

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**EFFECTO DE 1-METILCICLOPROPENO Y AMINOETOXIVINILGLICINA SOBRE
LA CALIDAD DE TOMATE DE CÁSCARA
EN POSCOSECHA**

TESIS

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

Presenta:

GABRIEL FAVELA DELGADO

Mexicali, Baja California, abril de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **EFFECTO DE 1-METILCICLOPROPENO Y AMINOETOXIVINILGLICINA SOBRE LA CALIDAD DE TOMATE DE CÁSCARA EN POSCOSECHA**. Fue realizada por Gabriel Favela Delgado, bajo la dirección del comité particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

INGENIERO AGRÓNOMO
COMITÉ PARTICULAR

Dr. Alejandro Manelik García López

Director

Dr. (C) Felipe Menchaca Ceja

Co-Director

Dra. Cristina Ruíz Alvarado

Asesor

Dr. Carlos Enrique Ail Catzim

Asesor

ÍNDICE DE FIGURAS.....	1
ÍNDICE DE CUADROS.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN	7
I.....	INTRODUCCIÓN
.....	8
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	10
1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.2. META.....	10
1.3. HIPÓTESIS.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA	11
2.1. Origen e historia.	11
2.2. Especies de tomate.....	11
2.3. Fisiología del tomate de cáscara.	11
2.3.1. Crecimiento.	11
2.4. Estructura y Biología Floral.....	12
2.5. Reproducción	13
2.6. Manejo del cultivo del tomate de cáscara.	13
2.6.1. Preparación del terreno.....	13
2.6.2. Fecha de siembra y densidad de siembra.....	13
2.6.3. Requerimiento de agua.	14
2.7. Fertilización.	15
2.8. Cosecha	15
2.9. Manejo de poscosecha de tomate de cáscara.	15
2.9.1. Índice de calidad.....	16
2.9.2. Maduración.....	16
2.9.3. Composición nutritiva del tomate de cáscara.	16
2.10. Componentes de calidad en poscosecha.	17
2.11. Biosíntesis de etileno.	20
2.12. Alternativas para prolongar la vida en poscosecha.....	22
II.....	MATERIALES Y MÉTODOS
.....	24
3.1. Material vegetal y tratamientos.....	24

3.1.1. Apariencia visual.	24
3.1.2. Pérdida de peso.....	25
3.1.3. Color.....	25
3.1.4. Sólidos solubles totales.....	25
3.2. Diseño experimental y análisis estadístico.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. Apariencia visual.	26
4.2. Pérdida de peso.....	26
4.3. Color.....	28
4.3.1. Tono en cáliz.....	28
4.3.2. Tono en frutos.....	29
4.3.3. Cromaticidad de cáliz.....	30
4.3.4. Cromaticidad de frutos.....	31
4.3.5. Luminosidad de cáliz.....	32
4.3.6. Luminosidad de frutos.....	33
4.4. Sólidos solubles totales.....	34
V. CONCLUSIÓN	36
VI. LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ruta de biosíntesis de etileno. SAM, S-adenosil-L- metionina, ACC, ácido 1- aminocicloporpeno 1-carboxílico; MTA, 5´ -metiltioribosa; MTR-1-P; KMB, ácido α -ceto- γ -metiltiobutírico. Adaptado de Yang y Hoffmann (1984) e Bleecker y Kende (2000).....	25
Figura 2	Comportamiento de la apariencia visual en frutos de tomate de cáscara tratados con 1-MCP y AVG.....	30
Figura 3	Comportamiento de la pérdida de peso en tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.....	32
Figura 4	Comportamiento del tono en cáliz de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.....	33
Figura 5	Comportamiento del tono en frutos de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.....	34
Figura 6	Comportamiento de la cromaticidad en cáliz de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.....	35
Figura 7	Comportamiento de la cromaticidad en frutos de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.....	36
Figura 8	Comportamiento de la luminosidad en cáliz de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.....	37

Figura 9 Comportamiento de la luminosidad en frutos de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.....38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Comportamiento de la concentración de sólidos solubles totales en tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.	39
-----------------	---	----

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a todos aquellos compañeros estudiantes que se encuentran realizando una licenciatura, que nunca se den por vencidos en cualquier meta que se propongan, el camino puede ser largo y con obstáculos pero ningún triunfo es fácil.

Quiero dedicarle esta tesis a mis queridos padres, Lorena Delgado Soltero y Gabriel Favela Durán, por todo el apoyo que me brindaron desde que inicié mi licenciatura hasta finalizar con este proyecto, gracias por todo el esfuerzo que hicieron día con día para llegar a esta meta, que es una de muchas que acabo de finalizar.

También dedico la presente tesis a mis hermanos menores, Luis Alberto Favela Delgado y Carlos Enrique Favela Delgado quienes se encuentran aún cursando sus estudios, que este trabajo les sirva como ejemplo para poder motivarse y elaborar proyectos y terminar sus metas así como hoy yo termino una de ellas.

Dedico esta tesis a todos mis familiares por haber creído y confiado en mí desde que salí de Tijuana hasta que regresé con mis créditos finalizados.

También dedico esta tesis a mi novia y mejor amiga Geovana Daniela Ramírez Jiménez quien estuvo conmigo a lo largo de este proyecto y que me ayudó desde el principio hasta el final.

Dedico también esta investigación a mi maestro y amigo el Dr. Felipe Menchaca Ceja quien fue mi asesor principal y mi ejemplo a seguir, por todos los triunfos que él ha logrado, sé que tendrá mucho éxito por venir.

Quiero dedicarle esta tesis a mis compañeras que me ayudaron a en la elaboración de este proyecto Karina Torres, Rossy García, Paola Rojas, Geovana Ramírez y Alejandro López Lugo, porque sin su apoyo no se hubiese podido realizar esta investigación, gracias por todo.

Por ultimo quiero dedicarle esta tesis a mis mejores amigos Marco Antonio Estrada Becerra, Alejandro Carrasco Flores, Geovana Daniela Ramírez Jiménez, Ana Luisa Díaz José, Elhiza Aurora Pérez Sánchez, Ángel Cirerol Márquez y Saúl Alexis Castro López, quiénes me acompañaron, me apoyaron y me aconsejaron a lo largo de toda mi carrera, gracias por ser tan buenas amistades

AGRADECIMIENTOS

Agradezco mucho a mis padres, tanto a mi madre Lorena Delgado Soltero, como a mi padre Gabriel Favela Durán, por haber estado constantemente aconsejándome y alentándome durante toda mi carrera, y gracias por el apoyo brindado estos 5 años, ustedes son mis grandes ejemplos a seguir, gracias a ustedes termino esta etapa muy importante en mi vida.

Al Instituto de Ciencias Agrícolas, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios en la Institución.

Al Dr. (C) Felipe Menchaca Ceja, por ser un excelente tutor, gracias por asesorarme a lo largo de este proyecto, ya que sin su apoyo no se hubiera podido sacar adelante, también le agradezco todo el tiempo que le dedicó al proyecto de tesis y quiero agradecerle por darme ánimo día con día para superarme como profesional, también agradezco su amistad y más que nada por ser un ejemplo a seguir como profesional realizado y superado, gracias por ser mi compañero, maestro y más que todo un buen amigo.

A todos mis compañeros por haber creído en mí siempre, gracias a mis amigos de la Sociedad de Alumnos por siempre darme ánimos y el apoyo necesario para realizar mis proyectos.

Agradezco a mis compañeros Geovana Ramírez, Karina Torres, Rossy García, Paola Rojas, que hicieron posible este trabajo, gracias por la ayuda que me brindaron para hacer el experimento y gracias por el tiempo que le dedicaron al trabajo.

Al Dr. Alejandro Manelik García López, por ser un excelente asesor, gracias por invitarme a realizar este trabajo y por haber estado conmigo desde el principio hasta el final.

A todos mis asesores que me aportaron sus sugerencias a la presente tesis; así como a mis profesores que a lo largo de toda mi carrera compartieron sus conocimientos.

RESUMEN

Se realizó una investigación con inhibidores de etileno en frutos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) con temperatura de 20 °C durante 12 días. Los tratamientos fueron los siguientes: testigo (solo agua), 0.625 mg·L⁻¹ de aminoetoxivinilglicina (AVG), 1.25 mg·L⁻¹ de AVG, 0.5 µL·L⁻¹ y 1 µL·L⁻¹ 1-MCP (Smartfresh) en frutos con cáliz. Las variables analizadas fueron: apariencia visual, pérdida de peso, componentes de color (Luminosidad, cromaticidad y tono) y sólidos solubles totales. El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y un testigo, con 30 repeticiones para las pruebas no destructivas, mientras que para las destructivas fueron 10 repeticiones. La aplicación de los tratamientos para inhibir la producción y síntesis de etileno prolongaron la vida de anaquel y se redujo la pérdida de peso, se logró mantener por más tiempo el color verde, sin modificar la concentración de sólidos solubles totales. El uso de inhibidores del modo de acción y de la síntesis del etileno prolongan la calidad de tomate de cáscara en poscosecha.

ABSTRACT

Ethylene inhibitors applied to husk tomato storage at 20 °C for 12 days have done as research. The treatments were: control (just water), 0.625 mg·L⁻¹ of aminoethoxyvinylglycine (AVG), 1.25 mg·L⁻¹ AVG, 0.5 µL·L⁻¹ and 1 µL·L⁻¹ 1-MCP (Smartfresh) on fruits of tomato with husk. Visual appearance, weight loss, color, and total soluble solids (TSS) were analyzed. Random completely design with four treatments with 30 replicates for non-destructible samples and 10 replicates for destructible ones. The use of treatments for inhibit action mode or synthesis extend shell life and weight loss, were reduced, color was retained without tss modification. The use of action mode and synthesis inhibitors extend quality of husk tomato in postharvest.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), también conocido como: tomate verde, tomate de cáscara o tomatillo, es un cultivo que está incluido dentro del grupo de las hortalizas, y se agrupa a la familia Solanácea y género *Physalis*. El tomate de cáscara es una hortaliza que se conoce desde tiempos precolombinos (Pérez *et al.*, 2001). También es considerado un cultivo hortícola de gran importancia en México.

El estado con mayor superficie cosechada y volumen de producción es Sinaloa, seguido por Jalisco, Puebla, Zacatecas, Sonora y Michoacán en el ciclo agrícola 2014 se registró 44243.90 ha de lo cual se cosecharon 661141.11 t, mientras que en Baja California se sembraron 620 ha, ocupando la posición 19, con una producción total de 9710.92 dejando un valor de 52 millones de pesos (SIAP, 2014).

El tomate de cáscara se produce en el Valle de Mexicali y San Luis Río Colorado, se comercializa principalmente en el mercado americano y local. Recientemente se ha observado en algunos centros de comercialización de México la distribución de este fruto sin cáliz. Varios autores mencionan, que esta estructura tiene como función principal proteger al fruto contra insectos, pájaros, enfermedades y condiciones climáticas (radiación, cambios bruscos de temperatura, lluvias fuertes y granizadas) (Novoa *et al.*, 2006). Además de proteger, conserva la calidad del fruto permaneciendo por más tiempo en el mercado.

Existen diferentes alternativas para prolongar la vida anaquel del tomate de cáscara, cuidando el verdor y la turgencia de la cáscara, tales como el uso de bajas temperaturas y de reguladores de crecimiento que ayudan a controlar diferentes procesos fisiológicos.

El 1-MCP se ha probado en diferentes productos agrícolas climatéricos, no climatéricos y flores cortadas (Watkins y Miller, 2005; Watkins, 2006). Se ha reportado que el 1-MCP reduce los efectos que causan el etileno al inhibir su

modo de acción, incluyendo la senescencia, en variedades de flores en macetas y flores cortadas (Serek *et al.*, 1995, 1996; Sisler *et al.*, 1996; Heyes y Johnson, 1998; Newman *et al.*, 1998).

Mientras tanto la Aminoetoxivinilglicina (AVG) es un inhibidor de la biosíntesis del etileno, bloqueando la conversión de la metionina para el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico, precursor de etileno (Yu y Yang, 1979).

Actualmente la vida de anaquel del tomate de cáscara es corta y uno de los principales problemas es que el cáliz una vez cortado, empieza su proceso de senescencia, por lo que es necesario para la comercialización mantener turgente y con un color verde este órgano que protege al fruto (Balaguera-López *et al.*, 2014).

Por todo anterior el objetivo del presente estudio fue:

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad poscosecha y vida de anaquel en tomate de cáscara tratado con inhibidores del modo de acción y síntesis del etileno.

1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la calidad física como apariencia visual, pérdida de peso y color en tomate de cáscara tratado con dosis de 1-MCP y AVG en poscosecha.

Evaluar la concentración de sólidos solubles totales en tomate de cáscara tratado con dosis de 1-MCP y AVG en poscosecha.

1.2. META

Determinar si alguna de las concentraciones evaluadas ofrece una mejor calidad poscosecha y extiende vida de anaquel en tomate de cáscara.

1.3. HIPÓTESIS

La calidad y vida de anaquel del tomate de cáscara estará en función de las dosis de 1-MCP y AVG que se utilicen.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen e historia.

La palabra tomate proviene del vocablo nahuatl "ayacachtomatl" cuyas etimologías: ayacah (til)= sonaja, cascabel y tomatl= tomate. Así como su nombre genérico en el idioma maya hace suponer es originaria de América y muy probablemente de México. Además, se tienen evidencias de que crece en forma silvestre en la vertiente del Pacífico que va desde Guatemala hasta California (Cantú, 1983).

2.2. Especies de tomate.

En la actualidad, dentro del género *Physalis*, se ha estimado que existen alrededor de 80 especies, confinadas en su gran mayoría en zonas tropicales y templadas de América, y muy pocas especies en el este de Asia, India, Australia, Europa y África tropical

En México se han reportado las especies *lagascae*, *foetens*, *mollis* e *ixocarpa*; de éstas, solo la última se cultiva comercialmente (García citado por Pérez *et al.*, 1998).

2.3. Fisiología del tomate de cáscara.

2.3.1. Crecimiento.

La planta de tomate de cáscara tiene un ciclo de vida de 85 y 90 días desde la siembra a la senescencia; una vez que emerge la plántula inicia un crecimiento lento, aproximadamente 1 cm por día; posteriormente, como a los 24 días, el crecimiento se acelera y se estabiliza como a los 55, que cuando alcanza una altura de 90 cm (en las plantas rastreras aproximadamente 40 cm); la planta sigue creciendo lentamente y puede llegar alcanzar poco más de 1 m; esto sucede como

a los 70 días, después la planta empieza a envejecer rápidamente hasta su muerte (Pérez *et al.*, 1998).

Los entrenudos de las plantas alcanzan diferentes longitudes en las distintas etapas de su desarrollo, lo que da origen a cinco zonas: tallo no ramificado, zona inicial, zona media, zona de transición y zona terminal. Aunque el crecimiento es dicotómico, pueden identificarse claramente cuatro ramas principales a partir de la segunda bifurcación. Las últimas tres zonas ocurren sobre las cuatro ramificaciones principales del tallo. Los entrenudos de la zona inicial son de tamaño mediano, los más vigorosos ocurren en la zona media, siguiéndoles los de la zona transitoria y los de la zona terminal.

2.4. Estructura y Biología Floral.

Las flores son bisexuales, perfectas o hermafroditas; estas son solitarias y salen de la dicotomía de las ramas, son pequeñas, pentámeras, con bordes de color amarillo brillante; la garganta produce cinco puntos de color café-negro; las anteras son azules o azul verde; la corola de 1 a 2.69 cm de diámetro; su color es amarillo aunque algunas veces es púrpura y descolorida en el centro; acampanulada o circular; lóbulos plegados; estambres insertados en la base de la corola; el estigma presenta dos hendiduras, casi bilobulado.

Biología floral. La diferenciación de las primeras yemas florales se lleva a cabo entre los 17 y 20 días después de la siembra, apareciendo las primeras flores entre los 28 y 30 días, la planta continúa floreciendo hasta su muerte. A los 30 días cuenta alrededor de 6 flores, después hay una etapa con una gran producción de éstas, a los 52 días se tienen cerca de 125 flores, y posteriormente disminuyen en forma considerable.

Las flores por lo general abren antes de que ocurra la dehiscencia, entre los 8 y 12 horas del día. Poco antes de la dehiscencia de las anteras, los filamentos se elongan hasta llegar cerca del estigma. La dehiscencia de las anteras ocurre

gradualmente de la punta a la base; las paredes se enroscan hacia atrás para liberar el polen, después las estructuras florales se encorvan y comienza a marchitarse, hasta que finalmente caen (Pérez *et al.*, 1998).

2.5. Reproducción

Las flores de las plantas del género *Physalis* son perfectas, poseen androceo y gineceo. El sistema reproductivo para algunas especies es por la autofecundación como en *P. pubescens* L., *P. angulata* L. y *P. pruinosa* Mill., mientras que para otras se refiere la reproducción cruzada como en *P. ixocarpa*. No obstante, se desconoce el mecanismo reproductivo de numerosas especies y la existencia de sistemas mixtos de reproducción en el género, aspectos que ameritan investigación para su esclarecimiento.

La especie *P. ixocarpa* presenta autoincompatibilidad producida por dos series alélicas, debido a que la fecundación es infértil cuando uno o más alelos entran en homocigosis. Esta situación la convierte en una especie alógama obligada. La polinización natural es llevada a cabo por insectos, principalmente abejas, aunque también hay un cierto grado de polinización anemófila.

2.6. Manejo del cultivo del tomate de cáscara.

2.6.1. Preparación del terreno.

La preparación del terreno está dada en función de las condiciones del suelo y de las pendientes que puede presentarse. En los sistemas de producción de esta hortaliza, se realizan subsuelo, barbecho, nivelación del suelo, destrucción de los terrones y formación del surco o cama. La formación de la cama está en función de acuerdo al interés del agricultor.

2.6.2. Fecha de siembra y densidad de siembra.

La fecha de siembra del tomate de cáscara va de acuerdo a la zona productora, esta se asocia con el periodo de heladas o bien con temperaturas excesivas. Los

surcos o camas agrícolas comúnmente se recomienda que sea 1.20 a 1.80 de distancia colocando dos plantas por metro (30 cm por planta) a doble hilera en sistema de riego por goteo. Se pueden realizar dos tipos de siembra la directa y la indirecta, la directa consiste en depositar la semilla en las camas mientras que la indirecta consiste en el trasplante, esta última es la más recomendada, ya que el buen manejo en almácigo permite contar con plántulas vigorosas y uniformes. El momento óptimo del trasplante se alcanza cuando la plántula tiene de tres a cuatro hojas verdaderas o bien cuando la plántulas tengan de 15 a 29 días (Salazar, 2002; Martínez *et al.*, 2004 y Peña *et al.*, 1991).

2.6.3. Requerimiento de agua.

El manejo del riego, y su monitoreo, constituye una de las técnicas más efectivas para obtener rendimientos óptimos, en cuanto a la cantidad y calidad de producto requeridas por el mercado (McCarthy, 1998; Van Leeuwen *et al.*, 2003). Los métodos utilizados en el riego pueden basarse en el conocimiento de las condiciones atmosféricas (estimación de la evapotranspiración), en el control de la humedad del suelo y en el seguimiento del estado hídrico de la planta. En general, estos son dos tipos: i) Aquellos que consideran como punto de partida para la dosificación del riego, el balance hídrico del suelo calculado a partir de la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET_0) y la aplicación de coeficientes de cultivo, al utilizar los estimadores de contenido de humedad del suelo y de estrés hídrico de la planta como ayuda para la toma de decisiones (Myburgh, 1996); y ii) Las estrategias basadas en el seguimiento del contenido de agua del suelo, manteniendo la tensión matricial del suelo por encima de un determinado valor que varía según el estado fenológico del cultivo y los objetivos de producción y calidad deseados (McCarthy, 1998). El conocimiento de la lámina de riego óptima es indispensable para que los sistemas de producción de tomate de cáscara sean rentables.

2.7. Fertilización.

La fertilización está dada por la etapa fenológica de la planta y por la cantidad en la presentación de los nutrimentos, como el nitrógeno, fósforo y potasio entre otros. En unas de las investigaciones de Castro *et al* (2004), encontraron que se requiere 3.7 Kg de nitrógeno aprovechable para producir una tonelada de fruto fresco de tomate de cáscara, además menciona que la etapa de desarrollo de la planta con mayor demanda de nitrógeno es al inicio de la cosecha (55 a 60 días después del trasplante. Cabe mencionar que las dosis a emplear dependen principalmente del tipo de suelo, unos de los tratamientos de nitrógeno-fósforo-potasio es de 180-90-30, es el más adecuado para esta hortaliza en suelos limosos, mientras que si los suelos son más pobres se debe aplicar más fertilizante.

2.8. Cosecha

La cosecha de frutos de tomate de cáscara esta dado en base a la variedad y algunos factores abióticos (luz, temperatura y humedad) principalmente. Magaña (1997), encontró que los primeros frutos de corte ocurren entre los 70 a 80 días después del trasplante de acuerdo con la variedad.

2.9. Manejo de poscosecha de tomate de cáscara.

La vida de consumo del fruto de tomate de cáscara está influenciada por el momento de corte, y por el tipo de empaque. Macías (1995) considera que los frutos de tomate de cáscara pueden conservarse en almacenes por un periodo de 30 días, sin que sufran graves daños en la calidad. Unas de las condiciones más importantes son la temperatura, humedad y tipo de empaque, que esta puede variar. En unas investigaciones de este fruto de cáscara, la temperatura entre 10°C y 20°C presentaron mayor pérdida de peso y cambio de color que el almacenamiento a temperaturas más bajas mientras que por otra parte el almacenamiento durante 3 semanas a 2.5°C resultó con más daños que los frutos almacenados a 5°C (Cantwell *et al.*, 1992).

2.9.1. Índice de calidad.

Debe ser idealmente uniforme y con una forma de la característica de la variedad, los valores de peso, tamaño, firmeza, acidez y sólidos solubles, pueden ser utilizados como criterios para definir la calidad del fruto (Torres-Panduro, 1998; Santiaguillo-Hernández *et al.*, 2004; Jiménez-Santana *et al.*, 2012). Lo escasos trabajos en relación a los parámetros de calidad, como el color, se reportaron que después de la cuarta semana de crecimiento del fruto, los niveles de clorofila y carotenos disminuyen (Cantwell *et al.*, 1992). Esta respuesta podría asociarse con el color del epicarpio (Azcón- Biento y Talón, 2000), lo cual puede ser una alternativa para establecer un indicador de madurez.

2.9.2. Maduración.

La maduración de los frutos es un proceso complejo y genéticamente controlado, que culmina en una serie de alteraciones fisiológicas, bioquímicas y estructurales, como el color, aroma, textura o el flavor de los frutos (Lelièvre *et al.*, 1997; Alexander y Grierson, 2002). Los frutos pueden ser clasificados, en función de diferentes mecanismos relacionados con la maduración, en climatéricos y no climatéricos. Los frutos climatéricos, como manzanas, plátanos, duraznos, nectarinas y tomates, se observa un pico de tasa respiratoria y que consecuentemente sucede un incremento en la síntesis de etileno (Yang y Hoffman, 1984; Kende, 1993). En frutos no climatéricos, como uva, fresas, cítricos en general y tomate de cáscara, no ocurre un aumento acentuado en la respiración, siendo que la producción de etileno se mantenga baja.

2.9.3. Composición nutritiva del tomate de cáscara.

El sabor de esta hortaliza ha hecho de este, un tradicional ingrediente de varios platillos mexicanos tales como las salsas, enchiladas, arroz etc. Frecuentemente es usado en lugar del tomate rojo, (*Lycopersicon esculentum* Mill.) debido a su color verde y/o acidez (Bock *et al.*, 1995). Por otro lado el consumo directo como ensaladas o como extractos es, para aumentar el valor nutritivo de diferentes alimentos (González *et al.*, 2011).

Unas de las características más importantes por los consumidores además de su sabor, es la composición nutritiva de tomate de cáscara tales como: el porcentaje de humedad que es aproximadamente 92 %, materia seca 11 %. Esta hortaliza es fuente de vitamina A y C, además se ha sugerido que los fitoquímicos aislados de los tomate de cáscara, como la ixocarpalactone A, son potentes indicadores de la reductasa quinona, indicando una posible actividad quimoprotectora. Estos descubrimientos sugieren que los fitoquímicos presentes en los frutos pueden tener propiedades quimiopreventivas al cáncer de colon (Choi *et al.*, 2006).

En un estudio realizado en el tomate de cáscara púrpura (*P. ixocarpa*) se encontró que la actividad antioxidante de los genotipos de tomate de cáscara color púrpura presentaron entre 16 y 90%, además estos resultados mostraron una correlación no lineal entre los compuestos bioactivos (fenólicos totales o el contenido de antocianinas) y la capacidad antioxidante en los genotipos evaluados. Indicando que el tomate de cáscara es una fuente importante y seguramente de compuesto antioxidante.

2.10. Componentes de calidad en poscosecha.

La calidad es un término que denota un grado de excelencia o un alto valor. Según Kramer (1965), la calidad de los alimentos puede ser definida por la composición de aquellas características que diferencian unidades individuales de un producto y tiene importancia en determinar el grado de aceptabilidad de dicha unidad por el consumidor.

Con respecto a frutas y hortalizas, las características que describen la calidad son los siguientes atributos: 1) color y apariencia, 2) flavor (sabor y aroma), 3) textura y 4) valor nutricional (Barrett *et al.*, 2010).

a) Color. Se deriva de pigmentos naturales en frutas y vegetales, muchos de los cuales cambian como en el proceso de maduración. Los pigmentos principales que dan calidad de color son las clorofilas (color verde), los carotenoides (colores amarillo, naranja y rojo), las antocianinas (colores rojo y azul), flavonoides (color amarillo) y las batalaínas (color rojo) y la formación de los colores café, gris y

negro se obtienen de las reacciones enzimática o no enzimáticas. Las enzimas que participan en las reacciones de pardeamiento incluye a la polifenol oxidasa, la cual cataliza la oxidación de compuestos fenólicos y la fenilalanina amino-liasas, la cual cataliza la síntesis de precursores a sustratos fenólicos (Barrett *et al.*, 2010).

b) Apariencia. Se determina por factores físicos que incluyen el tamaño, la forma, la integridad, la presencia de defectos (manchas y magulladuras, etc.), el brillo y la consistencia. El tamaño y la forma están influenciados por el cultivar, la madurez, el manejo del cultivo y el ambiente donde se desarrolló. La integridad y la ausencia de defectos pueden ser afectadas por la exposición a enfermedades e insectos durante el periodo de crecimiento y en las operaciones de cosecha y la poscosecha. En frutas y vegetales el brillo se relacionan con la habilidad de reflejar la luz en su superficie y generalmente productos frescos cosechados son más brillantes (Mitcham *et al.*, 1996). El brillo es afectado por el contenido de humedad, la disposición de cera sobre la superficie y por las prácticas de manejo poscosecha. La consistencia o suavidad se utiliza como término de la apariencia, pero se aplica a productos semi-sólidos, donde se indica la delgadez del producto (Barrett *et al.*, 2010).

c) Flavor. Se define como una experiencia única que incluye sensaciones de sabor, olor, presión y en ocasiones sensaciones cutáneas como calor, color y dolor (Anónimo, 1959). El flavor está descrito por el aroma (olor) y el sabor. Los compuestos que dan aroma son volátiles, percibidos principalmente con la nariz, mientras que los receptores del sabor están la boca. Mientras que el color y la apariencia son los atributos iniciales de la calidad que nos atraen de las frutas y vegetales, el flavor tiene un gran impacto en la aceptabilidad y deseo de ser consumido nuevamente. El sabor está dividido en cinco sabores primarios: dulces, ácidos, salados, amargo, y umami. Los olores son mucho más diversos y difíciles de clasificar, que incluyen a especias, florales, frutales, resinas, balsámicos, quemados, etc. Steven (1985) fijó que es posible clasificar a los vegetales en dos grandes grupos de compuestos relacionados, ejemplo: los plátanos con isoamilacetato, las cebollas con compuestos azufrados y el apio con los ftálicos. El

segundo grupo incluye a todos aquellos sabores determinados por un número de volátiles, ejemplo: frijol, melón, tomate etc.

d) Textura. Los parámetros de textura en frutas y vegetales son percibidos con el sentido del tacto, también cuando es tomado por la mano o puesto en la boca y masticado. En contraste con el sabor, las características de textura se miden fácilmente usando diferentes métodos instrumentales. La mayoría de las plantas contienen una suficiente cantidad de agua y otros materiales líquido-solubles rodeados por una membrana semi-permeable y la pared celular. La textura se deriva de la presión de la turgencia y de la composición individual de las paredes celulares y de la lámina media que mantiene a células individuales juntas. Las paredes celulares se componen de celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas, proteínas y en el caso de vegetales, lignina. Según Bourne (1982) las propiedades de textura de un alimento son un grupo de características físicas que resultan de los elementos estructurales del alimento, y son detectadas por el sentido del tacto, que están relacionada con la deformación, desintegración y flujo del alimento expuesto a una fuerza, y es medida objetivamente por funciones de masa, tiempo y distancia.

e) Valor nutricional. Las frutas y vegetales son la mayor fuente de macronutrientes como fibra y carbohidratos, y micro-nutrientes como la vitamina C, complejo B, (tiamina, riboflavina, B6, niacina, fosfato), A, E, minerales y los menos estudiados polifenoles, carotenoides y glucosinolatos (Barret *et al.*,2010). Los nutrientes pueden ser clasificados como hidrosolubles o liposolubles. Los nutrientes hidrosolubles incluyen a la vitamina C, complejo B, polifenoles y glucosinolatos. Los nutrientes liposolubles incluyen a la vitamina A, E y carotenoides como licopeno y β -caroteno. La vitamina C es una de las vitaminas más sensibles, siendo degradada rápidamente por la exposición al calor, luz y oxígeno. Por esta razón se utiliza como índice nutrimental del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos.

Dichas características ya mencionada dependen de las diferentes variedades o cultivares de tomate de cáscara y de las hortalizas en general,

además de las condiciones agroclimatológicas y del manejo agronómico de las plantas (Shewfelt, 2003; Canet y Álvarez, 2006). Es importante considerar este aspecto, ya que la calidad de estos frutos al ser cosechados no se puede mejorar, pero si se pueden conservar sus características mediante un manejo apropiado de las condiciones poscosecha (Thompson, 2003; Do Nascimento 2008).

2.11. Biosíntesis de etileno.

La relación del etileno en el proceso de la maduración ha sido comprobada por estudios de las plantas genéticamente transformadas, las cuales la inhibición de la síntesis de etileno reduce o inhibe la maduración (Picton *et al.*, 1993; Ayub *et al.*, 1996; Silva *et al.*, 2004).

Para entender los diferentes padrones de biosíntesis de etileno, que ocurren en frutos climatéricos y no climatéricos, fueron propuestos dos tipos de sistemas, el sistema I y el II, respectivamente (McMurchie *et al.*, 1972). La producción basal de etileno por el sistema I es baja y generalmente es inhibida por la aplicación del etileno exógeno. Ese sistema está presente en frutos no climatéricos, en frutos climatéricos que están en la fase pré-climatérica es en tejidos vegetativos (Oetiker y Yang, 1995). El aumento drástico de la síntesis autocatalítica de etileno y maduración de frutos climatéricos presentan el sistema II.

El etileno es producido por una ruta relativamente compleja, se utiliza la S-adenosil- L- metionida (SAM) como precursor (Adams y Yang, 1979) (Figura 1). El inicio de esa vía metabólica, el aminoácido metionina es convertido a SAM, por la acción de SAM sintasa, es una reacción que consume energía de forma de ATP (Yang y Hoffman, 1984; Kende, 1993). Además de participar de esa ruta, SAM es uno de los principales donadores de grupos metil en plantas, siendo, utilizado como sustrato en varias rutas metabólicas, como la síntesis de poliaminas espermidina y espermina (Ravanel *et al.*, 1998).

Una etapa crucial en la ruta de síntesis de etileno, no en tanto, es una conversión de SAM al aminoácido cíclico no-proteico ácido 1-aminociclopropano-

1-carboxílico (ACC), catalizada por la enzima ACC sintasa (S-adenosil-L-metionina metiltioadenosinaliase). Asociado con una producción de ACC, acción de ACC sintasa sobre la SAM producida también 5'-metiltioadenosina (MTA), que es convertida a etileno, por la acción de ACC oxidasa (Yang y Hoffman, 1984; Kende, 1993) (Figura 1). Además del etileno, la oxidación de ACC por la ACC oxidasa genera CO₂ cianato (HCN) y agua (Yang y Hoffman, 1984; Kende, 1993). El ACC puede ser metabolizado además, un ácido 1- (malonilamino) ciclopropano-1-carboxílico (MACC) una reacción considerada irreversible a las condiciones fisiológicas (Yang y Hoffman, 1984). El proceso de la malonización de ACC puede estar relacionado con la autoinhibición de biosíntesis de etileno, además de contribuir para la regulación de los niveles de ACC y la tasa de síntesis de etileno (Liu *et al.*, 1985).

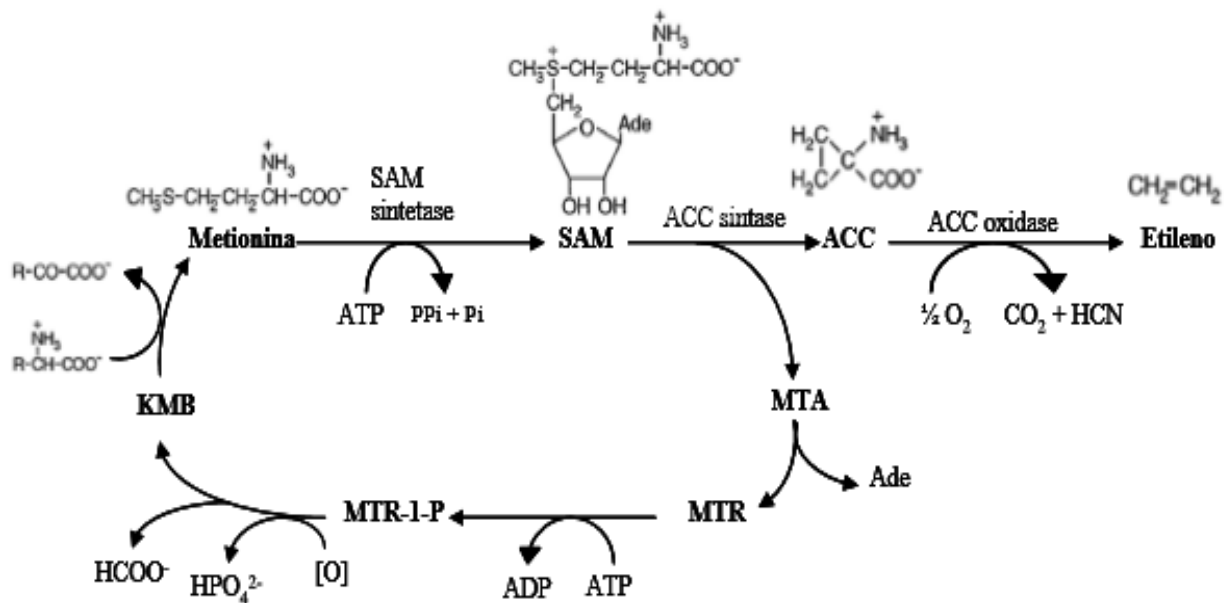


Figura 1. Ruta de biosíntesis de etileno. SAM, S-adenosil-L- metionina, ACC, ácido 1- aminocicloporpeno 1-carboxílico; MTA, 5' -metiltioribosa; MTR-1-P; KMB, ácido α -ceto- γ -metiltiobutírico. Adaptado de Yang y Hoffmann (1984) e Bleecker y Kende (2000).

2.12. Alternativas para prolongar la vida en poscosecha.

La calidad de los productos vegetales está dada por una combinación de los atributos. Dicha calidad depende de las características propias del vegetal, del método de elaboración y de las condiciones de procesamiento. La extensión de la vida útil de los productos vegetales enfrenta un problema básico: el tejido vegetal es el que vive y respira, en el cual actúan muchos procesos de deterioro. Algunas de estas reacciones si no son controladas, pueden conducir a la rápida pérdida de la calidad (Watada *et al.*, 1996).

Dentro de las alternativas que hay para mantener la calidad y prolongar la vida anaquel en productos vegetales existen inhibidores del oscurecimiento enzimático como los agentes reductores (sulfitos, ácidos ascórbico, cisteína, glutatión), agentes quelantes (ácidos orgánicos, fosfatos EDTA), acidulantes (ácido cítrico, ácido fosfórico), inhibidores enzimático (4- hexilresorcinol, alcoholes alifáticos, ácidos carboxílicos aromáticos) tratamiento enzimático (proteasas, oxigenasas) y agentes complejantes (ciclodextrinas) (Ruíz-Cruz *et al.*, 2005).

Otro grupo que se utilizan son los receptores de etileno como alternativa para conservar productos vegetales como 1- metilciclopropeno (1- MCP) que está aprobado para usarse en muchos países para mantener la vida anaquel de los frutos climatéricos y no climatéricos, tales como vegetales comestibles y flores cortadas (Watkins and Miller, 2005; Watkins, 2006). 1- MCP ha estado reportado para reducir los efectos que induce el etileno, incluyendo la senescencia y la conservación de variedades de flores (Serek *et al.*, 1995, 1996; Sisler *et al.*, 1996; Heyes and Johnson, 1998; Newman *et al.*, 1998).

El aminoetoxivilglicina (AVG), es frecuentemente usado como específico inhibidor de la biosíntesis de etileno para determinar los efectos del etileno en el crecimiento de la planta, desarrollo y alguna respuesta al estrés. AVG ha sido usado para la participación del estudio de síntesis de etileno (Pereira-Netto, 2001). Los estudios publicados de AVG en los tejidos de las plantas está fuertemente documentado, que incluye el método de aplicación foliar de 124 g ha⁻¹.

El AVG es natural inhibidor de la síntesis de etileno, además reduce la caída de frutos y disminuye la maduración de los frutos especialmente la de las manzanas (Schupp y Greene, 2004; Greene, 2005; Yuand y Carbaugh, 2007). Sin embargo estos resultados dependen del cultivar y la concentración usada (Autio and Bramlage, 1982).

Se reportó la inhibición del etileno con tratamientos de AVG que reduce el desarrollo de la piel roja en manzanas, en este mismo estudio se encontró que los tratamientos del AVG aumento la intensidad del rojo (higher hue angle) comparado con los frutos que fueron testigos (Wargo *et al.*, 2004; Greene, 2005 y Yildiz *et al.*, 2012).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal y tratamientos.

Para llevar a cabo este estudio, el material vegetativo utilizado se obtuvo de Ojos Negros, B.C. Ahí se realizó todo el manejo convencional al cultivo de tomate de cáscara, la variedad Siqueiros de la compañía Harris Moran fue la utilizada. Una vez en madurez hortícola, 600 frutos con cáliz, fueron trasladados al Laboratorio de Fisiología y Tecnología Poscosecha del Instituto de Ciencias Agrícolas UABC, donde se aplicaron los siguientes tratamientos de 1-MCP y AVG:

Tratamientos	Dosis
Testigo	Solo agua
1 MCP	0.5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$
1 MCP	1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$
AVG	0.625 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
AVG	1.25 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Los tratamientos para el AVG, fueron aplicados con un atomizador pulverizador, dando 40 disparos para cada grupo de 100 frutos, mientras que para el 1-MCP se depositaron grupos de 100 frutos de tomate de cáscara en una mini-cámara herméticamente cerrada por 1 hora. También se utilizó un testigo absoluto, donde solo se le aplicó agua con un atomizador pulverizador, con la finalidad de ser comparado con los tratamientos utilizados. La temperatura de almacenamiento fue de 20 °C.

Las variables evaluadas fueron:

3.1.1. Apariencia visual.

Se utilizó una escala visual de 9-1, donde 9 fue excelente; 7 bueno; 5 utilizable; 3 malo y 1 inutilizable. El límite del mercadeo fue el 5, lo anterior según Kader y Cantwell (2010).

3.1.2. Pérdida de peso.

Se utilizó una balanza digital Ohaus, en la cual se pesaron cada tercer día en frutos de cada tratamiento, los resultados se expresaron en porcentaje de pérdida de peso, para lo cual se empleó el siguiente modelo (Díaz-Pérez, 1998.)

$$\% \text{ de pérdida de peso} = \left[\frac{(PI - PF)}{PI} \right]$$

1En donde: PI = peso inicial PI PF=peso final

3.1.3. Color.

Se tomó el color de la cáscara de los frutos de tomate de cáscara de cada tratamiento de grupos de 30 frutos en un periodo de cuatro mediciones en 12 días, también se tomó el color de los frutos sin cáscara de cada tratamiento de grupos de 10 en un periodo de cuatro mediciones en 12 días. Para los frutos sin cáscara y lo frutos con cáscara se tomó de referencia lumionocidad, cromatisidad y angulos °Hue que es el matiz o el tono (Little, 1975).

3.1.4. Sólidos solubles totales.

La concentración de sólidos solubles totales (SST) se determinó en una gota de extracto de pulpa colocada en un refractómetro digital Abbe Leika Mark II calibrado con agua destilada y se expresó en °Brix (AOAC, 1998).

3.2. Diseño experimental y análisis estadístico.

El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y 30 repeticiones para las variables, pérdida de peso, color de cáscara y fruto, y sólidos solubles totales. Se realizaron muestreos cada tercer día por 12 días. La unidad experimental fue un fruto, se realizó análisis de varianza con una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), mediante el programa STATISTIX 8 (2004).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Apariencia visual.

Los tomates de cáscara tratados con 1-MCP llegaron aproximadamente a los ocho días de almacenamiento a 20 °C a su límite de mercadeo, mientras que el testigo y la dosis de 0.625 g L⁻¹ de AVG les tomó medio día después en alcanzar este límite. El mejor tratamiento fue 1.250 g L⁻¹ de AVG, al llegar el día nueve de almacenamiento con una apariencia visual todavía utilizable (Figura 2). Es muy probable que la poca actividad del etileno se redujo y por lo tanto se redujo la senescencia (Sisler *et al.*, 1996).

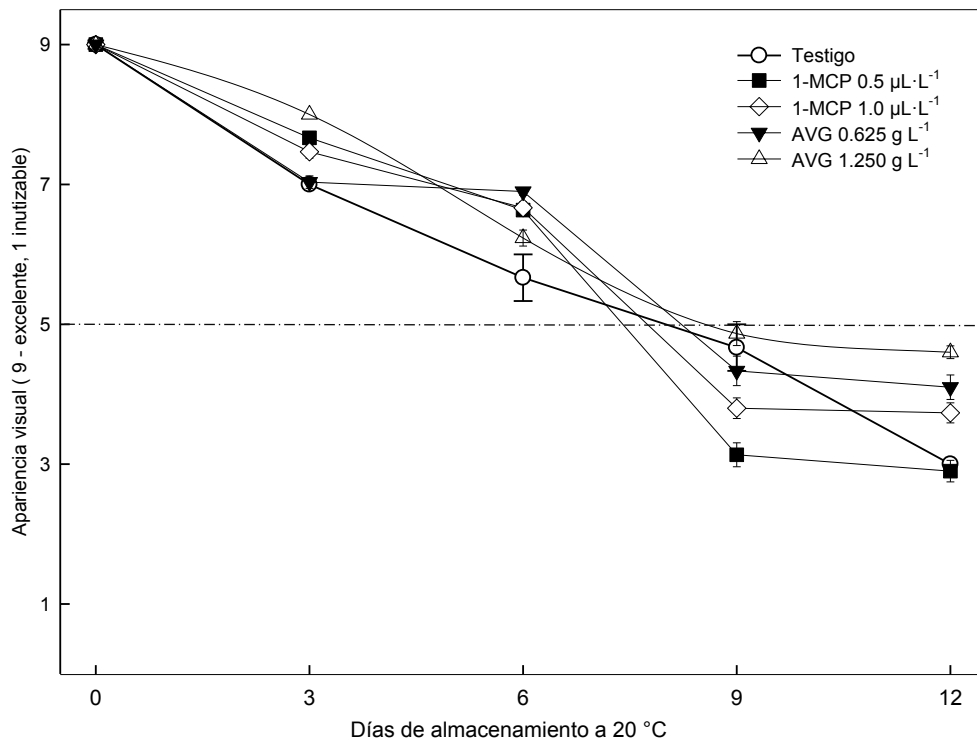


Figura 2. Comportamiento de la apariencia visual en frutos de tomate de cáscara tratados con 1-MCP y AVG.

4.2. Pérdida de peso.

El único tratamiento que tuvo una menor pérdida de peso acumulada a través de los días de almacenamiento fue el 1-MCP con dosis de 1 µL·L⁻¹, el resto de los tratamientos utilizados presentaron una mayor pérdida con relación al

testigo (Figura 3). Por otro lado (Cruz-Álvarez *et al.* (2012), menciona que la principal razón de la pérdida de peso, es por transpiración en los frutos al ser retirado el cáliz durante el periodo de almacenamiento.

Jiménez-Santana *et al.* (2012) en genotipos de tomate de cáscara mencionan, que en la variable de peso fresco, no es modificado en ninguno de los genotipos utilizados durante los primeros cortes, quizás estos resultado se debe al nivel de ploidia de los tres genotipos tetraploides usados (cubero, 2003). En otras investigaciones, para la variedad "Tamazula" se obtuvieron pérdidas significativas de peso en frutos almacenados a 25 °C, pero no en frutos almacenados a 10°C (García-Sahagún *et al.*, 2007). La pérdida de agua de los productos hortícolas cultivados es la mayor causa de deterioro en el almacenamiento. Todos los productos hortícolas continúan perdiendo agua en forma de vapor aún después de ser cosechados.

Si la pérdida de agua o transpiración no es reducida o detenida, el producto rápidamente se marchita, se lignifica o toma una consistencia marchita y virtualmente estará en condiciones no comestibles. Estos síntomas se hacen evidente cuando el producto ha perdido entre el 5 y el 10 % de su peso, debido a la transpiración (Kader, 2002).

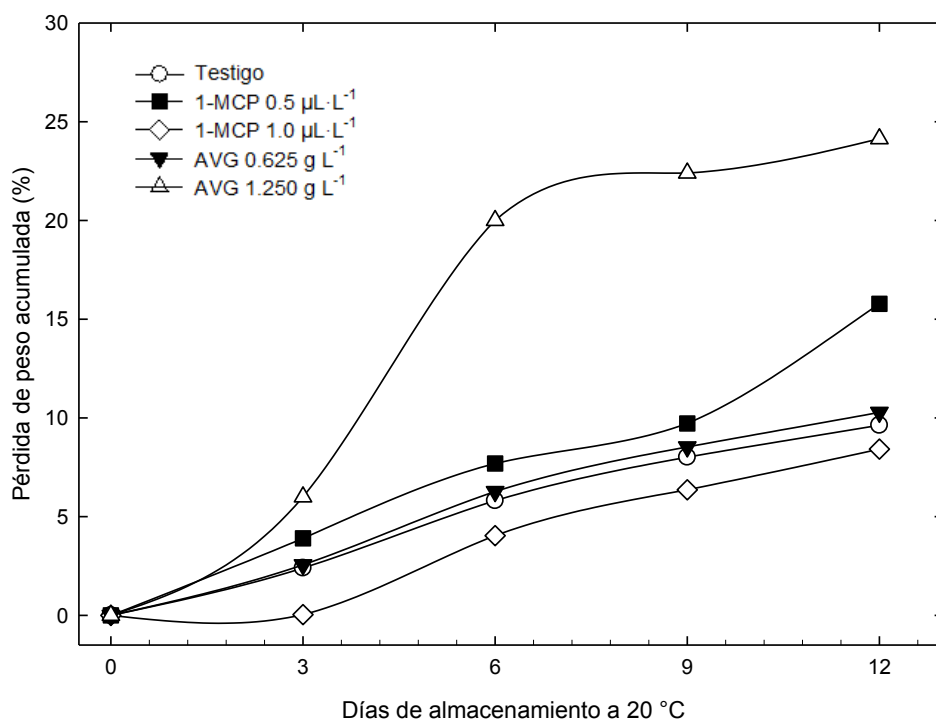


Figura 3. Comportamiento de la pérdida de peso en tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.

4.3. Color.

4.3.1. Tono en cáliz.

A partir del sexto día de almacenamiento, los tomates de cáscara tratados con AVG mantuvieron su color verde por más tiempo, mientras que el resto de los tratamientos junto con el testigo transitaban de un color verde intenso a uno de menor intensidad cercano al amarillo (Figura 4).

En investigaciones de algunas variedades de tomate de cáscara, Benito *et al.* (2016) concluyeron que la presencia o ausencia del cáliz es relevante en el contenido de clorofila.

El apoyo con el disco del color del equipo de medición X-Rite 62, se puede citar que el cáliz de los frutos de tomate de cáscara en todos los tratamientos se inclinaron de un color verde hacia un color amarillo (Minolta, 1993).

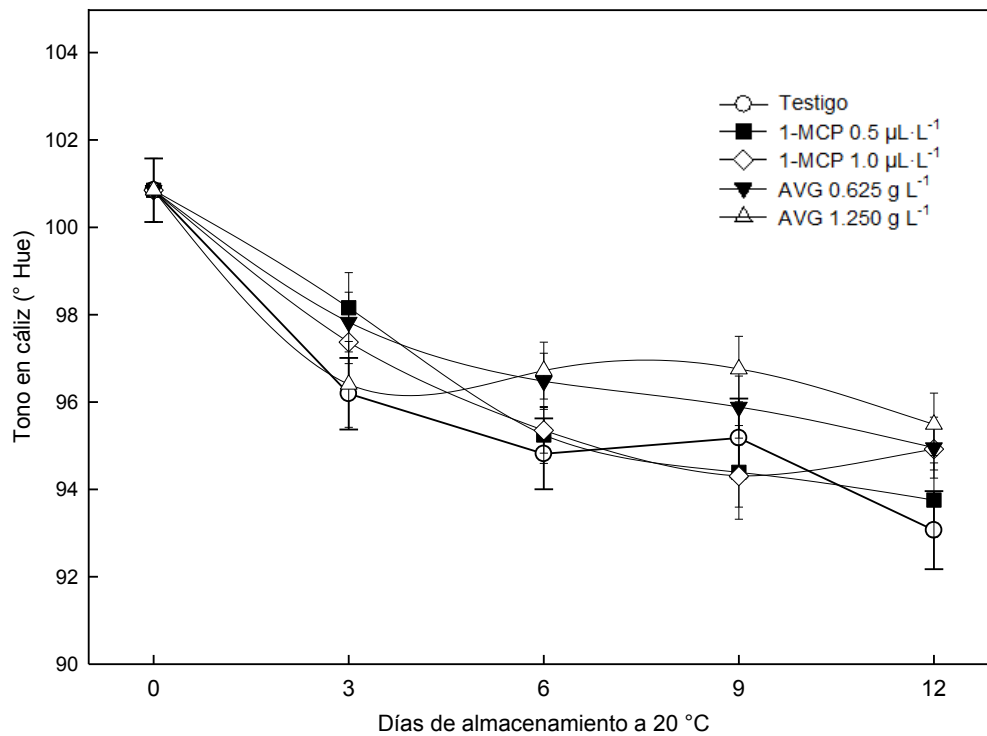


Figura 4. Comportamiento del tono en cáliz de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.

4.3.2. Tono en frutos

De manera general se observa que el color en frutos de tomate de cáscara no se modificó ampliamente durante el almacenamiento, aunque cabe aclarar que los mejores tratamientos al final del experimento fueron 1-MCP con dosis de 1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ y AVG con 1.250 g L^{-1} (Figura 5).

En investigaciones de algunas variedades de tomate de cáscara de cáscara, Benito *et al.* (2016) mencionan, que el color de los frutos es modificada por el tiempo de almacenamiento. Por otra parte Cruz-Álvarez *et al.* (2012), concluyeron en una investigación con frutos de tomate de cáscara almacenados a 4 °C presentaron mayor efecto en el color y el contenido de clorofila.

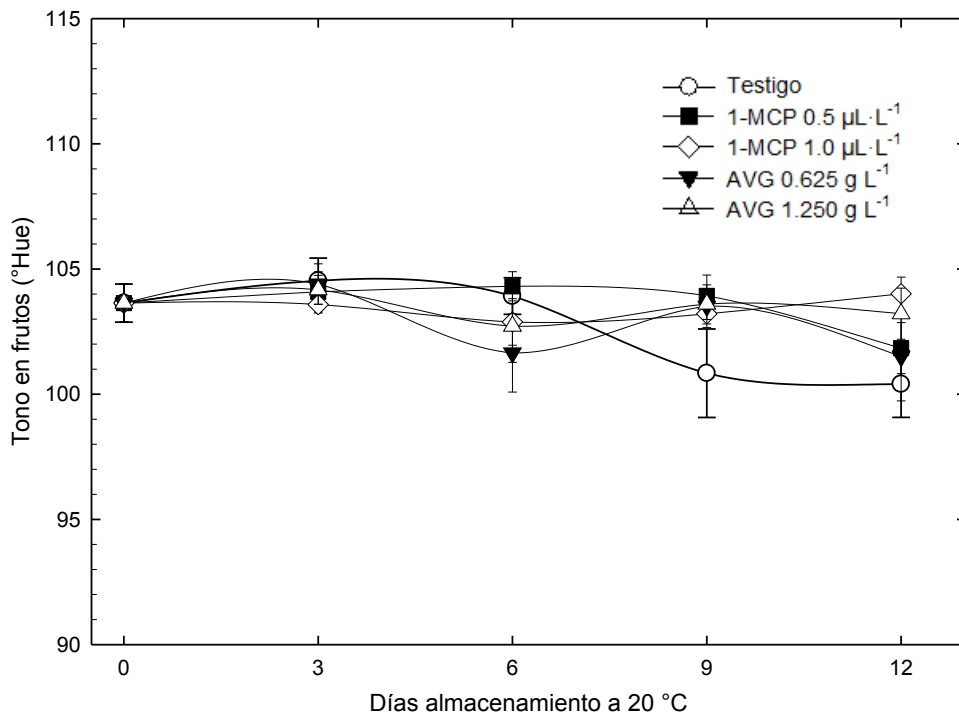


Figura 5. Comportamiento del tono en frutos de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.

4.3.3. Cromaticidad de cáliz.

Del mismo modo que con el tono en frutos, la cromaticidad del cáliz se mantuvo por mayor tiempo de almacenamiento en los tomatillos tratados con 1 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ de 1-MCP y 1.250 g L^{-1} de AVG (Figura 6). Cruz-Álvarez *et al.* (2012) encontraron que para los días 5, 15, y 20 días después de la cosecha (dds) se encontró mayor cromaticidad solamente en el 5 ddc. En las variedades San Martín y Tecozautla 04 fueron las que presentaron valores de *C más altos, por manifestar menor pérdida de clorofila (López-Camelo y Gómez, 2004).

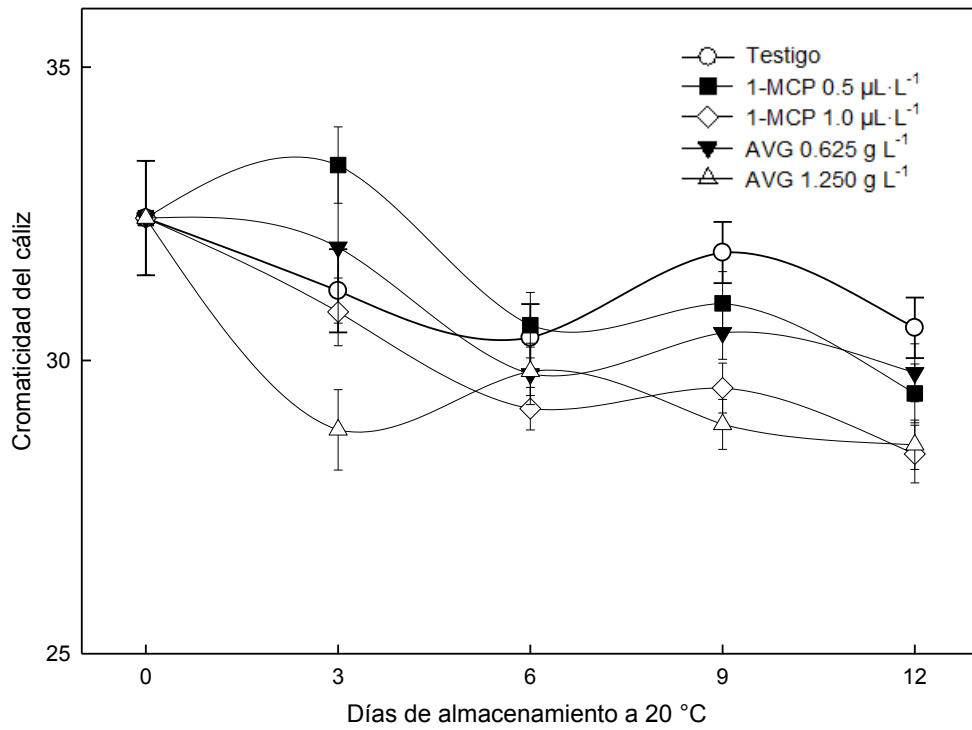


Figura 6. Comportamiento de la cromaticidad en cáliz de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.

4.3.4. Cromaticidad de frutos.

De manera general a partir del 6to día de almacenamiento, se observó que la cromaticidad se mantiene en todos los tratamientos (Figura 7).

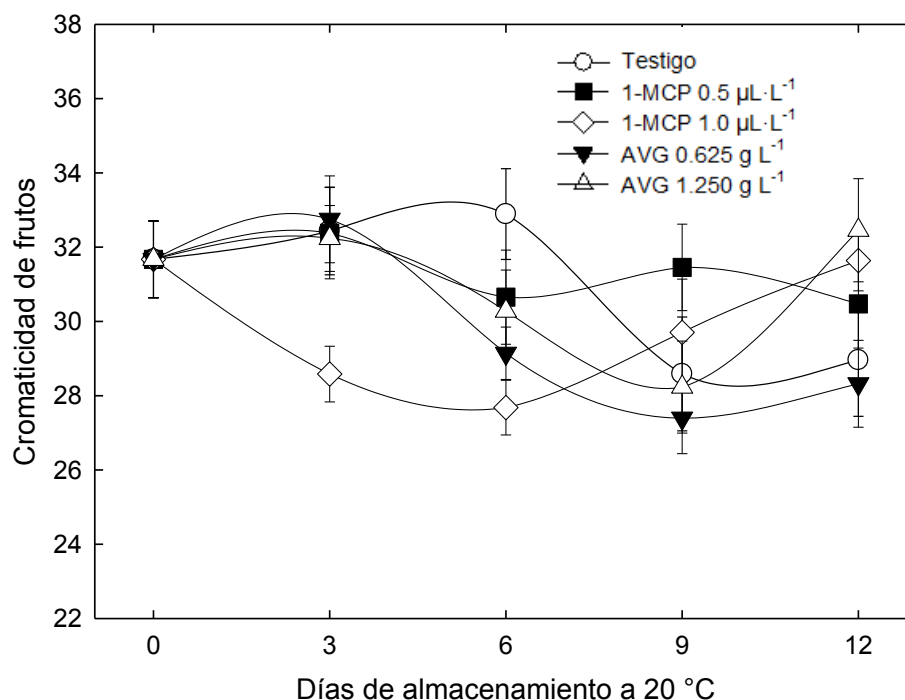


Figura 7. Comportamiento de la cromaticidad en frutos de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.

4.3.5. Luminosidad de cáliz.

Se observa que el comportamiento de la luminosidad hasta el sexto día de almacenamiento va en incremento, lo que significa que los frutos van transitando de un color verde intenso a uno de menor luminosidad (verde claro), posteriormente al día nueve este valor disminuye para posteriormente incrementarse, lo que nos indica que los frutos pasaron de un color verde claro a un amarillo intenso (Figura 8). Los tratamientos que tuvieron valores menores de luminosidad que el testigo fueron los frutos tratados con AVG y 1 µL·L⁻¹ de 1-MCP.

Estos resultados coinciden con los de Cruz-Álvarez *et al.*, (2012), donde mencionan que en los frutos de tomate de cáscara variedad "CHF1-Chapingo" (Peña *et al.*, 1997), no presentó un claro efecto en la brillantes en los tratamientos usados (almacenamiento de 4 y 20 °C).

Carvajal *et al.* (2011), menciona que la luminosidad L* presentó diferencias estadísticas en los diferentes estados de desarrollo en los frutos verdes de café,

además concluye que la luminosidad alcanza mayor intensidad a los 31 días de desarrollo.

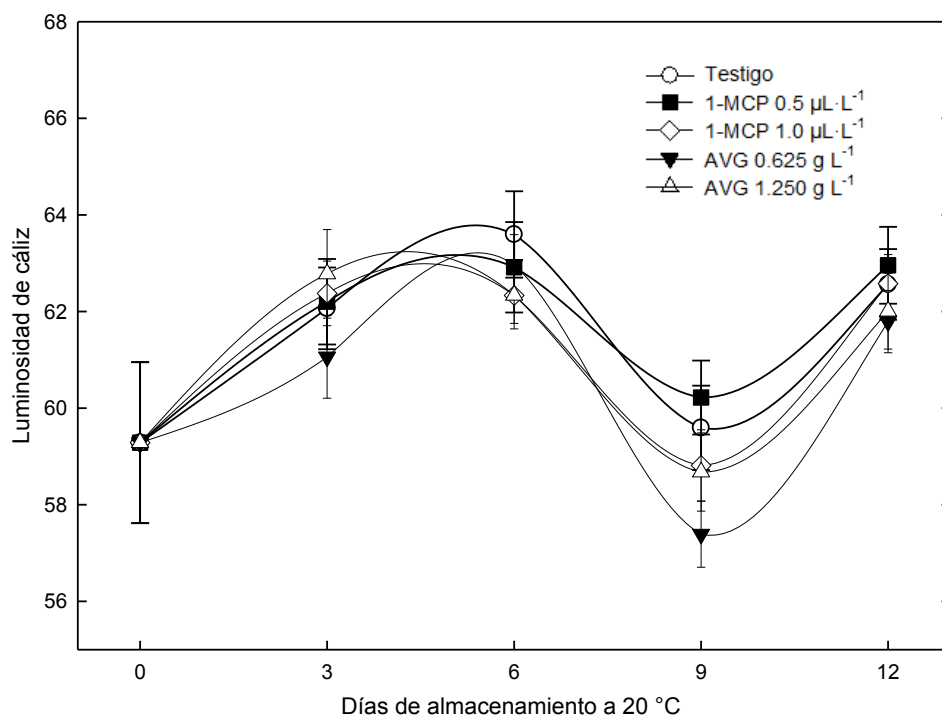


Figura 8. Comportamiento de la luminosidad en cáliz de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.

4.3.6. Luminosidad de frutos.

De manera general la luminosidad de frutos siguió una misma tendencia, donde claramente se observa que el color verde del fruto pasó a tornarse verde-amarillento. Aunque cabe aclarar que al final de estudio, todos los tratamientos utilizados tuvieron una menor luminosidad que los frutos del testigo (Figura 9).

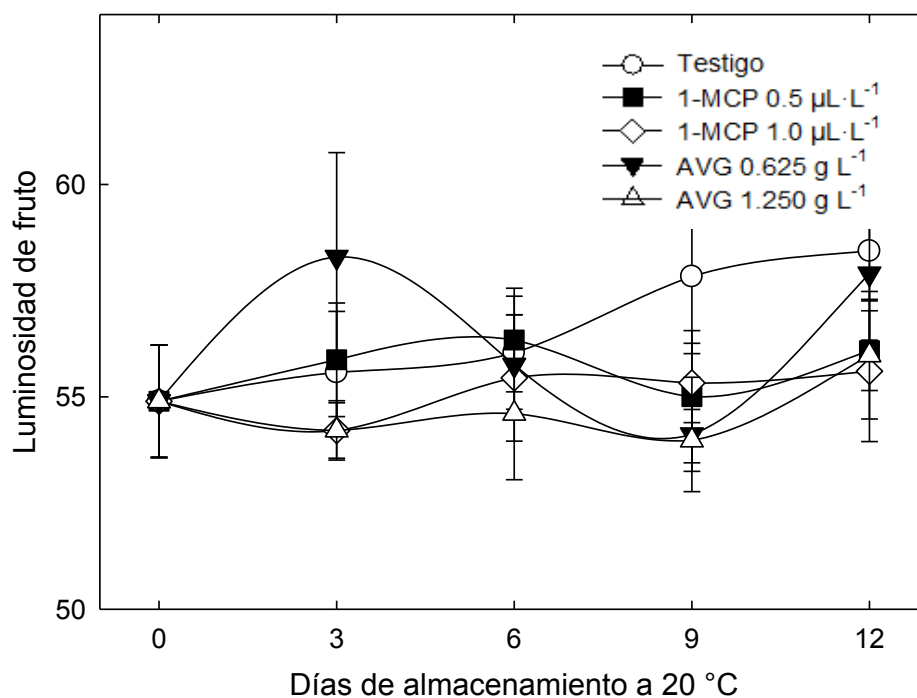


Figura 9. Comportamiento de la luminosidad en frutos de tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.

Cruz-Álvarez *et al.* (2012), observaron que solamente al día 5 después de la cosecha hubo una mayor luminosidad en tomatillo almacenado a baja temperatura.

4.4. Sólidos solubles totales.

Con relación a la concentración de sólidos solubles totales de manera general el uso de los tratamientos no modificó esta concentración, salvo en el testigo que se muestra al final de estudio un incremento sustancial (Cuadro 1), posiblemente debido a la concentración de solutos derivada de la transpiración, respiración y/o producción de etileno (García-López, 2002).

Cuadro 1. Comportamiento de la concentración de sólidos solubles totales en tomate de cáscara tratado con 1-MCP y AVG.

Tratamiento	Sólidos solubles totales (°Brix) [£]			
	Días de almacenamiento a 20 °C			
	3	6	9	12
Testigo	6.38 ^{ab‡}	5.58 ^c	5.88 ^{ab}	7.07 ^a
1-MCP 0.5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	6.03 ^{ab}	6.43 ^a	6.73 ^a	5.94 ^{ab}
1-MCP 1 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$	6.61 ^a	6.74 ^a	6.32 ^a	6.06 ^{ab}
AVG 0.625 g L ⁻¹	6.11 ^a	6.34 ^a	6.34 ^a	5.58 ^b
AVG 1.250 g L ⁻¹	6.13 ^{ab}	6.52 ^a	6.52 ^{ab}	6.51 ^{ab}

£Valor promedio de concentración de sólidos solubles totales al día 0= 5.21 °Brix.

‡Diferencia de medias dentro de columnas con prueba de Tukey, P≤0.05

Bautista *et al.* (2016) mencionan que los sólidos solubles totales puede ser modificados por el tiempo de almacenamiento, y que la variedad que presentó menores valores fue San Martín con 5.1 °Brix, seguidas de las variedades Diamante, Tecozautla 04 y Rendidora con valores de 5.27, 5.4 y 5.5, respectivamente.

V. CONCLUSIÓN

El uso de inhibidores del modo de acción y de la síntesis del etileno prolongan la calidad de tomate de cáscara en poscosecha.

VI. LITERATURA CITADA

- Adams, D.O.; Yang, S.F. Ethylene biosynthesis: identification of 1-aminocyclopropene-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Washington, v.76, p.170-174, 1979.
- AOAC. 1998. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, CD. Washington D.C.
- Ayub, R. *et al.* Expression of ACC oxidase antisense gene inhibits ripening of cantaloupe melon fruits. *Nature Biotechnology*, London, v.14, p.862-866, 1996.
- Azcón-Silva, T. Schnel, R., J. Meerow, A., W. Winterstein, M. Cervantes, C. and Steven-Brown, J. 2005. Determination of color and fruit traits of half-sib families of mango (*Mangifera indica* L.). *Proc. Fla State Hortic. Soc.* 118:253-257.
- Barret, D., M. García, E. and Wayne, J., E. 1998. Textural modification of processing tomatoes. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 38: 173-258.
- Barrett, D., J. Beaulieu, and R. Shewfelt. 2010. Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the effects of Processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 50: 369- 389.
- Bautista, P., B. Arrellanes, J., N. Pérez, Flores., M., U. 2016. Color y estado de madurez del fruto de tomate de cáscara. *Agron. Mesuam.* 27 (1): 115-130.
- Bock, M., A. Sanchez, P., J. Ortiz, M. 1995. Selected nutritional and quality analyses of tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*). *Plant Foods Hum. Nutr.* 48: 127-133.
- Bourne, M.C. 1982. *Food Texture and Viscosity*, 1st edition. Academic press, New York.
- Brackmann, A. Eisermann, A., C. Hettwer, G., R., F. Binotto, F., E. Petter, M., S., L. 2006. Qualidade de melões (*Cucumis melo* L. var. cantalupensis Naud.), híbrido Torreon, produzidos em hidroponia e armazenados em embalagens de polietileno. *Ciência Rural*. Santa Maria, V36, n4, p. 114-1149.
- Canet, P. W.; Alvarez, T. M. D. 2006. Quality and Safety of frozen vegetables, pp. 377- 410. In: *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*. SUN, W. D, (ed.). Taylor y Francis Group LLC. Florida, USA.

- Cantwell, M., Flores, J. Trejo, A. 1992. Developmental changes and postharvest physiology of tomate de cáscara fruits (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Sci. Horticulture Amsterdam*. 50: 59-70.
- Carvajal, H., J., J. Aristizábal, T., I., D. Oliveros, T., C., E. Mejía., M., J., W. 2011. Colorimetría del fruto del café (*Coffea arabica* L.) durante su desarrollo y maduración. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 64(2): 6229-6240.
- Çetinbaş, M. Butar, S. Ebru, O., C. Ali, Koyuncu., M. 2012. The effects of pre-Harvest Retain [aminoethoxyvinylglycine (AVG)] application on quality change of 'Monroe' peach during normal and controlled atmosphere. *Scientia Horticulturae*. 147. p 1-7.
- Choi, K., J. Murillo, G. Su, B., N. Pessuto, M., J. Kinghorn, A., D. Mehta, G., R. 2006. Ixocarpalactone A isolated from the Mexican tomate de cáscara shows potent antiproliferative and apoptotic activity in colon cancer cells, *FEBS Journal* 273: 5714- 5723.
- Cruz- Álvarez, O. Martínez-Damián, M., T. Rodríguez -Pérez, J., E. Colinas- León y Moreno-Pérez, E., del C. 2012. Conservación poscosecha de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. *Ex Horm*). Con y sin Cáliz. *Rev. Chapingo Ser. Hortic*. 18: 133-143.
- Do Nascimento, N.M.C 2008. Color atlas of postharvest: quality of fruits and vegetables. Blackwell Publishing. Singapore City. Singapore. 448 p.
- Fischer, G.; Ebert, G.; Lourdes, P. 2000. Provitamin a carotenoids organic acids and ascorbic acid (*Physalis peruviana* L.). *Acta Horticulturae* 531: 263-267.
- García-López, A. M. 2002. Calidad poscosecha de pepino encerado. Tesis de Licenciatura, UAS. Culiacán, Sinaloa. 52 p.
- González, M., D. Ascencio, M., D. Hau, P., A. Mendez, T., V. Grimaldo, J., O. Santiaguillo, H., J., F. Cervantes, D., L. Aviles, M., S., M. 2011. Phenolic compounds and physiochemical analysis of *Physalis ixocarpa* genotypes, *Scientific Research and Essays* 6 (17): 3808- 3814.
- Heyes, J. A., Johnson, J. W., 1998. 1-Methylcyclopropene extends *Cymbidium orchid* vase life and prevents damaged pollinia from accelerating senescence. *Nez Zeal. J. Crop Hort. Sci.* 26, 319-324.
- Jiménez-Santana, E. Robledo-Torres, V. Benavides-Mendoza, A. Ramírez-Godonia, F. Ramírez-Rodríguez, H. y de la Cruz-Lázaro, E. 2012. Calidad de fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). *Universidad y Ciencia* 28 (2): 153-161.

- Kader, A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California. Agriculture and Natural Resources. USA. Third Edition. p. 34, 39,46, 57-60, 73, 78, 88-94, 99, 107, 115, 139, 149-162, 279-285, 294, 407-420,513.
- Kende, H. Ethylene biosynthesis. Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology, Palo Alto, v.44, p.238-307, 1993.
- Kramer, A. 1965. Evaluation of Quality of Fruits Vegetables. In Food Quality. G.W Irving, Jr. and S. R Hoover (Eds). American Association for the advancement of Science. Washington, DC, pp 9-18.
- López-Camelo, A.F., and Gómez, P., A. 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. Hort. Bras. 22:534-537.
- Lui, Y.; Hoffman, N.E.; Yang, S.F. Promotion by ethylene of the capacity to convert 1aminocyclopropane-1-carboxylic acid to ethylene in preclimacteric tomato and cantaloupe fruit. Plant Physiology, Rockville, v.77, p.407-411, 1985.
- Macías, R., F. 1995. Propiedades físicas de fruto de tomate de cascara y cambio por daño mecánico cosecha y almacenamiento. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. p 120.
- McMurchie, E.J.; McGlasson, W.B.; Eaks, I.L. Treatment of fruit with propylene gives information about the biogenesis of ethylene. Nature, London, v.237, p.235-236, 1972.
- Magaña, B., W. Colinas, L., M., T. 1997. Manejo postcosecha en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.): Efecto de cortes y empaques, Revista Chapingo Serie Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. 3 (2): 25-29.
- Martínez, S., J. Peña, L., A. Montalvo, H., D. 2004. Producción y Tecnología de semilla de tomate de cáscara. Universidad Autónoma de Chapingo, México. p 36.
- McCarthy, M. G. 1998. Irrigation management to improve winegrape quality – nearly 10 years on. The Australian grapegrower and Winemaker, Annual Technical Issue: p. 65-71.
- Minolta. 1993. Caracterización Precisa de Color (Control del Color Desde la Preparación Sensorial a la instrumentación). E. 537205. Alemania. 1-21 pp.
- Myburgh, P. A. 1996. Response of vitis vinifera L. cv. Barlinka/Ramsey to soil wáter depletion levels with particular reference to trunk growth parameters. South African Journal for Enology and viticulture 17 (1): 3-14.
- Newman, J. p., Dodge, L.L., Reid, M.S. 1998. Evaluation of ethylene inhibitors for postharvest treatment of *Gypsophila paniculata* L. Hort. Techonol. 8, 58-63.

- Novoa, H. R.; Bojaca, M.; Galvis, J. A.; Fischer, G. 2006. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana*). *Agronomía Colombiana* 24 (1): 77-86.
- Oetiker, J.H.; Yang, S.F. The role of ethylene in fruit ripening. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.398, p.167-178, 1995.
- Peña, P., A. Ramírez, P., F. Cruz, G., R., A. 1991. Edad de trasplante de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo* 73: 57-60
- Pérez, G., M. Márquez, S., F. Peña, L., A. 1998. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo. Carretera México- Texcoco, Km. 38. 5. Segunda edición. Mundi Prensa. Pp 217- 243.
- Peña, L., A. Santiaguillo, H., J., F. Montalvo, H., D. Pérez G., M. 1997. Intervalos de cosecha en la variedad CHF1-Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 3(1): 31-38.
- Pérez, M., L. Granados, A., J. 2001. FERTILIZACIÓN NITRO- FOSFÓRO EN TOMATE DE CÁSCARA *Physalis ixocarpa* Brot. DE RIEGO, EN IRAPUATO, GTO., MÉXICO. ACTA UNIVERSITARIA. Vol. 11 No. 1.
- Picton, S. *et al.* 1993. Altered fruit ripening and leaf senescence in tomatoes expressing an antisense ethylene-forming enzyme transgene. *Plant Journal*, v.3, p.469-481.
- Ravanel, S. *et al.* 1998. The specific features of methionine biosynthesis and metabolism in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Washington, v.95, n.13, p.7805-7812.
- Salazar, P., A. 2002. Producción de semilla de tomate de cáscara variedad rendidora en el Estado de Morelos. *Tecnologías llave en mano*. Publicación especial Núm 31. SAGARPA. INIFAP. Pp 68-69.
- Santiaguillo-Hernández, J., F. Cervantes- Santana, T. y Peña-Lomelí, A. 2004. Selección para rendimiento y calidad de fruta de cuzas planta x planta entre variedades de tomate de cáscara. *Rev. Fitotec. Mex.* 27: 84-91.
- Serek, M., Tamari, G., Sisler, E. C., Borochoy, A., 1995. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1 – methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 23, 167-170.
- Serek, M., Sisler, E.C., Reid, M.S., 1996. Ethylene and the post-harvest performance of miniature roses. *Acta Hort.* 424, 145-149.

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Cierre de producción agrícola nacional y por estado. Disponible en línea <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>.
- Silva, J.A. *et al.* Characterization of ripening behavior in transgenic melons expressing an antisense 1-aminocyclopropene-1-carboxylate (ACC) oxidase gene from apple. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.32, p.263-268, 2004.
- Shewfelt, L. R. 2003. Color, pp. 1-10. In: *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Bartz, J. A.; Brencht, J. K. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Sisler, E.C., Dupille, E., Serek, M., 1996. Effect of 1- methylcyclopropene and methylenecyclopropane on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. *Plant Growth Reg.* 18, 79-86.
- Tatsuki, M. Endo, A. Ohkawa. H. 2007. Influence of time harvest to 1-MCP treatment on Apple fruit quality and expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors. *Postharvest Biology and Technology* (43), p 28-25.
- Thompson, K. A. 2003. *Fruit and Vegetables: Harvesting Handling and Storage*. Blackwell Publishing, Ltd. New York, USA. 482 p.
- Torres-Panduro, V.1998. Componentes de calidad en cuarenta materiales de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Tesis Ing. Agr. Universidad de Guadalajara, Las Agujas, Zapopan, Jalisco, MEX.
- Watkins, C.B., 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotech. Adv.* 24, 389–409. Watkins, C.B., Miller, W.B., 2005. A summary of physiological processes or disorders in fruits, vegetables and ornamental products that are delayed or decreased, increased, or unaffected by application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) (online). Department of Horticulture, Cornell University, Ithaca, New York, Available at: [http://www.hort.cornell.edu/departament/faculty/watkins/ethylene/index.htm\(ACC esse](http://www.hort.cornell.edu/departament/faculty/watkins/ethylene/index.htm(ACC%20esse)
- Watkins, C.,B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotch. Adv.* 24, 389-409.
- Yang, S.F.; Hoffman, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.35, p.155-189, 1984.

Yuan, R. and Li, J. 2008. Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Delicious' Apples. HORTSCIENCE. 43 (5). pp 1454-1460.

Yu, Y.B., Yang, S.F., 1979. Auxin-induced ethylene production and its inhibitors by aminoethoxyvinylglycine and cobalt ion. Plant physiol. 64,1074-1077.