚ González C. I. 2006. Desarrollo y Aplicación de Procesos Tecnológicos para la elaboración de conservas a base de Pitaya (*Stenocereus spp.*) de la Región Mixteca. Tesis Ing. Alim. UTM Oaxaca. México. 63pp.
- ✚ González M. S. y Peñalosa C. I. 2000. Biomoléculas. Métodos de Análisis. Universidad Nacional Autónoma de México. Campus IZTACALA. Estado de México. 256pp.
- ✚ Granados S. D y Castañeda P.A.D. 1991. El Nopal: Historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Ed. Trillas. Universidad Autónoma Chapingo. México. 227p.
- ✚ Grange I. R. 1993. Crecimiento del fruto. En: Fisiología y Bioquímica Vegetal. Azcón-Bieto J. y Talón M. comp. McGraw-Hill Interamericana, España. pp.449-462
- ✚ Gugliuzza G.; Inglese P. y Farina V. 2002. Relationship between Fruit Thinning and Irrigation on determining Fruit Quality of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits. In: IV International Congress on Cactus Pear and Cochineal. Act. Hort. 581: 205-209
- ✚ Huerta P. C. 1998. Crecimiento y análisis del fruto de *Escontria chiotilla* (Weber) Rose y *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxbaum; en Venta Salada, Puebla. Tesis de Licenciatura. UNAM. FES Iztacala. Estado de México.
- ✚ INEGI. Carta geológica, Orizaba E 14-3
- ✚ Inglese P; Barbera G. y La Mantia T.1995. Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit quality and production. Journal of Arid Enviroments.29:455-468
- ✚ Kester J. J. y Fennema O. R. 1986. Edible films and coatings: as review. Food Technol. 12: 47-59
- ✚ Krochta J.M. y De Mulder-Jhonston C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenger and opportunities. Food Technol. 51(2): 61-74
- ✚ Kuti J. O. 1992. Growth compositional changes during the development of prickly pear fruit. Journal of Horticultural Science. 67 (6): 861-868
- ✚ Lárez V. C. 2003. Algunos usos del quitosano en sistemas acuosos. Revista Iberoamericana de Polímeros. 4 (2): 91-107
- ✚ Lárez V.C. 2006. Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. Universidad de Los Andes. Avances en Química. Venezuela. pp. 15-21
- ✚ López G. R.; Díaz P. J. C.; Flores M. G. 2000. Vegetative Propagation of Three Species of Cacti: Pitaya (*Stenocereus griseus*), Tunillo (*Stenocereus stellatus*) and Jiotilla (*Escontria chiotilla*). Agrociencia. 4 (3):63-367.

- ✚ Mandujano P.M. 1988. Respuesta fotosintética (Metabolismo Ácido de las Crasuláceas) en *Escontria chiotilla* (Weber) Rose. En ambiente controlado. Tesis de Licenciatura. UNAM. ENEPI. Estado de México.
- ✚ Mandujano P.M. 2002. Evaluación del metabolismo ácido de las crasuláceas en ramas jóvenes y maduras de *Escontria chiotilla* (Weber) Rose, con orientación norte y sur en el municipio de Coxcatlán, Puebla. Tesis de Maestría. UNAM. FES Iztacala. Estado de México.
- ✚ Manrique K. K. 2001. Nociones del Manejo de Post-Cosecha. http://www.cipotato.org/papandina/Documents/Nociones_del_Manejo_de_Postcosecha.pdf
- ✚ Martínez C. Ma. de L.; Cabrera J. Ma. del C.; Carmona A. y Varela H. G. J. 2006. Promoción de la germinación de semillas de *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum y *Escontria chiotilla* (Weber) Rose. Cact. Suc. Mex. 51:4. 111-121.
- ✚ Martínez M. D. 1987. Fluctuación Fotosintética de *Escontria chiotilla* (Weber) Rose, en la localidad de Venta Salada Municipio de Coxcatlán, Puebla. Tesis de Licenciatura. UNAM. ENEP Iztacala. Estado de México.
- ✚ Méndez L. H. H. 1988. Conservación de Jiotilla (*Escontria chiotilla*) por métodos combinados basados en la reducción de la actividad de agua. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Autónoma de Chapingo. Estado de México. 62pp.
- ✚ Miranda S. P.; Cárdenas G.; López D.; Lara-Sagahon A. V. 2003. Comportamiento de películas de Quitosán compuesto en un modelo de almacenamiento de aguacate. Revista de la Sociedad Química de México, 47 (4) 331-336.
- ✚ Mnkeni A. P and Brutsch M. O. 2002. Production of an Edible Dried Product (Candy) of High Quality From the Peel of Cactus Pear Fruit in the Eastern Cape Province of South Africa Using a Simple Portable Solar Drier. Acta. Hort. 581: 265-278.
- ✚ Morales R. E.; Treviño N. J.; Garza P. R. y Rodríguez G. R. 2004. Usos de las Cactáceas. En: Memorias VI Congreso de Ciencias de los Alimentos: Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León. RESPYN. No. 6
- ✚ Nerd A.; Gutman F. y Mizrahi Y. 1999. Ripening and postharvest behavior of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). Postharvest Biology and Technology, 17:39-49.
- ✚ Nerd A. y Mizrahi Y. 1999. The effect of ripening stage on fruit quality after storage in yellow pitaya. Postharvest Biology and Technology. 15: 99-105.
- ✚ Nieto P. C. 1980. La jiotilla. INIREB. Folleto. 41 (1): 1-4.
- ✚ Nicoli M. C.; Anise M.; Severnic C. 1994. Combined effects in preventing enzymatic browning reactions in minimally processed fruit. Journal of Food Quality. 17: 221-229
- ✚ Oaxaca-Villa B.G.; Casas A.; y Valiente-Banuet A. 2006. Reproductive biology in wild and silvicultural managed populations of *Escontria chiotilla* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central México. Genetic Resources and Crop Evolution 53: 277-287
- ✚ Ortega B. F. 2001. Demografía de la cactácea columnar *Escontria chiotilla*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

- ✚ Pantástico B. E. R. 1979. Fisiología de la postcosección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Ed. Continental. España. 663pp.
- ✚ Peña, M.C., Ramírez, G.J., Ponce de León, G.L. y Barbosa, M.C. 2007. Germinación de semillas almacenadas y recién cosechadas de *Escontria chiotilla* en distintos años de producción. Memorias del XVII Congreso Mexicano de Botánica. Zacatecas, Zac.
- ✚ Pérez-Negrón E. 2007. Aspectos ecológicos para el manejo y conservación de cactáceas columnares en Santiago Quiotepec, Oaxaca. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones en Ecosistemas.
- ✚ Pimentel G. S. 1984. Caracterización del pigmento rojo de la jiotilla *Escontria chiotilla*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM. México
- ✚ Pinotti N. A.; García A. M. y Zaritzky E. N. s/a. Caracterización de películas biodegradables compuestas de hidrocoloides. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. pp 1-5.
- ✚ Ramírez G. J.; Blas A. C.; López M. E.; Peña M. C.; Barbosa M. C.; Ponce de León G. L. 2007. Comportamiento germinativo de *Escontria chiotilla* y *Stenocereus griseus* en función de la temperatura. Memorias del XVII Congreso Mexicano de Botánica. Zacatecas, Zac.
- ✚ Ramírez H.; Rancaño A. J. H.; Benavides M. A.; Mendoza V. R. y Padrón C. E. 2006. Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidantes. Revista Chapingo. 12(2):189-195.
- ✚ Ramos B. R. 1983. Utilización de pigmentos rojos de *Escontria chiotilla* como colorante en alimentos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM. México.
- ✚ Reyes S.J.; Brachet I.C.; Pérez C.J. y Gutiérrez de la R. A. 2004. Cactáceas y otras plantas nativas de la cañada: Cuicatlán Oaxaca.
- ✚ Robles- Ozuna L. E.; Goyocolea F. M.; Silveira M. J. y Montoya B. L. C. 2007. Uso del quitosano durante el escalado del nopal (*Opuntia indica*) y efecto sobre su calidad. Revista Mexicana de Ingeniería Química 6(2): 193-20.
- ✚ Robles-Ozuna L. E.; Silveira M. J. y Montoya B. L. C. 2005. Optimización del tiempo de escaldado y la concentración de quitosano, evaluados sobre el color y drenado de nopal (*Opuntia ficus-indica*). En: Resumen de memorias V Congreso del Noroeste, I Nacional, en Ciencias Alimentarias y Biotecnología Centro de las Artes de la Universidad de Sonora Hermosillo, México.
- ✚ Rocha A. M. C. N.; Brochado C. M. y Morais A. M. M. B. 1998. Influence of chemical treatment on quality of cut apple (cv. Joangored). Journal of Food Quality. 21: 13-28.
- ✚ Rodríguez Ma. S.; Albertengo L.; Debbaudt A. y Agulló E. 2005. Uso de Quitosano en alimento. En: Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. González- Aguilar G. A.; Gardea A. A. y Cuamea-Navarro F. (Ed.). México.
- ✚ Rojas G. M. 1993. Fisiología Vegetal Aplicada. 4ta.ed. Ed. Interamericana McGraw-Hill. México. 275pp.
- ✚ Ruiz H. E. A. 2006. Identificación de cambios histológicos en frutos de *Escontria chiotilla* para fundamentar indicadores de cosecha. Tesis de Maestría. UAM Iztapalapa, México.

- ☙ Sáenz C.; Berger H.; Corrales G.; Higuera I.; Mondragón C.; Armida R. F.; Sepúlveda E.; Vamero M. T. 2006. Utilización Agroindustrial del Nopal. Boletín de servicios agrícolas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. 168pp.
- ☙ Salisbury B. F y Ross W. C. 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamericana.
- ☙ Salvador A.; Cuquerella J. y Monterde A. 2003. Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en mandarinas 'Fortune'. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 5(2): 122-127.
- ☙ Sánchez T. J. 2002. Biología floral y éxito reproductivo de *Escontria chiotilla* (Weber) en la Región de la Mixteca Oaxaqueña. Reporte de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México.
- ☙ Schwartz M. 1993. Conservación de frutas por métodos combinados: una alternativa de interés para los productores y la agroindustria. Simiente, 63 (4): 212-213.
- ☙ Shahidi F.; Kmil A; Arachi A. y You-Jim J. 1999. Food applications of chitin and chitosans. En: Nuevas tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados. 2005: Uso de Quitosano en alimentos, Rodríguez Ma. S.; Albertengo L.; Debbaudt A. y Agulló E.
- ☙ Soriano R. R.; Arias M. L.; González E. C y Sánchez V. E. 2005. Experiencia de Trabajo en Cosoltepec, Oaxaca ¿Un caso exitoso? En: Resumen de memorias 1er. Congreso Internacional de Casos Exitosos de Desarrollo Sostenible del Trópico. México.
- ☙ Soriano S. J.; Franco Z. M. E.; Pelayo Z. C.; Armella V. M. A.; Yáñez L. M. L y Guerrero L. I. 2007. Caracterización parcial del pigmento rojo del fruto de la "Jiotilla" (*Escontria chiotilla* [Weber] Britton & Rose). Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 6(1): 19-25.
- ☙ Tamaro D. 1984. Fruticultura. 4ta. ed. Ed. Gustavo Gili. 928pp.
- ☙ Tawil B. M. E. 2003. Efecto de cubiertas de quitosano con características hidrofóbicas en la vida de anaquel de zanahorias mínimamente procesadas. Tesis Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla.
- ☙ Tenango C. E. 2004. Germinación de *Escontria chiotilla* (Rose) Cactaceae. Tesina de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México. 32pp.
- ☙ Tripodo M. M.; Lo Curto R. B.; Mandalari G. and Zappia M. R. 2002. *Opuntia ficus -indica* Waste Utilization. Acta. Hort. 581: 269-273.
- ☙ Vargas M. C.; González M. A.; Chiralt A. y Cháfer M. 2007. Estudio preliminar del uso de recubrimientos de quitosano y de microorganismos eficaces en el control postcosecha de la podredumbre azul de naranjas. En: Memorias V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. pp. 1415-1423.
- ☙ Vero, S.; Garmendia, G.; Garat, F.; Alaniz, S.; de Aurrecoechea, I.; Wozniak, A.; Silvera, E. 2004. Alternativas al tratamiento convencional de poscosecha de citrus. Memorias. X Congreso Nacional de Hortifruticultura. Montevideo, Uruguay INIA – SUHF.



- ✚ Yáñez L. L.; Armella A. M.; Pelayo C.; Soriano J.; Ramírez G.; Sánchez M. D.; Juárez A. y García L. 2004. Jiotilla Plant (*Escontria chiotilla* [Weber] Britt. & Rose) as a New Resource Native to South Mexico. Acta Hort 632: 69-74
- ✚ Zagory D. and Kader A. 1988. Modified atmosphere packing of fresh produce. Food Technol. 70: 70-77.
- ✚ Zamora-Magdaleno Ma. T.; Cajuste-Bomtemps J.; Colinas-León Ma. T. y Santacruz U. H. 1999. Efecto de los Daños Mecánicos Sobre el Comportamiento Postcosecha de Fruto de Aguacate. Revista Chapingo Serie Horticultura. 5:319-328.
- ✚ Zebadúa F; Vargas L; González S y Tamayo J. s/a. Efecto del empaque en bolsas de PBD sobre la calidad y vida útil de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su refrigeración. Instituto Tecnológico de Mérida. México.