



"Enseñar la explotación de
la tierra, no la del hombre"

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
INSTITUTO DE HORTICULTURA

FISIOLOGÍA POSCOSECHA DE TOMATE DE CÁSCARA
(*Physalis ixocarpa* Brot.) CON Y SIN CÁLIZ

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

OSCAR CRUZ ÁLVAREZ



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

CHAPINGO, MÉXICO. NOVIEMBRE DE 2008.



BIBLIOTECA

FISIOLOGÍA POSCOSECHA DE TOMATE DE CÁSCARA
(*Physalis ixocarpa* Brot.) CON Y SIN CÁLIZ

Tesis realizada por el Ing. **Oscar Cruz Álvarez** bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:


DRA. MA. TERESA MARTÍNEZ DAMIÁN

ASESOR:


DRA. MARÍA TERESA BERYL COLINAS LEÓN

ASESOR:


DR. JUAN ENRIQUE RODRÍGUEZ PÉREZ

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo** "Porque Chapinguero no es solo una palabra, es el apellido que nos heredan nuestros segundos padres, es decir, nuestra Alma Mater: *la Universidad Autónoma Chapingo, y nuestro padre: el pueblo de México; porque sin alguno de ellos no tendríamos la oportunidad de estudiar y prepararnos.*

A la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, por presidir el Consejo Asesor y dirigir la presente investigación, por su gran apoyo, paciencia y dedicación para que este trabajo se concluyera exitosamente.

A la Dra. María Teresa Colinas León, por formar parte del Consejo Asesor, por su excelente disponibilidad, asesoría y colaboración en la realización de la tesis.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez, por formar parte del Comité Asesor y el invaluable apoyo académico brindado, así como su paciencia en la revisión de los escritos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado durante mi formación académica.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor del presente trabajo, Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia OSCAR CRUZ ÁLVAREZ, es originario de Tepexi de Rodríguez, Pue. Realizó estudios de Educación Superior en la Universidad Autónoma Chapingo, donde cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia de 2002 a 2006. Realizó la Maestría en Ciencias en Horticultura en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo durante el período 2007-2008.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO.....	3
1.2. HIPÓTESIS.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. GENERALIDADES.....	4
2.2. ÍNDICES DE MADUREZ	5
2.3. FISIOLÓGIA DE MADURACIÓN DE FRUTOS	6
2.4. PRODUCCIÓN DE ETILENO	8
2.5. RESPIRACIÓN	11
2.6. REFRIGERACIÓN	12
2.7. ÍNDICES DE CALIDAD EN FRUTAS Y HORTALIZAS	15
2.7.1. Tamaño.....	15
2.7.2. Peso.....	15
2.7.3. Azúcares.....	16
2.7.4. Acidez.....	17
2.7.5. Vitamina C	18
2.7.6. Firmeza.....	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. GENOTIPO	23
3.2. MANEJO Y UBICACIÓN CULTIVO.....	23
3.3. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	24
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	24
3.5. FACTORES Y NIVELES DE ESTUDIO	25
3.6. TRATAMIENTOS.....	25
3.8. CARACTERES EVALUADOS.....	26
3.8.1. Caracteres físicos	26
3.8.1.1. Color	26
3.8.1.2. Firmeza.....	27
3.8.2 Caracteres químicos.....	28
3.8.2.1. Pérdida de peso.....	28
3.8.2.2. Respiración y producción de etileno	28
3.8.3. Caracteres fisiológicos.....	29
3.8.3.1. Sólidos solubles totales (°Brix).....	29
3.8.3.2. Acidez titulable.....	29

3.8.3.3. Clorofila total	30
3.8.3.4. Vitamina C	30
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. ANÁLISIS DE VARIANZA.....	31
4.2.1. Factor cáliz	32
4.2.2. Factor temperatura	36
4.2.3. Interacciones	41
4.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	46
5. CONCLUSIONES	47
6. LITERATURA CITADA.....	48
7. ANEXO	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema de montaje de los factores y niveles de estudio en frutos de tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.).....	20
Figura 2.	Esquema de montaje de los distintos tratamientos para evaluar el comportamiento de frutos de tomate de cáscara con y sin cáliz almacenados a 4 y 20 °C.....	20
Figura 3.	Esquema de clasificación de caracteres evaluados en frutos de tomate de cáscara con y sin cáliz almacenados a 4 y 20 °C.....	21

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Comparación de medias de efectos principales sobre el factor cáliz en frutos de tomate de cáscara.....	29
Cuadro 1.	Continuación. Comparación de medias de efectos principales sobre el factor cáliz en frutos de tomate de cáscara.....	30
Cuadro 2.	Comparación de medias de efectos principales sobre el factor temperatura en frutos de tomate de cáscara.....	34
Cuadro 2.	Continuación. Comparación de medias de efectos principales sobre el factor temperatura en frutos de tomate de cáscara...	35
Cuadro 3.	Comparación de medias para los tratamientos evaluados en frutos de tomate de cáscara.....	39
Cuadro 3.	Continuación. Comparación de medias para los tratamientos evaluados en frutos de tomate de cáscara.....	40
Cuadro 4.	Correlaciones entre las variables poscosecha evaluadas en frutos de tomate de cáscara con y sin cáliz, almacenados a 4 y 20 °C.....	41

FISIOLOGÍA POSCOSECHA DE TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.) CON Y SIN CÁLIZ

POSTHARVEST PHYSIOLOGY OF HUSK TOMATO (*Physalis ixocarpa* Brot.) WITH AND WITHOUT CALYX

Oscar Cruz Álvarez¹ y Ma. Teresa Martínez Damián²

RESUMEN

Con el objetivo de observar la influencia del cáliz en la vida poscosecha de frutos de tomate de cáscara bajo diferentes temperaturas de almacenamiento, frutos con presencia y ausencia de esta estructura fueron almacenadas con temperaturas de 4 y 20 °C. El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología de Frutales y en el de Usos Múltiples del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. El diseño experimental fue completamente al azar. La presencia del cáliz mantuvo el mayor contenido de clorofila total, con valores que fluctuaron de 0.147 a 0.161 µg 100 g, al inicio y a los 20 días después de cosecha (ddc), respectivamente, y la brillantez, cromaticidad y tonalidad del color no tuvieron cambios importantes. La temperatura de 4 °C mantuvo sin modificación significativa a la firmeza y sólidos solubles en los frutos durante todo el experimento. Adicionalmente, el almacenamiento a 20 °C causó 5 % de pérdida de peso; así mismo, en solo dos muestreos [0 y 15 ddc], el contenido de clorofila fue mayor con valores 0.142 y 0.158 µg 100 g, lo que coincidió con lo observado en los componentes de color. En la interacción de ambos factores, los cambios manifestados en firmeza, pérdida de peso, contenido de clorofila y color estuvieron relacionados con las temperaturas de almacenamiento, más que con la presencia o ausencia del cáliz.

Palabras clave: vida de anaquel, almacenamiento, refrigeración, tasa de respiración, contenido de clorofila

ABSTRACT

With the aim of observing the influence of calyx on postharvest life of husk tomatoe fruits under different storage temperatures, fruits with presence or absence of this structure were stored at temperatures 4 and 20 °C. The experiment took place at both the Fruit Physiology Laboratory and the Multiple Uses Laboratory in the Plant Science Department at the Universidad Autónoma Chapingo. The experimental design was completely randomized. The presence of calyx cause the greatest chlorophyll content, with values ranging from 0.147 to 0.161 µg 100 g, at the beginning and at 20 days after harvest (ddc) respectively; the calyx factor also maintained the brightness, chromaticity and color tone without significant changes. Temperatures at 4 °C maintained ($\alpha=0.05$) without changes the firmness and solid soluble of the fruit during the experiment. Additionally, the fruits stored at 20 °C presented 5 % weight loss; in the same way, in only two sampling [0 and 15 ddc], was the content chlorophyll content greater with values 0.142 and 0.158 µg 100g, which coincided with that observed in the color components. In the interactions of both factors, the changes manifested in firmness, weight loss, chlorophyll content and color were related with the temperatures, more than to the presence or absence of calyx.

Key words: Shelf life, storage, refrigeration, rate of respiration, chlorophyll content.

1 Tesista

2 Director

1. INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es originario de México (Menzel, 1951). Las variedades de tomate que se cultivan, corresponden principalmente a los criollos Rendidora, Salamanca y Tamazula (Peña y Márquez, 1990; Ayala *et al.*, 1992), en los que la variedad Rendidora es la más precoz (Peña *et al.*, 1997).

En el año 2007 la superficie sembrada en México ascendió a las 27,854 hectáreas con una producción total de 379,242 toneladas provenientes de los estados de Sinaloa, Sonora, Nayarit, Puebla, Guanajuato y Jalisco; en el que destaca el estado de Sinaloa, como el primer productor a nivel nacional con una superficie sembrada de 10,932 ha, lo que generó una producción de 167,889 toneladas contribuyendo con el 44.26 % de la producción total (SIAP, 2007).

El tomate de cáscara es un cultivo altamente demandado en la elaboración de diversos platillos tradicionales, en forma de salsas, agregados a los guisados, sopas, ensaladas, etc (Montes, 1991; Magaña y Colinas, 1997). Por otro lado, este cultivo es demandado por la industria de alimentos envasados, y en ambos casos se requiere que el producto tenga una calidad aceptable (Ayala *et al.*, 1992; Peña y Santiaguillo, 1999).

Las características de calidad en las diferentes especies, variedades, razas o cultivares de frutas y hortalizas, varían en dependencia al genotipo, condiciones agroclimatológicas y de manejo (Yahia y Ciapara, 1992; Watada *et al.*, 1996; Rennie, *et al.* 2003a; Shewfelt, 2003; Canet y Álvarez, 2006). Y a pesar de que la

calidad de éstas al ser recolectadas no se puede mejorar, si pueden ser conservadas mediante un manejo apropiado que se haga de estas, es decir, cosecharlas en el momento óptimo o mediante la aplicación de técnicas de manejo poscosecha para no permitir la aparición acelerada de cambios físicos, químicos y fisiológicos que culminen con la degradación total del producto (Lee y Kader, 2000; Whitaker, 2003; Martínez *et al.*, 2004; Giovannoni, 2007), entre las que se destaca el uso de refrigeración, atmósferas modificadas y controladas, así como el uso de ceras comestibles (Aked, 2002; Thompson, 2003; Do Nascimento y Pierre, 2003).

En el caso particular del tomate de cáscara se tienen trabajos en diferentes tópicos que van desde aspectos de citotaxonomía, bioquímica, mejoramiento genético, producción de semilla, entre otros. (Menzel, 1951; Santiaguillo *et al.*, 1994; Calyecac *et al.*, 2006), pocos de estos estudios están enfocados con su fisiología poscosecha (Cantwell *et al.*, 1992; Sigala *et al.*, 1994; Magaña y Colinas, 1997).

Recientemente se ha observado en algunos centros comerciales de México, la distribución de frutos de tomate con y sin cáliz, y al respecto varios autores mencionan que el cáliz tiene como función principal proteger al fruto contra insectos, pájaros, enfermedades y condiciones climáticas extremas (radiación, cambios bruscos de temperatura, lluvias fuertes y granizadas) (Fischer y Lüdders, 1997; Fischer *et al.*, 2000; Alvarado *et al.*, 2004; Novoa *et al.*, 2006), además de servir como fuente de carbohidratos en sus primeras etapas de desarrollo, retrasando su maduración (Fischer *et al.*, 2000), pero ninguno de ellos señala el efecto de la presencia o ausencia del cáliz sobre su vida de anaquel.

1.1. OBJETIVO

Observar la influencia del cáliz en la vida postcosecha de frutos de tomate de cáscara, bajo diferentes temperaturas de almacenamiento, en la que se evaluarán algunos cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos.

1.2. HIPÓTESIS

Los frutos manejados sin cáliz y bajo temperatura ambiente manifestarán un mayor número de cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos, con respecto a aquellos que se mantengan bajo refrigeración y con cáliz.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

El cultivo de tomate de cáscara, también llamado tomate verde, tomate de hoja, tomate de fresadilla, tomate de bolsa y tomatillo, era conocido por los mayas y aztecas desde épocas prehispánicas, siendo México su centro de origen y domesticación (Menzel, 1951; Peña y Márquez, 1990; Montes, 1991). Tanto los tipos silvestres como los cultivados tienen una constitución cromosómica diploide $2n=24$ (Grimaldo *et al.*, 1999), aunque algunas especies son poliploides (Menzel, 1951) y otras presentan cromosomas accesorios (Patil, 1967).

En México existe gran variabilidad genética en tomate de cáscara, ya que actualmente se reconocen al menos ocho razas: Silvestre, Milpero, Arandas, Tamazula, Manzano, Rendidora, Salamanca y Puebla (Peña *et al.*, 1997; Peña y Santiaguillo, 1999), distribuidas prácticamente en todo el país en altitudes que van desde los 8 hasta los 3350 msnm (Santiaguillo *et al.*, 1994), siendo las más importantes Rendidora, Salamanca y Tamazula, aunque en los últimos años la raza Puebla ha cobrado gran importancia (Peña y Márquez, 1990).

Pertenece a la familia Solanacea, género *Physalis* y comprende alrededor de 80 especies principalmente en las zonas templadas y tropicales de América, aunque algunas de ellas se encuentran en el Este de Asia, India, Europa y África tropical (Menzel, 1951; Ayala *et al.*, 1992). Siendo *P. ixocarpa*, *P. peruviana*, *P. pruinosa* y

P. alkekengii las únicas especies que se cultivan (Waterfall, 1967; Quiroz, 1984; Mora *et al.*, 2005).

2.2. Índices de madurez

Los índices de madurez están disponibles para muy pocos productos hortícolas, y la mayoría de reglamentos regulatorios e investigaciones científicas, se basan en medidas subjetivas de madurez (Tonoiven, 2004). Comúnmente entre los factores seleccionados y que reflejan la madurez hortícola, se hallan firmeza, color de la cáscara y pulpa, contenido de azúcares, sólidos solubles, contenido de ácidos orgánicos y pigmentos (Reid, 1992; Beveridge, 2003).

En el caso particular del tomate de cáscara, éste puede ser cosechado en varias etapas de desarrollo, pero para su comercialización estos deben ser cosechados cuando los frutos están bien formados, y tienen la cáscara completamente llena, con un color verde brillante, por otro lado, debe evitarse un tomate con madurez avanzada el cual presenta un color verde ligero o amarillento, dado que son dulces y que para la mayoría de los usos que tiene, son características poco deseables (Cantwell *et al.*, 1992). Por su parte, Saray y Loya (1978) señalan que el momento óptimo de cosecha del tomate de cáscara se reconoce cuando los frutos llenan completamente la “bolsa” que los cubre (cáliz), e incluso en muchas ocasiones la rompen, lo cual ocurre entre los 70 y 80 días después de la siembra en climas tropicales y a los 100 días en condiciones templadas. La cosecha generalmente se efectúa antes de la madurez fisiológica.

La frescura y verdor del cáliz o cáscara, son criterios de calidad muy importantes, así como la firmeza y el color verde brillante del fruto (Bock *et al.*, 1995). Por otra parte, el tomate de cáscara en el ámbito culinario es manejado con criterios de calidad que van desde el color verde hasta el sabor ácido (Moriconi *et al.*, 1990).

2.3. Fisiología de maduración de frutos

La maduración es definida como una secuencia de cambios fisicoquímicos que ocurren en el fruto y que determinan que éste finalice en un color, sabor y una determinada textura que lo hace apto para ser consumido (Coletto, 1989; Beveridge, 2003).

De acuerdo con Wills *et al.* (1998) la maduración fisiológica incluye los procesos por medio de los cuales los frutos adquieren características organolépticas (color, olor, sabor, textura, etc.) que los definen como comestibles, proceso que generalmente comienza durante las etapas finales de la maduración fisiológica y que constituye el inicio de la senescencia. A la vez, existen algunas frutas que son consumidas como hortalizas que se recolectan incluso antes de que hallan comenzado la maduración

La maduración y senescencia inducen muchos cambios en frutas y hortalizas (Watada *et al.*, 1996), aunque una estricta restricción fisiológica entre un fruto maduro y uno senescente, es poco clara, la maduración acelera el inicio de la senescencia y la probabilidad de daño y muerte celular (Brady, 1987). La maduración involucra muchos cambios complejos, incluyendo maduración de semillas, cambios de color, abscisión de la planta madre, ablandamiento de tejidos, producción de compuestos volátiles, desarrollo de ceras sobre la

epidermis, y cambios en la tasa de respiración y producción de etileno, permeabilidad de tejidos, entre otros (Wills *et al.*, 1998). La maduración de frutos ha sido clásicamente dividida en dos categorías fisiológicas; climatéricos y no climatéricos, con base a su patrón de respiración (Biale y Young, 1981).

Durante la maduración, la respiración de los frutos climatéricos se incrementa rápidamente bajo un corto periodo de tiempo (Biale, 1981; Aled, 2006), sin embargo, la mayoría de estos frutos no sufren necesariamente un incremento en la producción de etileno en o antes de la maduración (Kader, 1992; Lee y Kader, 2000).

Por otra lado, los frutos no climatéricos, no presentan un incremento en su proceso de respiración o en la producción de etileno autocatalítico, caso común en los frutos climatéricos (Giovannoni, 2007) y típicamente no maduran completamente después de cosechados. Mientras estos frutos no quieren etileno para madurar (Matoo *et al.*, 1979; Kader, 1992; Peiris *et al.*, 1997).

Aunque se ha encontrado que el comportamiento fisiológico de las diferentes variedades dentro de las especies del género *Physalis*, y aun dentro de las mismas variedades que lo conforman es variable (Tigchelaar *et al.*, 1978; Fischer *et al.*, 2000; Alvarado *et al.*, 2004). El patrón respiratorio del tomate de cáscara, se reporta como la de un fruto no climatérico, dado que disminuye con el tiempo durante el periodo de almacenamiento (Cantwell *et al.*, 1992). La producción de etileno se incrementa en las etapas tardías de maduración lo cual coincide con el cambio de color externo, similar al comportamiento del tamarillo (*Cyphomandra betacea*) (Pratt y Reid, 1976) y tomatillo (*Physalis pruinosa*) (Cantwell *et al.*, 1992). Durante almacenamiento, en general el comportamiento de las tasas de

producción de etileno es consistente con las de un fruto no climatérico (Rhode, 1980; Cantwell *et al.*, 1992).

2.4. Producción de etileno

La madurez se considera como el primer estadio de la senescencia de los frutos, en el que ocurren cambios en el color, la textura y el sabor del fruto (Aválos *et al.*, 2006). Normalmente durante este proceso ocurre un incremento en la biosíntesis de etileno y en la tasa respiratoria, así como en la tasa de degradación de la clorofila, síntesis de pigmentos carotenoides, hidrólisis de la pared celular, liberación de compuestos volátiles, en la expresión genética y actividad enzimática, así como la abscisión del fruto (Gómez, 1991; Nath *et al.*, 2006), además, ocurre una acumulación de azúcares, desaparición de ácidos orgánicos y compuestos fenólicos, incluyendo los taninos (Lincoln y Zeiger, 2002).

En todos los procesos metabólicos antes mencionados participa el etileno, el cual es una hormona en forma gaseosa que juega un papel clave en el crecimiento, maduración y senescencia, de las frutas y hortalizas (Salisbury y Ross, 1994; Reid, 1992; DeEll *et al.*, 2003). El climaterio respiratorio y la acelerada producción de etileno en frutos climatéricos son una importante etapa de iniciación en el proceso de maduración y adquisición del sabor de los frutos (Salisbury y Ross, 1994; Giovannoni, 2001; Giovannoni, 2007). Por su parte, los frutos no climatéricos, se ha observado que no muestran un aumento en la tasa de respiración durante la maduración, y que de hecho en la mayoría de los casos ocurre una disminución de esta, y tampoco presentan un incremento en la síntesis

sitios de acción, dentro de aquellos inhibidores bloqueadores se encuentran el etanol y CO₂, y por otro lado aquellos que actúan como competidores por los sitios de acción, entre los que se pueden mencionar a los iones de plata, 2,5 norbornadieno, diazociclopentadieno, ciclopropeno, 3,3-dimetilciclopropeno y 1-metilciclopropeno (Nath, *et al.*, 2006), pero ninguno de estos inhibidores está completamente libre de compuestos tóxicos o efectos colaterales indeseables, con la posible excepción del etanol y 1-metilciclopropeno (DeEll *et al.*, 2003).

En caso de utilizar a las atmosferas controladas como método de control del etileno, es importante conocer la fisiología del etileno en el fruto u hortaliza que se planea manejar, y con esto establecer las mezclas adecuadas de los gases, y así inhibir la producción e inhibición del etileno, de manera simultánea (Kader y Salveit, 2003; Nath *et al.*, 2006), aunque en estas condiciones de manejo se sugiere complementar con el uso de frío, con la finalidad de evitar una descompensación en la presión de los gases, y por consecuencia una disminución en la eficiencia del método (DeEll *et al.*, 2003). En muchas situaciones de almacenamiento se hace necesario remover el etileno para disminuir la maduración, en los que la ventilación con aire libre de etileno así como la remoción de la fuente de etileno con permanganato de potasio y radiación ultravioleta, resultan ser los mejores métodos (Beverigde, 2003; Nath *et al.*, 2006).

2.5. Respiración

La respiración es un proceso de oxidación biológica, en la que se convierte energía de tipo de estructura química contenida en moléculas complejas tales como, almidones, azúcares y ácidos orgánicos en cualquier otra forma de energía más útil en la realización de las reacciones metabólicas celulares (Kays, 1991; Kader y Salveit, 2003). La respiración puede ser considerada como una serie de reacciones enzimáticas, que involucran tres rutas; glicolisis, el ciclo de los ácidos tricarboxílicos y la fosforilación oxidativa (DeEll *et al.*, 2003; Kader y Salveit, 2003), y en las que bajo circunstancias normales, un producto fresco sufre respiración aeróbica, durante el cual el oxígeno y la glucosa son consumidas, mientras son liberados dióxido de carbono, agua y calor (Kays, 1991), y cada uno de estos se incrementa cuando la temperatura del producto también se incrementa, lo cual ocurre en un rango de 0 a 35 °C (Cooke *et al.*, 1988; Peiris *et al.*, 1997).

La velocidad en la madurez y senescencia puede ser influenciada y controlada por factores ambientales como la temperatura, humedad y la composición de los gases atmosféricos (Kader y Salveit, 2003), en las que el oxígeno y el dióxido de carbono pueden influir en la calidad y vida de almacenamiento de frutas y hortalizas (DeEll *et al.*, 2003; Nath *et al.*, 2006). Para el control de las tasas de respiración, se han utilizado diversos métodos, tales como el enterrado de productos en suelo o en un área con una humedad, almacenamiento en soluciones de agua con sal, envueltos en películas plásticas, encerado y almacenamiento en atmósferas controladas, todos ellos con la finalidad para extender la vida útil de los productos hortícolas frescos (Cooke *et al.*, 1988; Peiris *et al.*, 1997), el manejo de

la temperatura sigue siendo el método más efectivo (Do Nascimento y Pierre, 2003), sin embargo, es importante tener cuidado en el manejo adecuado del enfriamiento, de lo contrario se estimulara un incremento en el calor respiratorio promoviendo aun mas rápido el deterioro del producto (Peiris *et al.*, 1997; Nei *et al.*, 2005).

En un estudio realizado por Peiris *et al.*, (1997) sobre la tasa respiratoria y el calor vital en algunas frutas y hortalizas manejadas por 24 horas a 0, 5, 10 y 20 °C, el fruto del tomate de cáscara muestra una tasa de respiración de 6.0 ± 1.0 , 15.2 ± 2.6 , 27.7 ± 3.6 , 67 ± 11.7 mg kg⁻¹ h de CO₂, respectivamente, resultados atribuidos a la mejora genética al que ha sido sometido este cultivo en los últimos años, además del cultivar utilizado y diferencias en sus estados de madurez. Pero si es importante hacer insistencia en que los datos de respiración expresan con precisión la edad, en especial en las etapas de maduración, y pueden estar correlacionados con la posición en la curva respiratoria, además de la influencia importante de la temperatura (Matoo *et al.*, 1979; Yahia y Ciapara, 1992).

2.6. Refrigeración

A nivel mundial, las pérdidas poscosecha en cultivos hortícolas se estima que pueden ser de 25 a 50 % de la producción debido al pobre manejo de técnicas poscosecha, principalmente en el manejo de la temperatura, especialmente en algunas regiones, como son las regiones tropicales y subtropicales, en donde la disponibilidad en el uso de la refrigeración no se encuentran disponibles (Sanlunke y Desai, 1991; Rennie *et al.*, 2003).

La temperatura es la característica ambiental poscosecha que tiene una gran importancia en la vida de almacenamiento de frutas hortalizas, dado que todos los vegetales se deterioran después de que son cosechados (Do Nascimento y Pierre, 2003), siendo este deterioro para la mayoría de los productos agrícolas una función directa de la temperatura (Smith *et al.*, 2003b).

La refrigeración es la operación unitaria en el cual la temperatura de un alimento es reducida de entre -1 °C a 8 °C (Kader *et al.*, 1998), y es usada para reducir la tasa de cambios bioquímicos y microbiológicos, por lo tanto extiende la vida útil de productos frescos y procesados (Rapisarda *et al.*, 2008)

El preenfriado es usado para remover el calor de campo tan rápidamente como sea posible, dado que es esencial para disminuir la velocidad de la tasa de deterioro de productos altamente perecederos, y el método utilizado esta fuertemente determinado por el tipo de producto y la relación de beneficio económico (Saucedo, 1981; Thompson, 2003).

La tasa de cambios bioquímicos causados por procesos enzimáticos o microorganismos se incrementan con la temperatura, por lo que la refrigeración reduce estos cambios, además de retrasar la respiración en productos frescos (Do nascimento y Pierre, 2003), siendo una de las técnicas más ampliamente utilizadas en el mundo para reducir el deterioro poscosecha (Yahia y Ciapara, 1992). Adicionalmente, el uso del frío permite reducir la deshidratación, deprime el metabolismo de los frutos e inhibe el crecimiento de hongos y bacterias (Kader *et al.*, 1998).

La vida de almacenamiento, que varía desde pocos días hasta varias semanas, está controlada por una serie de factores entre los que se incluyen: la intensidad

respiratoria, las diferentes reacciones de degradación o síntesis de las sustancias componentes del producto, las pérdidas de humedad por efecto de la transpiración, los daños de tipo mecánico o bien los ocasionados por diferentes microorganismos. Todos estos factores pueden estar estrechamente relacionados y a su vez influenciados por la temperatura. Por lo que comprendiendo las causas de descomposición y sus relaciones con la disminución de la temperatura, es posible incrementar su vida útil (Saucedo, 1981; Canet y Álvarez, 2006).

Muchos cambios ocurren en el empaque, manejo, transporte, distribución y comercialización de los productos hortícola, éstos están influenciados por los requerimientos de enfriamiento. Los nuevos empaques y materiales de empaque, métodos de empacado y procedimientos de paletización frecuentemente ocasionan más dificultad para llevar a cabo el proceso de enfriamiento. El deseo de alcanzar mercados más lejanos prolongando la vida de almacenamiento y vender un producto que satisfaga mejor al consumidor frecuentemente requiere de un enfriamiento más uniforme y rápido (Kader *et al.*, 1998).

Los frutos de tomate de cáscara son frecuentemente manejados y comercializados bajo condiciones ambientales adversas, y la cáscara frecuentemente se deshidrata y rompe, adheriéndose a la superficie adhesiva del fruto (Cantwell *et al.*, 1992). La recomendación para el manejo poscosecha del tomate de cáscara en almacenamiento, es de 13 a 15 °C (McGregor, 1987), bajo tales condiciones, los frutos pueden cambiar en composición y calidad visual, y la cáscara disminuye su peso debido a la deshidratación. Las bajas temperaturas de almacenamiento (5-10 °C) mantienen la apariencia fresca del cáliz, pero necesitan ser combinadas

con una adecuada sanitización para evitar el desarrollo de patógenos en la superficie de los frutos (Kader y Salveit, 2003).

2.7. Índices de calidad en frutas y hortalizas

2.7.1. Tamaño

El tamaño constituye un criterio o atributo de calidad importante que puede apreciarse objetivamente mediante la determinación de características como la circunferencia o el diámetro, longitud, anchura, el peso o el volumen (Yahia y Ciapara, 1992). Muchas frutas se clasifican por tamaños, generalmente a través de la medida del diámetro; envasado junto a sus similares de igual tamaño, lo que facilita la venta en los establecimientos al menudeo. La forma es un criterio que con frecuencia permite distinguir entre los diversos cultivares de una misma especie (Wills et al., 1998).

2.7.2. Peso

Los tejidos de las plantas están cubiertos por tejidos protectores, los cuales sirven para proteger a la planta de ataque de insectos y patógenos, daños físicos y excesiva pérdida de agua (Aked, 2002; Ben y Rodov, 2003). La capa protectora primaria es la epidermis, sin embargo, si la planta continua con un crecimiento secundario, puede desarrollar una peridermis con múltiples capas cerosas de cutina, mientras que las células de la pared del tejido de peridermis generalmente

se hallan impregnadas con suberina. La cutina y la suberina pueden reducir perdidas de agua de la superficie de la planta, el vapor de agua puede permear la cutícula y esta también es perdida a través de la respiración, sin embargo, si la epidermis o peridermis son dañadas, la perdida de agua puede ser excesivamente alta (Smith *et al.*, 2003a; Whitaker, 2003).

El contenido de agua influye notablemente en el peso de frutos como el tomate de cáscara (Rhode, 1980; Magaña y Colinas, 1997). La mayor parte de las frutas y hortalizas contienen más del 80 % de agua, y en algunos casos como los pepinos, lechugas y los melones esta cifra se eleva hasta valores próximos al 95 %; los tubérculos amiláceos como las papas, mandiocas, y las semillas como el trigo son más pobres en agua, pero incluso en estos el contenido se eleva con frecuencia por encima del 50 % (Wills *et al.*, 1998).

2.7.3. Azúcares

Los carbohidratos son los constituyentes químicos más abundantes del peso seco de frutas y hortalizas (Maness y Perkins, 2003), y por otro lado son componentes funcionales y nutricionales importantes, dado que son la fuente predominante de energía producto de la translocación de la fotosíntesis y que se utilizan como fuente principal en generación de energía química aprovechable durante el proceso de respiración (Ferrante y Francini, 2006).

Los carbohidratos predominantes en las plantas se pueden clasificar en tres grupos generales; carbohidratos solubles, almacenamiento y estructurales (Matoo *et al.* 1979; Yahia y Ciapara, 1992; Namess y Perkins, 2003). Entre los almacenamiento y estructurales más abundantes se encuentran el almidón,

celulosa, hemicelulosa, respectivamente (Nameess y Perkins, 2003; Smith *et al.*, 2003b). Los carbohidratos solubles, son por definición, solubles en agua y pueden ser encontrados en la mayoría de los compartimentos celulares, y los más comunes son la glucosa, fructosa y el dimero de glucosa y fructosa, la sacarosa; otros carbohidratos que se hallan en las plantas en niveles variables, están la galactosa, manosa, arabinosa, xilosa y en menor proporción fucosa, apiosa y eritrosa (Matoo *et al.* 1979; Nameess y Perkins, 2003; Tonoiven y Brummell *et al.*, 2008), siendo que todos estos carbohidratos solubles contribuyen significativamente, tanto en la calidad y estabilidad en el almacenamiento de frutas y hortalizas (Fischer y Lüdders, 1997; Nameess y Perkins, 2003).

2.7.4. Acidez

Una disminución en los niveles de los ácidos orgánicos, resulta en un incremento en la percepción de dulzor, lo cual también expresa un incremento en la relación de los azúcares con los ácidos (Beveridge, 2003), lo que puede ser útil en la generación de estándares de calidad en las diferentes frutas y hortalizas (Reid, 1992; Yahia y Ciapara, 1992).

Matoo *et al.*, (1979) señalan que los principales ácidos contenidos en las hortalizas son el ácido cítrico y el ácido málico. Así, por ejemplo el tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) se caracteriza por presentar mayor contenido de ácido cítrico (Cantwell *et al.*, 1992; Alvarado *et al.*, 2004); sin embargo, la acidez de un fruto se define como el conjunto de ácidos contenidos en él. El contenido de

ácidos libres titulables es de 0.2 a 0.4 mg/100 g de tejido fresco y es pequeño en comparación a otros frutos.

2.7.5. Vitamina C

Entre las vitaminas más importante en frutas y hortalizas y para la nutrición humana, se encuentra la vitamina C, dado que el 90 % de su suministro es proveído mediante el consumo de estas (Lee y Kader, 2000). La vitamina C es definida como el término genérico para todos aquellos compuestos que exhiben una actividad biológica de L-ácido ascórbico (AA), siendo el AA la principal forma activa, pero el ácido L-dehidroascorbico (ADHA), un producto originado por oxidación, también exhibe actividad biológica (Harris, 1996), estando el ADHA en menos del 10 % del total de la vitamina C, aunque se ve incrementado durante el almacenamiento (Wills *et al.*, 1984), sin embargo, cuando se reporta el contenido de vitamina C, este es reportado como AA (Lee y Kader, 2000).

La vitamina C es necesaria para la prevención del escorbuto y el mantenimiento de la salud de la piel y vasos sanguíneos; aunque también esta vitamina es importante por su participación en muchas funciones biológicas, tales como, la formación de colágeno, absorción de hierro inorgánico, reducción del plasma del nivel de colesterol, inhibición en la formación de compuestos nitrogenados tóxicos, como cofactor importante en el sistema inmunológico y reacciones con el oxígeno libre y otros radicales libres (Harris, 1996; Moreira *et al.*, 2006), y como antioxidante se ha reportado que disminuye el riesgo de arterioesclerosis, enfermedades cardiovasculares y algunas formas de cáncer (Harris, 1996). Por otra parte, el ácido ascórbico es un compuesto ampliamente usado como

antioxidante en la conservación de alimentos, solo o en combinación con otros, como el ácido cítrico (Lamikandra y Watson, 2001).

La vitamina C es más sensible a su degradación, cuando la fruta u hortaliza se encuentra sometida a diversas condiciones de manejo y almacenamiento (Lee y Kader, 2000), pudiéndose dar mayores pérdidas durante largos periodos de almacenamiento, altas temperaturas, baja humedad relativa, daños físicos y daños por frío (Lee y Kader, 2000; Moreira *et al.*, 2006). Muchos factores pre y poscosecha pueden influir en el contenido de vitamina C en los cultivos hortícolas, tales como factores genéticos (Stevens, 1974), otros factores poscosecha que también se hallan influyendo, son las condiciones climáticas y prácticas culturales (Weston y Barth, 1997). Todos estos factores son responsables de la amplia variación en el contenido de frutas y hortalizas, aunque el estado de madurez, método de cosecha y condiciones de manejo poscosecha, también son condiciones que pueden afectar en el contenido de vitamina C (Fischer *et al.*, 2000; Lee y Kader, 2000), los métodos de procesamiento tienen poca influencia en la pérdida de vitamina C (Fennema, 1977).

Mientras que las mediciones que se han llevado a cabo sobre el contenido de vitamina C, no representan una evaluación nutricional completa, este compuesto es muy abundante y por lo tanto esto da un sensible índice calidad nutritiva (Moreira *et al.*, 2006).

2.7.6. Firmeza

La firmeza en frutas y hortalizas es en muchas ocasiones un buen indicador de las propiedades texturales, y que junto con el sabor, olor y **apariencia**, constituyen

atributos de calidad importantes (Smith *et al.*, 2003a; Beveridge, 2003), siendo relativamente fácil de medirla mecánicamente (Giovannoni, 2007). Bourne, 1982; Szczesniak, 1998; Smith *et al.*, 2003a definen a las propiedades de textura como el grupo de características físicas que dan los elementos estructurales al producto, que son sensibles al sentido del tacto y que están relacionados a la deformación, desintegración y flujo, cuando se hallan sometidos bajo una presión, además de que pueden ser medidos subjetivamente por funciones de masa, tiempo y distancia; siendo separadas dentro de tres amplias categorías, que son: mecánicas, geométricas y composicionales (Szczesniak, 1963).

Las frutas y hortalizas están protegidas por pectinas, además de ligninas, fibras de celulosa, almidones y otros polisacáridos (Maestrelli, 2003; Giovannoni, 2007) los cuales son bastante delicados y que siguen un proceso de modificaciones bioquímicas irreversibles durante el almacenamiento y congelado de los mismos (Maestrelli, 2003). En varios análisis realizados se ha observado que la composición de las pectinas, se encuentran presentes pectinas solubles en agua, pectinas de oxalato y pectinas insolubles o protopectinas (Szczesniak, 1998).

Los cambios de firmeza en almacenamiento son generalmente causados por acción enzimática, cambios en humedad o reacciones de rompimiento y endurecimiento de los polímeros constituyentes de las paredes celulares (Szczesniak, 1998; Vicente *et al.*, 2005; Giovannoni, 2007). El cambio en firmeza, mas importante es el ablandamiento del tejido celular, el cual es causado por la degradación enzimática y la solubilización de los materiales pecticos (Beveridge, 2003), lo que trae como consecuencia la separación intracelular y una disminución en la resistencia a la aplicación de una fuerza, observando cambios directos en la

perdida de agua (Sczesniak, 1998), lo cual puede medirse objetivamente obteniendo una expresión numérica de su consistencia, mediante un penetrómetro o medidor de presión (Wills et al., 1998; Giovannoni, 2007).

2.7.7. Color

El color es un indicador cosmético de la calidad en frutas y hortalizas (Swewfelt, 2003), el cual sufre relativamente pocas alteraciones durante el almacenamiento (Maestrelli, 2003; Canet y Álvarez, 2006), cambios que son consecuencia de la variación en la composición de los pigmentos naturales, como son las clorofilas, antocianinas y carotenoides o en el peor de los casos, ocasionadas por reacciones de oscurecimiento enzimático (Maestrelli, 2003). Se ha observado que el color verde característico en peras, frijoles verdes y espinacas, se torna oscuro durante largos periodos prolongados de almacenamiento a bajas temperaturas (Maestrelli, 2003), en los que se sugiere que son debido a transformaciones de la clorofila a y b en sus respectivas feofitinas (Laurila y Ahvenainen, 2002; Giovannoni, 2007), causas primordiales de esta degradación son los cambios de pH, el desarrollo de los procesos oxidativos y la acción de las clorofilasas (Yahia y Ciapara, 1992; Wills et al., 1998; Abbott, 1999).

Las antocianinas son pigmentos solubles en agua responsables de los colores rojos, y bajo ciertas condiciones, pueden ser destruidas por oxidaciones enzimáticas de los polifenoles, causando pérdidas de color durante el procesamiento y almacenamiento (Canet y Álvarez, 2006), en adición a esto, la oxidación de los carotenoides (pigmento liposoluble en muchos frutas y hortalizas

en forma de xantofilas), carotenos y los isómeros de licopeno son causas secundarias en los cambios de color (Canet y Álvarez, 2006; Giovannoni, 2007), sin embargo, la prevención de cualquier degradación substancial de estos pigmentos es importante, desde el punto de vista del papel que juegan estos pigmentos en la protección en contra de la oxidación de las clorofilas, y como precursores de la vitamina A (Canet y Álvarez, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Genotipo

Los frutos de tomate de cáscara que se utilizaron son de una familia de medios hermanos maternos (F3) obtenida a partir de la variedad “CHF1-Chapingo”, que a su vez se obtuvo por selección de la variedad Rendidora, la cual es precoz, de alto rendimiento, habito de crecimiento rastrero, fruto de tamaño mediano y de color verde intenso (Peña *et al.*, 1997).

3.2. Manejo y ubicación cultivo

El cultivo fue establecido en el ciclo primavera-verano, entre los meses de marzo y junio de 2007. El área total de la parcela fue de 1.20 hectáreas, y contó con sistema de riego por goteo, controlador automático y 20 válvulas de solenoide; adicionalmente este terreno forma parte del campo experimental de la estación meteorológica del Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado geográficamente entre las coordenadas 19° 16' 52'' latitud norte y 99° 39' 0'' longitud oeste, y con una altitud de 2250 msnm. El clima del sitio es del tipo Cb (W_o)(W)(i')g, que corresponde a un templado subhúmedo, en la que existe una precipitación media anual de 664 mm que se distribuye mayoritariamente en la estación de verano; con una oscilación térmica entre 5 y 7

°C, una temperatura media anual de 15.5 °C, donde los meses de enero y mayo presentan las temperaturas más frías y cálidas, respectivamente.

3.3. Ubicación del experimento

La determinación de las variables de estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología de Frutales y en el de Usos Múltiples del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

3.4. Diseño Experimental

Los factores de estudio considerados fueron: Cáliz (presencia, ausencia) y temperatura de almacenamiento (4 y 20 °C). El diseño de tratamientos fue factorial 2x2 (4 tratamientos). El diseño experimental fue completamente al azar con 3, 10 ó 15 repeticiones de acuerdo con los diferentes caracteres evaluados. En la evaluación de producción de etileno, la tasa de respiración, pérdida de peso, color, firmeza y sólidos solubles se utilizó un fruto por unidad experimental, por otra parte, pero con 5 frutos por unidad experimental estuvieron la acidez titulable, clorofila total y vitamina C. Todas las evaluaciones se llevaron a cabo durante 25 días en periodos de 5 días.

3.7. Clasificación de caracteres evaluados

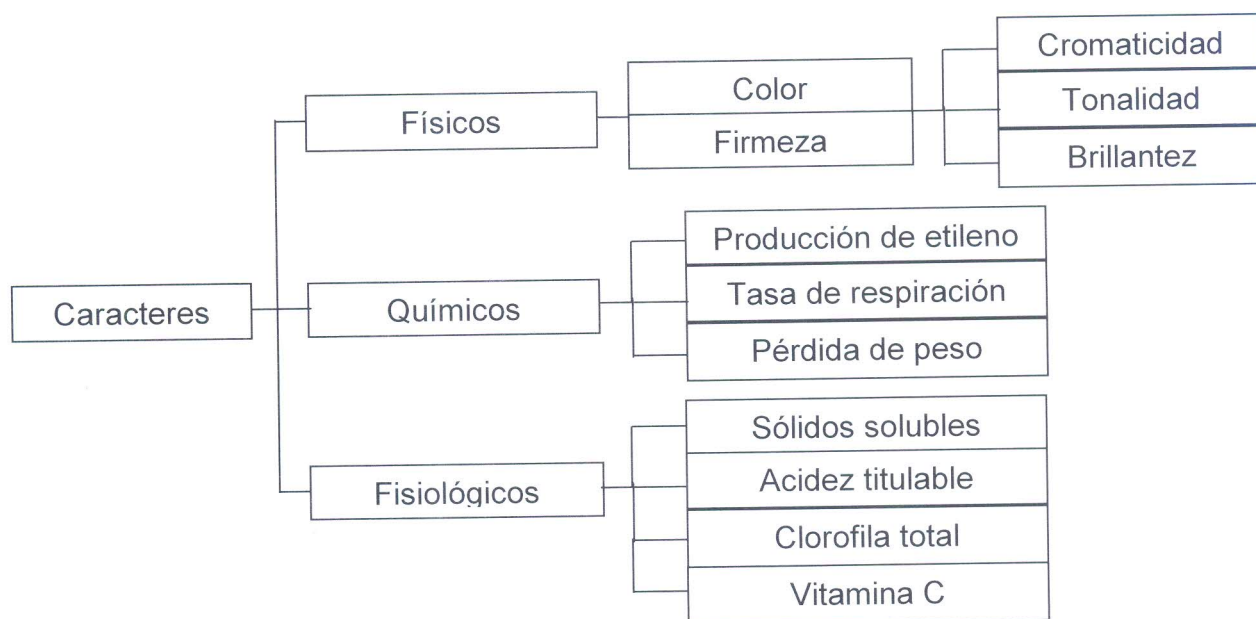


Figura 3. Esquema de clasificación de las variables de estudio en frutos de tomate de cáscara con y sin cáliz almacenados a 4 y 20 °C.

3.8. Caracteres evaluados

Los caracteres evaluados fueron: tasa de respiración, producción de etileno, acidez titulable, pérdida de peso, sólidos solubles totales, vitamina C, firmeza, color y clorofila total.

3.8.1. Caracteres físicos

3.8.1.1. Color

Se determinó en la parte superior del fruto con colorímetro Color Tec-PCM (Cole Palmer, USA); se obtuvo las dimensiones Hunter iniciales y finales “L”, “a” y “b”. Donde L define la luminosidad o brillantez de la muestra cuyos valores varían

desde 0 que representa colores totalmente oscuros (negro) hasta 100 que representa colores de máxima brillantez (blanco), “a” mide la diferencia entre la luz reflectada por la muestra en la zona de rojo a verde, donde los valores negativos de “a” indican tonalidades verdes mientras que los positivos indican tonalidades rojas. El parámetro “b” mide la diferencia entre la luz reflectada en la zona de amarillo a azul, donde los valores negativos definen tonalidades azules, en tanto que valores positivos indican tonalidades amarillas (Minolta, 1994).

La medición de color se efectuó en la parte superior del fruto. Para calcular los siguientes parámetros:

Cromaticidad. Se calculó mediante la fórmula

$$Cromaticidad = (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \text{ ó } \sqrt{a^2 + b^2}$$

Ángulo de matiz Hue (°). Se calculó mediante la fórmula.

$$Tonalidad = \text{Arctan}(b * a^{-1}) \text{ ó } \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

Brillantez. Es el dato directo de “L” Hunter que registra el colorímetro.

3.8.1.2. Firmeza

Se retiró el cáliz del fruto y en la región ecuatorial se determinó con penetrómetro digital Compac Gauge (Cole Parmer) montado en una prensa manual, con punta en forma de cono de 0.6 mm de altura y 0.7 mm de diámetro, las lecturas fueron en Newtons(N).

3.8.2 Caracteres químicos

3.8.2.1. Pérdida de peso

Se registró el peso de los frutos cada cinco días, durante 25 días, donde se utilizó una balanza granataria con aproximación de 0.01 g, y se aplicó la siguiente fórmula: pérdida de peso (%) = $\{(\text{Peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial}\} \cdot 100$

3.8.2.2. Respiración y producción de etileno

La respiración y el etileno se determinaron por el método estático, en el cual los frutos se colocaron en un recipiente hermético de volumen conocido por una hora para todo los frutos en estudio, transcurrido el tiempo se tomaron 5 ml de aire con una jeringa hipodérmica trasladándolos a un vacutainer al vacío a -20 °C, hasta su lectura. Las muestras se inyectaron en un cromatógrafo de gases marca Varian modelo 3400 CX con una columna capilar enmarcada 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 una capa porosa de silica fundida con base estacionaria de Porapak tipo Q, la temperatura de la columna fue de 80 °C, del detector de 170 °C y del inyector de 150 °C, como estándar se utilizó etileno (INFRA) 103 mg·litro⁻¹ y CO₂ (INFRA) 399 mg·litro⁻¹. El gas de arrastre fue helio con un flujo de 32.3 ml·min⁻¹ y la cantidad de muestra inyectada fue de 1.0 ml el cual se tomó con una jeringa hipodérmica.

3.8.3. Caracteres fisiológicos

3.8.3.1. Sólidos solubles totales (°Brix)

Cuantificados con refractómetro digital portátil PAL-1 (ATAGO, USA) el cual utiliza una escala de 0-53°, para realizar la medición se colocó una gota de jugo del fruto en la pantalla del refractómetro procediendo a tomar la lectura.

3.8.3.2. Acidez titulable

Se determinó de acuerdo con la metodología de la AOAC (1990), para lo cual se tomaron 10 g de pulpa que fueron neutralizados con NaOH 0.1 N en las que se utilizó fenolftaleína como indicador. Para lo cual se usó la fórmula convencional para este parámetro.

$$\% \text{ Ácido} = \frac{\text{mL NaOH} \times \text{N} \times \text{Meq Ac} \times \text{V}}{\text{Peso de la muestra alicuota}} \times 100$$

Donde:

N = Normalidad NaOH.

V = Volumen total (ml de extracto después de licuar).

Meq Ac = Miliequivalentes del ácido que se encuentra en mayor proporción.

$$\text{Meq Ac} = \frac{\text{PM ácido orgánico}}{\text{Valencia} \times 1000}$$

3.8.3.3. Clorofila total

Se cuantificó de acuerdo con la técnica propuesta por la AOAC (1990) la cual consiste en tomar una muestra de fruto finamente picada la cual fue cubierta con acetona al 80% dejándola reposar durante 24 horas en oscuridad. Posteriormente se tomaron lecturas de absorbancia (A) a dos longitudes de onda (652 y 663 nm) mediante el uso de un espectrofotómetro digital UV-VIS modelo Perkin Elmer.

3.8.3.4. Vitamina C

El cálculo del contenido de vitamina C se realizó de acuerdo al método de Tillman (AOAC, 1990) conocido como DFI-2, 6 diclorofenol-indofenol, el contenido de ácido ascórbico se estimó mediante la maceración de una muestra de pulpa con un agente estabilizante como ácido oxálico (para mantener propia la acidez para la reacción y evitar auto-oxidación del ácido ascórbico a alto pH) y reducción del 2, 6 diclorofenol-indofenol (solución de Tillman). Se estimó a partir de 5 g de fruto finamente picado y homogenizado con 50 ml de ácido oxálico, tomando una alícuota de 10 ml.

3.9. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias a través de la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), así como un análisis de correlación; en la que se empleó el paquete de análisis estadístico SAS (Statistical Analysis System).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de varianza

En congruencia con el análisis de varianza (Cuadro 1A), el factor cáliz modificó ($P \leq 0.05$) el contenido de clorofila total, en los muestreos iniciales y finales [0, 5, 15 y 20 días después de cosecha (ddc)]; la producción de etileno, sólidos solubles totales, brillantez y tonalidad presentaron diferencias ($\alpha \leq 0.05$) en los últimos muestreos; en tanto que la firmeza del fruto las manifestó a los 0 y 15 ddc.

El factor temperatura afectó la pérdida de peso y a la firmeza ($\alpha \leq 0.05$) en los días 5, 20 y 25; y 0 y 15, respectivamente. La tasa de respiración, tonalidad, y vitamina C manifestaron diferencias solo en un muestreo. El contenido de clorofila total y producción de etileno presentaron valores significativos al inicio y al final de la evaluación; y la brillantez y cromaticidad, solo al final.

Con respecto a la interacción de ambos factores no se encontraron efectos significativos en firmeza a los 15 y 25 ddc; la producción de etileno, vitamina C y cromaticidad exhibieron valores significativos al final de la evaluación en un solo muestreo; de forma similar, la pérdida de peso, contenido de clorofila y tonalidad en los días 15 y 20, respectivamente. Los sólidos solubles totales tuvieron diferencias en el primer y último muestreo. Los coeficientes de variación en la mayoría de las variables fueron menores al 15 %, lo que hace suponer que la información generada es confiable, con respecto a vitamina C, acidez titulable,

firmeza, sólidos solubles totales y los componentes de color (brillantez, cromaticidad y tonalidad).

4.2. Comparaciones de medias

4.2.1. Factor cáliz

De acuerdo con las comparaciones de medias (Cuadro 1) para el factor cáliz, la presencia de esta estructura favoreció un mayor contenido de clorofila total, aunque en los días 10 y 25 ddc no hubo diferencias, esto es atribuido a la acción protectora de esta estructura sobre la superficie del fruto en contra de la acción degradativa de la luz (Saray y Loya, 1978; Fischer *et al.*, 1997; Fischer *et al.*, 2000), por otra parte, esta condición también favoreció mayor tonalidad de color (AH) y brillantez (L) al final del estudio, y la cromaticidad fue mayor solo en el día 5 ddc.

La pérdida de peso fue mayor ($\alpha \leq 0.05$) con la presencia del cáliz a los 5 ddc y en los dos últimos muestreos; resultados que se vinculan con la pérdida de agua por transpiración, ya que la presión de vapor del medio externo es menor a la que tiene el fruto internamente (Thompson, 2003), lo que causa esta disminución de peso (Ben y Rodov, 2003); adicionalmente la ruptura del cáliz favorece esta deshidratación (Cantwell *et al.*, 1992). En lo que se refiere a vitamina C y acidez titulable, como se indicó en el análisis de varianza no fueron afectados por este factor.

La tasa de respiración, así como el contenido de sólidos solubles totales fueron superiores ($\alpha \leq 0.05$), (Cuadro 1) en aquellos frutos manejados con la presencia del cáliz, en los días 0, 20; y 25 ddc, respectivamente, condiciones provocadas por un

incremento en la tasa de respiración, y donde los sólidos solubles totales disminuyeron como consecuencia de su utilización en la obtención de energía celular (Wills *et al.*, 1998; Giovannoni, 2001); sin embargo, muchas veces la síntesis de azúcares es mayor a la consumida en la respiración (Maness y Perkins, 2003; Rennie *et al.*, 2003), más aun si la tasa respiratoria del fruto es baja, como es el caso del tomate de cáscara (Peiris *et al.*, 1997; Nei *et al.* 2005), lo que se reflejó en el comportamiento de la acidez titulable.

Con respecto a estos resultados, se ha reportado que el comportamiento fisiológico del genero *Physalis* es variable (Tigchelaar *et al.*, 1978; Cantwell *et al.*, 1992), por el alto grado de mejoramiento genético al que ha sido sometida esta especie en los últimos años (Santiaguillo *et al.*, 1994; Peiris *et al.*, 1997). En este mismo contexto también se ha observado que la producción de etileno en tomate de cascara se incrementa durante las etapas tardías de maduración (Pratt y Reid, 1976; Cantwell *et al.*, 1992), lo que influye sobre el cambio de color externo (Kevany *et al.*, 2007), situación encontrada en los dos últimos muestreos en brillantez y tonalidad, donde los frutos con presencia de cáliz mostraron los valores más altos, y la cromaticidad solo a los 5 ddc.

Los datos de vitamina C coinciden con lo reportado por Fischer *et al.*, (2000) y Moreira (2006), ya que el contenido de vitamina C es variable aún dentro en las mismas variedades de frutas y hortalizas, donde el estado de madurez a la cosecha, es uno de los factores que determinan en mayor proporción la calidad nutricional de frutas y hortalizas (Lee *et al.*, 1995; Lee y Kader, 2000), así como las condiciones climáticas y de manejo durante la poscosecha (Lee y Kader, 2000; Lamikandra y Watson, 2001).

Cuadro 1. Comparación de medias de efectos principales sobre el factor cáliz en frutos de tomate de cáscara.

Factor Cáliz	CT^y (µg·100g)	VC (mg·100g)	AT (%)	F (N)	SST (%)
0 días después de cosecha					
Presencia	0.147 a	2.61 a	1.20 a	21.13 a	6.50 a
Ausencia	0.078 b	2.80 a	1.38 a	16.82 b	6.14 a
DMSH	0.056	0.25	0.30	2.30	0.51
5 días después de cosecha					
Presencia	0.100 a	2.99 a	1.20 a	14.62 a	6.02 a
Ausencia	0.081 b	3.31 a	1.11 a	15.39 a	6.16 a
DMSH	0.018	0.35	0.18	1.98	0.46
10 días después de cosecha					
Presencia	0.084 a	2.86 a	1.12 a	3.60 a	5.85 a
Ausencia	0.064 a	2.99 a	1.24 a	3.35 a	6.23 a
DMSH	0.029	0.36	0.26	0.57	0.55
15 días después de cosecha					
Presencia	0.071 b	2.86 a	1.24 a	9.98 b	6.06 a
Ausencia	0.180 a	2.93 a	1.06 a	12.46 a	6.25 a
DMSH	0.062	0.43	0.25	1.11	0.38
20 días después de cosecha					
Presencia	0.161 a	2.93 a	1.33 a	10.99 a	6.07 a
Ausencia	0.068 b	3.18 a	1.29 a	11.86 a	5.90 a
DMSH	0.054	0.52	0.20	1.59	0.49
25 días después de cosecha					
Presencia	0.210 a	2.99 a	1.17 a	10.22 a	6.05 a
Ausencia	0.101 a	2.86 a	1.12 a	10.58 a	5.51 b
DMS	0.154	0.20	0.18	1.33	0.43

^zMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^yCT: Clorofila Total (µg 100 g); VC: Vitamina C (mg 100 g); AT: Acidez titulable (%); F: Firmeza (N); SST: Sólidos solubles totales (%).

Cuadro 1. Continuación. Comparación de medias de efectos principales sobre el factor cáliz en frutos de tomate de cáscara.

Factor Cáliz	TR ^y (ml kg ⁻¹ h ⁻¹)	PE (μl kg ⁻¹ h ⁻¹)	PP (%)	L	C	AH
0 días después de cosecha						
Presencia	11.04 a ^z	0.002 a		41.79 a	24.31 a	134.08 a
Ausencia	8.09 b	0.010 a		41.37 a	23.99 a	106.30 a
DMSH	2.59	0.013		2.94	2.55	49.51
5 días después de cosecha						
Presencia	8.06 a	0.097 a	4.79 a	38.77 a	28.20 a	109.64 a
Ausencia	6.34 a	0.066 a	2.36 b	39.12 a	24.92 b	108.46 a
DMSH	4.13	0.101	1.16	2.89	2.57	5.03
10 días después de cosecha						
Presencia	6.65 a	0.007 a	1.93 a	41.97 a	29.40 a	106.69 a
Ausencia	7.94 a	0.024 a	1.88 a	39.37 a	29.36 a	104.92 a
DMSH	2.44	0.039	0.98	2.86	2.65	3.58
15 días después de cosecha						
Presencia	5.13 a	0.094 a	1.36 a	41.35 a	29.12 a	104.85 a
Ausencia	7.23 a	0.116 a	1.95 a	40.31 a	26.75 a	108.06 a
DMSH	2.70	0.151	0.78	2.38	3.32	4.21
20 días después de cosecha						
Presencia	9.10 a	0.008 a	0.93 b	41.41 a	26.81 a	107.92 a
Ausencia	3.41 b	0.023 a	3.08 a	42.58 a	27.47 a	102.51 b
DMSH	5.16	0.044	1.37	2.22	3.02	3.17
25 días después de cosecha						
Presencia	7.68 a	0.054 b	1.15 b	40.00 b	28.99 a	110.64 a
Ausencia	7.28 a	0.117 a	5.38 a	43.77 a	27.25 a	103.78 b
DMSH	1.96	0.033	3.53	3.41	3.05	5.28

^zMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^yTR: Tasa de respiración (ml kg⁻¹ h⁻¹); PE: Producción de etileno (μl kg⁻¹ h⁻¹); PP: Pérdida de peso (%); L: brillantez; C: Cromaticidad; AH: Tonalidad.

4.2.2. Factor temperatura

En términos generales la temperatura de 20 °C afectó ($\alpha=0.05$) el contenido de clorofila total (Cuadro 2), a los 0, 15, 20 y 25 ddc, comportamiento asociado a una mayor tasa de degradación de clorofila; provocada por cambios físicos y químicos implicados en el proceso de maduración de los frutos (Hulme, 1971; Brady, 1987; Laurila y Ahvenainen, 2002) donde la alteración de color de los frutos involucró la desnaturalización de la clorofila (Kays, 1997), así como la síntesis o manifestación de otros pigmentos como carotenoides y antocianinas, entre otros (Kader, 1992; Clydesdale, 1998).

Otra consideración es que el tomate de cáscara sufre un incremento importante en la producción de etileno durante las etapas finales de maduración (Pratt y Reid, 1976; Cantwell *et al.*, 1992; Kuntz *et al.*, 1998); lo que incidió en que varias enzimas, entre ellas, las clorofilasas fueran activadas e iniciaran un proceso degenerativo alterando el color original de los frutos (Giovannoni, 2001; Nath *et al.*, 2006; Kevany *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2007). Por lo mencionado anteriormente, se puede establecer una relación estrecha con lo ocurrido en brillantez, cromaticidad y tonalidad del color en los muestreos realizados a los 15 y 20 ddc; donde no se observó una tendencia clara de la influencia de la temperatura de almacenamiento.

La firmeza siempre fue mayor ($\alpha=0.05$) en aquellos frutos almacenados a 4 °C (Cuadro 2); condición en la cual la velocidad de cambios bioquímicos causados por procesos enzimáticos disminuyeron (Lannetta *et al.*, 1999; Laurila y Ahvenainen, 2002; Nei *et al.*, 2005), y en los que la refrigeración redujo estos cambios de manera significativa (Do nascimiento y Pierre, 2003) permitiendo una mayor duración de la vida útil de los frutos (Kader *et al.*, 1998; Erkan *et al.*, 2004; Nath *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2007).

El uso de bajas temperaturas (4 °C) incrementó el contenido de sólidos solubles y la acidez titulable (Cuadro 2) en los últimos periodos de evaluación; sin embargo, el contenido de sólidos solubles mostró diferencias a los 5 ddc; resultado que se atribuye al efecto de la temperatura en la disminución de la intensidad del proceso respiratorio (Do nascimiento y Pierre, 2003; Erkan *et al.*, 2004; Wang y Sheng, 2005), ya que durante su realización, y la consecuente generación de energía celular, se utilizaron como sustratos principales a los azúcares contenidos en los órganos de almacén como son frutos, raíces, etc (Matoo *et al.*, 1979; Yahia y Ciapara, 1992; Giovannoni, 2001; Giovannoni, 2007); no obstante, los valores encontrados en la tasa de respiración fueron bajos (Peiris *et al.*, 1997; Kader y Salveit, 2003).

Con la exposición de los frutos a la alta temperatura (20 °C) se presentó un aumento en la tasa de respiración a los 10 ddc, situación similar sucedió en el caso de la producción de etileno, pero en el segundo y

último muestreo, lo que en conjunto puede estar relacionado a las condiciones generadas durante se llevo a cabo el almacenamiento (Lanneta *et al.*, 1999; Alvarado *et al.*, 2004; Nath *et al.*, 2006); o a los cambios físicos y químicos que se suscitan durante la maduración de los frutos, que en este caso, se trata de un fruto no climatérico (Peiris *et al.*, 1997; Kuntz *et al.*, 1998; Lannetta *et al.*, 1999; Watada, 1999). Las condiciones de conservación a 20 °C incrementaron drásticamente la pérdida de peso, pues se detectaron valores significativos a los 5, 10 y 15 ddc (Cuadro 2), lo que se debe a que bajo estas circunstancias, los frutos disminuyeron su peso debido a la deshidratación del cáliz (McGregor, 1987; Cantwell *et al.*, 1992).

Cuadro 2. Comparación de medias de efectos principales sobre el factor temperatura en frutos de tomate de cáscara.

Factor Temperatura	CT^y (µg·100g)	VC (mg·100g)	AT (%)	F (N)	SST (%)
0 días después de cosecha					
4	0.083 b	2.68 a	1.38 a	18.24 a	6.44 a
20	0.142 a	2.74 a	1.19 a	19.86 a	6.21 a
DMSH	0.056	0.25	0.30	2.30	0.5
5 días después de cosecha					
4	0.086 a	3.24 a	1.19 a	16.89 a	6.55 a
20	0.095 a	3.05 a	1.13 a	13.11 b	5.62 b
DMSH	0.095	0.35	0.18	1.99	0.46
10 días después de cosecha					
4	0.088 a	2.86 a	1.18 a	3.79 a	6.21 a
20	0.060 a	2.99 a	1.17 a	3.15 b	5.81 a
DMSH	0.029	0.36	0.26	0.57	0.55
15 días después de cosecha					
4	0.092 b	2.86 a	1.15 a	12.71 a	6.16 a
20	0.159 a	2.93 a	1.16 a	9.73 b	6.15 a
DMSH	0.062	0.44	0.25	1.10	0.38
20 días después de cosecha					
4	0.159 a	2.93 a	1.44 a	12.96 a	6.58 a
20	0.070 b	3.18 a	1.18 b	9.89 b	5.40 b
DMSH	0.054	0.52	0.20	1.58	0.49
25 días después de cosecha					
4	0.084 a	2.74 b	1.08 a	12.08 a	6.31 a
20	0.226 a	3.12 a	1.21 a	8.72 b	5.25 b
DMSH	0.154	0.21	0.18	1.32	0.43

^zMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^yCT: Clorofila Total (µg 100g); VC: Vitamina C (mg 100g); AT: Acidez titulable (%); F: Firmeza (N); SST: Sólidos solubles totales (%).

Cuadro 2 Continuación. Comparación de medias de efectos principales sobre el factor temperatura en frutos de tomate de cáscara.

Factor Temperatura	TR ^y (ml kg ⁻¹ h ⁻¹)	PE (μl kg ⁻¹ h ⁻¹)	PP (%)	L	C	AH
0 días después de cosecha						
4	9.94 a	0.009 a		41.59 a	24.61 a	108.59 a
20	9.18 a	0.004 a		41.57 a	23.69 a	131.79 a
DMSH	2.59	0.013		2.94	2.55	49.51
5 días después de cosecha						
4	7.90 a	0.024 b	1.79 b	38.05 a	27.21 a	108.12 a
20	6.50 a	0.139 a	5.36 a	39.85 a	25.91 a	109.98 a
DMSH	4.13	0.101	1.16	2.89	2.57	5.03
10 días después de cosecha						
4	5.94 b	0.012 a	1.26 b	41.36 a	29.33 a	105.44 a
20	8.65 a	0.019 a	2.55 a	39.98 a	29.43 a	106.17 a
DMSH	2.44	0.039	0.98	2.86	2.65	3.58
15 días después de cosecha						
4	7.48 a	0.084 a	1.05 b	38.74 b	25.68 b	109.07 a
20	4.88 a	0.126 a	2.27 a	42.92 a	30.20 a	103.84 b
DMSH	2.70	0.151	0.79	2.38	3.32	4.21
20 días después de cosecha						
4	6.61 a	0.004 a	1.66 a	39.61 b	28.89 a	105.50 a
20	5.91 a	0.027 a	2.34 a	44.38 a	25.39 b	104.92 a
DMSH	5.16	0.044	1.37	2.22	3.02	3.17
25 días después de cosecha						
4	7.13 a	0.020 b	2.09 a	40.52 a	28.58 a	107.82 a
20	7.83 a	0.151 a	4.45 a	43.25 a	27.67 a	106.60 a
DMSH	1.96	0.033	3.53	3.41	3.05	5.28

^zMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^yTR: Tasa de respiración (ml kg⁻¹ h⁻¹); PE: Producción de etileno (μl kg⁻¹ h⁻¹); PP: Pérdida de peso (%); L: brillantez; C: Cromaticidad; AH: Tonalidad.

4.2.3. Interacciones

La tasa de respiración y acidez titulable no presentaron interacción ($P \leq 0.05$) entre los niveles del cáliz y la temperatura (Cuadro 3). La temperatura de almacenamiento a 4 °C fue la que mayor afectó la firmeza, sin embargo, no se lograron detectar valores significativos a los 15 y 25 ddc; y lo que se encontró es producto de la influencia directa del factor temperatura sobre el comportamiento de los aspectos de turgencia y pérdida de agua de los frutos, y donde la presencia o ausencia del cáliz no fue importante (Giovannoni, 2001; Smith *et al.*, 2003b; Alvarado *et al.*, 2004; Giovannoni, 2007).

Como se observa en los datos que se muestran en el Cuadro 3 referidos a la pérdida de peso; solo se presentaron diferencias en el día 15; y lo que más incidió fue la temperatura de 20 °C; lo que se vincula a la deshidratación excesiva de la cáscara, así como el efecto de la cubierta cerosa segregada por tejidos glandulares del cáliz sobre la intensidad del proceso transpiratorio (Alvarado *et al.*, 2004; Vicente *et al.*, 2005; Novoa *et al.*, 2006). Además de que los frutos que tienen un cáliz totalmente desarrollado contienen aire, lo que les permite reducir su peso específico, y consecuentemente su sensibilidad al daño causado por el manejo (Trinchero *et al.*, 1999).

Se encontró que los valores de clorofila total en los tratamientos mostraron un comportamiento estadísticamente semejante; y lo

observado en el penúltimo día de muestreo, recalca la importancia que tiene el uso de las bajas temperaturas en el mantenimiento de las características de calidad (Salisbury y Ross, 1994; Watada *et al.*, 1996; Kader, 2002; Rennie *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2004); aunado a lo anterior, la baja luminosidad prevaleciente en el cuarto de almacenamiento disminuyó la velocidad de las reacciones de oxidación de la clorofila (Clydesdale, 1998; Nei *et al.*, 2005; Giovannoni, 2007), lo que contribuyó a su alto contenido (Clydesdale, 1998).

La clorofila al ser el compuesto primario de color (Wills *et al.*, 1998), es la que en primera instancia se encuentra expuesta a la degradación por factores ambientales como la luz y la temperatura (Alvarado *et al.*, 2004; Novoa *et al.*, 2006); y compuestos denominados secundarios o protectores, inician su aparición generando colores amarillentos o rojizos (Salisbury y Ross, 1994; Watada *et al.*, 1996; Abott, 1999; Aked, 2002); que en nuestro caso concuerda con lo ocurrido en tonalidad y cromaticidad, con la ausencia de cáliz y a 20 °C; caso contrario a lo observado en brillantez, donde no se presentó un efecto claro de los tratamientos.

La temperatura de almacenamiento a 20 °C al ser un factor de stress ambiental, estimuló la producción de etileno al final de la evaluación (Wang, 1984; Kevany *et al.*, 1997; Lannetta *et al.*, 1999; Giovannoni, 2001; Aválos *et al.*, 2006), lo que se reconoce como una manera de provocar la síntesis de esta hormona en frutos no climatéricos (Aválos *et*

al., 2006), en la que el cáliz no fue un aspecto que estuviera provocando alteraciones en este aspecto (Alvarado *et al.*, 2004; Novoa *et al.*, 2006).

Los resultados encontrados para respiración, acidez titulable y producción de etileno (Cuadro 3) están fuertemente relacionados con el contenido de sólidos solubles (Sigala *et al.*, 1994; Wills *et al.*, 1998; Maness y Perkins, 2003; Tonoiven y Brummell, 2008) el cual presentó diferencias en la primera y última evaluación, donde la ausencia del cáliz combinada con una temperatura de 4 °C generaron los valores más altos, lo que se asume se encuentra relacionado a una disminución en la velocidad del proceso de maduración (Brady, 1984; Peiris *et al.*, 1997; Nath *et al.*, 2006).

Durante la mayor parte de los muestreos, el contenido de vitamina C no manifestó significancia (Cuadro 3); con excepción del realizado en el día 25, en la que, la ausencia del cáliz y la temperatura ambiental modificaron los valores de esta variable, lo que concuerda con lo reportado por Lee y Kader (2000) quienes señalan que el uso de las bajas temperaturas son el mejor método en la conservación de la vitamina C en los cultivos hortícolas. Sin embargo, lo encontrado también puede estar relacionado con un incremento en la actividad antioxidante de la vitamina C como parte de los cambios que se suscitan en el proceso de maduración (Rapisarda *et al.*, 2008).

Cuadro 3: Comparación de medias para los tratamientos evaluados en frutos de tomate de cáscara.

TRATAMIENTOS		CT ^y	VC	AT	F	SST
CÁLIZ	TEMP. (°C)	(µg 100g)	(mg 100g)	(%)	(N)	(%)
0 días después de cosecha						
Ausente	20	0.187 a	2.68 a	0.99 a	23.92 a	6.83 a
Ausente	4	0.107 ab	2.55 a	1.40 a	18.89 b	6.29 ab
Presente	20	0.098 ab	2.80 a	1.39 a	15.79 b	5.60 b
Presente	4	0.059 b	2.80 a	1.37 a	17.60 b	6.59 a
DMSH		0.111	0.49	0.59	4.09	0.93
5 días después de cosecha						
Ausente	20	0.109 a	2.93 a	1.12 a	11.65 b	5.53 c
Ausente	4	0.092 a	3.05 a	1.29 a	17.59 a	6.51 ab
Presente	20	0.082 a	3.18 a	1.14 a	14.59 ab	5.71 bc
Presente	4	0.080 a	3.43 a	1.09 a	16.19 a	6.60 a
DMSH		0.036	0.70	0.36	3.71	0.86
10 días después de cosecha						
Ausente	20	0.070 a	2.80 a	1.17 a	3.63 ab	5.48 a
Ausente	4	0.098 a	2.93 a	1.07 a	3.56 ab	6.22 a
Presente	20	0.050 a	3.18 a	1.18 a	2.68 b	6.19 a
Presente	4	0.098 a	2.80 a	1.30 a	4.03 a	6.26 a
DMSH		0.057	0.70	0.52	1.07	1.03
15 días después de cosecha						
Ausente	20	0.080 b	2.80 a	1.06 a	8.90 c	5.95 a
Ausente	4	0.062 b	2.93 a	1.07 a	11.06 b	6.17 a
Presente	20	0.238 a	3.05 a	1.25 a	10.57 bc	6.37 a
Presente	4	0.122 ab	2.80 a	1.22 a	14.36 a	6.13 a
DMSH		0.122	0.86	0.49	2.07	0.71
20 días después de cosecha						
Ausente	20	0.063 b	2.80 a	1.13 b	10.33 b	5.40 b
Ausente	4	0.258 a	3.05 a	1.53 a	11.65 ab	6.75 a
Presente	20	0.078 b	3.56 a	1.24 ab	9.45 b	5.40 b
Presente	4	0.059 b	2.80 a	1.35 ab	14.28 a	6.41 a
DMSH		0.106	1.03	0.39	2.97	0.92
25 días después de cosecha						
Ausente	20	0.330 a	3.31 a	1.24 a	9.20 bc	5.29 b
Ausente	4	0.089 a	2.68 b	1.10 a	11.24 ab	6.80 a
Presente	20	0.122 a	2.93 ab	1.18 a	8.24 c	5.20 b
Presente	4	0.080 a	2.80 b	1.06 a	12.91 a	5.83 b
DMSH		0.302	0.40	0.35	2.48	0.81

^zMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^yCT: Clorofila Total (µg 100g); VC: Vitamina C (mg/100g); AT: Acidez titulable (%); F: Firmeza (N); SST: Sólidos solubles totales (%).

Cuadro 3 continuación. Comparación de medias para los tratamientos evaluados en frutos de tomate de cáscara.

TRATAMIENTOS		TR ^y	PE	PP	L	C	AH
CÁLIZ	TEMP. (°C)	(ml kg ⁻¹ h ⁻¹)	(μl kg ⁻¹ h)	(%)			
0 días después de cosecha							
Ausente	20	9.94 a ^z	0.003 a		42.55 a	24.81 a	158.46 a
Ausente	4	12.14 a	0.001 a		40.20 a	23.81 a	109.70 a
Presente	20	8.43 a	0.004 a		40.60 a	22.57 a	105.12 a
Presente	4	7.74 a	0.017 a		42.99 a	25.41 a	107.48 a
DMSH		5.08	0.026		5.52	4.79	92.98
5 días después de cosecha							
Ausente	20	6.86 a	0.176 a	6.82 a	39.50 a	28.04 a	110.27 a
Ausente	4	9.25 a	0.019 a	2.76 bc	38.05 a	28.37 a	109.01 a
Presente	20	6.14 a	0.102 a	3.90 b	40.20 a	23.79 a	109.70 a
Presente	4	6.55 a	0.029 a	0.82 c	38.04 a	26.06 a	107.23 a
DMSH		8.11	0.199	2.18	5.43	4.84	9.46
10 días después de cosecha							
Ausente	20	7.69 a	0.013 a	2.27 ab	43.15 a	30.62 a	106.76 a
Ausente	4	5.61 a	0.002 a	1.59 ab	40.79 ab	28.17 a	106.63 a
Presente	20	9.61 a	0.025 a	2.83 a	36.81 b	28.24 a	105.59 a
Presente	4	6.26 a	0.023 a	0.94 b	41.93 ab	30.48 a	104.25 a
DMSH		4.79	0.076	1.85	5.37	4.98	6.73
15 días después de cosecha							
Ausente	20	3.48 a	0.153 a	1.55 ab	43.30 a	32.06 a	103.77 b
Ausente	4	6.77 a	0.035 a	1.17 b	39.40 ab	26.19 ab	105.94 ab
Presente	20	6.27 a	0.099 a	2.98 a	42.53 ab	28.34 ab	103.91 b
Presente	4	8.19 a	0.134 a	0.93 b	38.09 b	25.17 b	112.21 a
DMSH		5.30	0.296	1.48	4.48	6.24	7.91
20 días después de cosecha							
Ausente	20	8.99 a	0.017 a	0.97 b	41.95 b	25.62 a	109.53 a
Ausente	4	9.21 a	0.000 a	0.89 b	40.86 b	28.99 a	106.31 a
Presente	20	2.82 a	0.037 a	3.73 a	46.80 a	25.16 a	100.32 b
Presente	4	4.00 a	0.008 a	2.43 ab	38.36 b	29.79 a	104.70 ab
DMSH		10.13	0.085	2.57	4.16	5.67	5.96
25 días después de cosecha							
Ausente	20	8.10 a	0.097 b	1.21 a	40.84 ab	26.92 a	111.05 a
Ausente	4	7.25 a	0.010 c	1.10 a	39.16 b	31.07 a	110.24 a
Presente	20	7.55 a	0.204 a	7.68 a	45.66 a	28.42 a	102.14 a
Presente	4	7.01 a	0.030 c	3.08 a	41.87 ab	26.09 a	105.41 a
DMSH		3.84	0.065	6.63	6.40	5.73	9.91

^zMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^yTR: Tasa de respiración (ml kg⁻¹ h⁻¹); PE: Producción de etileno (μl kg⁻¹ h⁻¹); PP: Pérdida de peso (%); L: brillantez; C: Cromaticidad; AH: Tonalidad.

4.3. Análisis de correlación

En el análisis de las correlaciones entre pares de variables (Cuadro 4), se detectó significancia en algunas de ellas, sin embargo, los valores encontrados fueron bajos, por lo que son de poca importancia práctica.

El mayor valor absoluto se presentó entre pérdida de peso y la producción de etileno (0.39), resultados que no se asemejan a lo encontrado por Magaña y Colinas (1997), quienes en un estudio sobre manejo poscosecha de tomate de cáscara, en los que se evaluó el efecto de cortes y empaques reportan con respecto al tiempo valores absolutos altos en variables como pérdida de peso, firmeza, acidez titulable; así como la brillantez, cromaticidad y tonalidad del color.

Cuadro 4: Correlaciones entre las variables poscosecha evaluadas en frutos de tomate de cáscara con y cáliz, y almacenados a 4 y 20 °C.

V ^y .	VC (mg·100g)	AT (%)	TR	PE	PP (%)	L	C	AH	F (N)	SST (%)
CT	0.15	0.17	0.04	0.14	0.01	-0.11	-0.07	0.27*	0.11	0.03
VC		0.17	-0.16	0.13	0.27*	0.06	-0.14	-0.08	-0.09	0.20
AT			0.06	-0.04	-0.18	-0.03	0.07	-0.05	0.12	0.03
TR				-0.07	-0.15	-0.18	-0.04	0.15	0.17	0.06
PE					0.39**	0.11	-0.12	-0.08	-0.11	-0.15
PP						0.03	0.007	-0.05	-0.16**	-0.12*
L							0.24**	0.002	-0.13*	-0.02
C								-0.08	-0.19**	-0.004
AH									0.11	0.04
F										0.16**

*, ** Significativo al 5 y 1 %, respectivamente. ^yVA.: Variables; CT: Clorofila Total ($\mu\text{g } 100 \text{ g}$); VC: Vitamina C ($\text{mg } 100 \text{ g}$); AT: Acidez titulable (%); TR: Tasa de respiración ($\text{ml kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$); PE: Producción de etileno ($\mu\text{l kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$); PP: Pérdida de peso (%); L: Brillantez; C: Cromaticidad; AH: Tonalidad; F: Firmeza (N); SST: Sólidos solubles totales (%).

5. CONCLUSIONES

La presencia o ausencia del cáliz no fue relevante en el comportamiento fisiológico de las características de los frutos de tomate de cáscara, excepto en el contenido de clorofila y color.

Los frutos almacenados a 4 °C presentaron menor pérdida de peso, tasa de respiración, y producción de etileno, así como en mantener sin cambios la firmeza, contenido de clorofila, color y sólidos solubles.

El tomate de cáscara tiene características morfológicas particulares que le permiten tener una vida útil prolongada, pero con el uso de la refrigeración se contribuyó a conservar de mejor manera su calidad.

6. LITERATURA CITADA

- ✓ Abott, A., J. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15: 207-225.
- Aked J., C. 2002. Maintaining the post-harvest quality of fruits and vegetables, pp:119-149. *In: Fruit and Vegetable Processing: Improving Quality*. Jongen W. (ed.). Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, England.
- Aválos A., A., Ramírez C., Y., Goytia J., Ma. A., Barrientos P., A., F. and Saucedo V., C. 2006. Etileno en la abscisión del fruto de tres especies del género opuntia. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(1): 127-133.
- Alvarado A., P., Berdugo A., C. and Fischer G. 2004. Efecto de un tratamiento de frío (a 1,5 °C) y la humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. durante el posterior transporte y almacenamiento. *Agronomía Colombiana* 22(2): 147-159.
- ✓ AOAC. 1990. Official Methods and Analysis. Official Analytical Chemists. W. Sidney (Ed.) Washington, D. C. 1094 p.
- Atherton J. G. and J. Ruduch. 1986. The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement. Chman and Hall Ltd. New York, USA. 661 p.
- Ayala P., J. P., Peña L., A. y Mulato, B., J. 1992. Caracterización de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 16 (79-80): 78-81.
- ✓ Ben Y., S., Rodov V. 2003. Transpiration and water stress. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Chapter 5, pp. 1-49. Bartz A., J. and Brencht K., J. (eds.). Ed. Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- ✓ Bourne M., C. 1982. Food texture and viscosity: Concept and measurement. Academic Press. London, England. 457 p.
- Bock, M., A., Sánchez, P., McKee, L., J. and Ortiz, M. 1995. Selected nutritional and quality analyses of tomatillos (*Physalis ixocarpa*). *Plant Foods Nutrition* 50: 127-133.
- ✓ Beveridge T. H. J. 2003. Maturity and quality grades for fruits and vegetables, Chapter 17, pp. 485-504. *In: Handbook of Postharvest Technology. Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices*. Chakraverty A., Mujumda A., S., R., Raghavan V., G., S. and Ramaswamy S., H. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

- Biale, J. B. and Young, R., E. 1981. Respiration and ripening fruits-retrospect and prospect, pp. 1-39. *In: Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Friend J. and Rhodes M., J., C. (Eds.). Academic Press. London, England.
- Brady, C. 1987. Fruit ripening. *Annual Review of Plant Physiology* 38: 155-178.
- ✓ Brencht, K., J. 1995. Physiology of lightly processed and vegetables. *HortScience* 30(1): 19-23.
- Calyecac C., H., G., Cibrián T., J., Soto H., M. y García V., R. 2006. Aislamiento e identificación de volátiles de *Physalis philadelphica* LAM. *Agrociencia* 41(3): 337-346.
- ✓ Canet P., W. and Álvarez, 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 & Francis Group, LLC. Florida, USA.
- Cantwell, M., Minutti, F., J. and Trejo, G., A. 1992. Developmental changes and postharvest physiology of tomatillo fruits (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Scientia Horticulturae* 50: 59-70.
- ✓ Clydesdale F., M. 1998. Color: origin, stability, measurement, and quality. *In: Food Storage Stability*. Chapter 7, pp. 1-16. Taub A., I. and Singh P., R. (eds.). CRC Press LLC. Florida, USA.
- Coletto, M., J. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 140 p.
- Cooke, R., D., Rickard, J., E. and Thompson, A., K. 1998. The storage of tropical root and tuber crops-Cassava, yam and edible aroids. *Exploration Agricultural* 24: 457-470.
- Corrales, G., J. 1993. Repercusiones del clima y de las labores culturales en la calidad de los cultivos tropicales. *In: Manejo Postcosecha de Frutas y Hortalizas Tropicales*. Pelayo Z., C. and; Peña C., A., J. (Eds.). Limusa, S. A. de C. V., D. F., México.
- ✓ DeEll J., R., Prange, K., R. and Peppelenbos, W. H. 2003. Postharvest physiology of fresh fruits and vegetables. Chapter 16, pp. 455-484. *In: Handbook of Postharvest Technology. Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices*. Chakraverty A., Mujumda A., S., R., Raghavan V., G., S. and Ramaswamy S., H. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- ✓ Do Nascimento N., M., C. and Pierre, E., J. 2003. Storage temperature. Chapter 8, pp.1-20. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Bartz A., J. and Brencht K., J. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

- Erkan M., Pekmezci, M., Gübbük, H. and Karasahin, I. 2004. Effects of controlled atmosphere storage on scald development and postharvest physiology of Granny Smith apples. *Turk J Agr For.* 28: 43-48.
- ✓ Fenema, O. 1977. Loss of vitamins in fresh and frozen foods. *Food Technology* 31(12): 32-38.
- ✓ Ferrante A. and Francini, A. 2006. Ethylene and leaf senescence, pp. 51-64. *In: Ethylene Action in Plants.* Khan A., N. (Ed.). Springer-Verlag. Heidelberg, Germany.
- Fischer, G. and Lüdders, P. 1997. Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits in relation to the calyx and the leaves. *Agronomía Colombiana* 14(2): 95-107.
- ✓ Fischer, G., Elbert, G. and Lüdders, P. 2000. Provitamin a carotenoids organic acids and ascorbic acid (*Physalis peruviana* L.). *Acta Horticulturae* 531: 263-267.
- Giovannoni, J. 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review Plant Physiology. Plant Molecular Biology.* 52: 725-752.
- Giovannoni, J., J. 2007. Fruit ripening and its manipulation, pp 278-295. *In: Senescence Processes in Plants: Annual Plants Reviews Volume 26.* Gan S. (ed.). Blackwell Publishing Ltd. New York, USA.
- Grimaldo J., O., García V., A y; Peña L., A. 1999. Morfología cromosómica y comportamiento meiótico en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(1): 35-39.
- Harris J., R. 1996. Subcellular biochemistry, ascorbic acid: *Biochemistry and biomedical cell biology.* Vol. 25. New York, USA. 834 p.
- Hulme A., C. 1971. *Biochemicals of fruits and their products.* Vol. 2. Academy Press inc. New York, USA. 763 p.
- Kader A., A. 1992. Postharvest biology and Technology: an overview, pp. 15-20. *In: Postharvest Technology of Horticultural Crops.* Kader A., A. (Ed.) University of California. California, USA.
- Kader A., A. 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops.* University of California. California, USA. 389 p.
- Kader A., A. and Saltveit E., M. 2003. Respiration and Gas Exchange. Chapter 2, pp. 1-23. *In: Postharvest Physiology and pathology of Vegetables.* Bartz A., J. and Brencht K., J. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

- Kader A., A., Singh P., R. and Mannapperuma D., J. 1998. Technologies to extend the refrigerated shelf life of fresh fruits. Chapter 8, pp. 1-53. *In: Food Storage Stability*. Taub A., I. and Singh P., R. (eds.). CRC Press LLC. Florida, USA.
- ✓ Kays S. 1997. Potharvest physiology of perishable plant products. Exon Press. 634 p.
- Kevany, M., B., Tieman, M., D., Taylor, G., M., Cin, D., V. and. Klee, J., H. 2007. Ethylen receptor degradation controls the timing of ripening in tomato fruit. *The Plant Journal* 51: 458-467.
- Kuntz, M., Chen, H., C., Simkin, A., J., Romer, S., Shipton, C., A., Drake, R., Schuch, W. and Bramley, P.M. 1998. Upregulation of two ripening-related genes from climateric plant (pepper) in a transgenic climateric plant (tomato). *The Plant Journal* 13(0): 351-361.
- Lamikandra, O. and Watson, M., A. 2001. Effects of ascorbic acid on peroxidase and polyphenoloxidase activities in fresh-cut cantaloupe melon. *Food Chemistry and Toxicology* 66(9): 1283-1286.
- Lanneta, M., P., P., Van Den Berg, J., Wheatley, E., R., McNicol, J., R. and Davies, V., H. 1999. The role of ethylen and cell wall modifying enzymes in raspberry (*Rubus idaeus*) fruit ripening. *Physiologia Plantarum* 105: 338-347.
- ✓ Laurila E. and Ahvenainen R. 2002. Minimal processing in practice: fresh fruits and vegetables. Chapter 9, pp. 219-238. *In: Minimal processing Technologies in the Food Industry*. Ohlsson T. and Bengtsson N. (Eds.). Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, England.
- Lee, Y. and Villalon, R., L. 1995. Flavonoids and Antioxidan Activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*). *Journal Food of Science* 60: 473-476.
- ✗ Lee, K., S. and Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20(3): 207-220.
- Lincoln T. and Zeiger E. 2002. Ethylene: the gaseous hormone, pp. 519-538. *In: Plant Physiology*. Lincoln T. and Zeiger E. (Eds.). Sinauer Associates. Massachusetts, USA.
- McGregor B. 1987. Tropical Products Transport Handbook. US Dept. Agric. Handbook No. 668. D. C., Washinton. 320 p.
- ✓ Maestrelli A. 2000. Fruit and vegetables: the quality of raw material in relation to freezing, pp 1-29. *In: Managing Frozen Foods*. Kennedy J., C. (ed.). Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, England.

- Magaña B., J. y Colinas, L., M., T. 1997. Manejo poscosecha en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.): efecto de cortes y empaques. Revista Chapingo. Serie Horticultura 3(1): 25-29.
- ✓ Maness N. and Perkins V., P. 2003. Soluble and storage carbohydrates, Chapter 15, pp. 1-22. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Bartz A., J. and Brencht K., J. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- ✓ Martínez R., D., Castillo S. and Valero D. 2004. Quality control in frozen vegetables, pp. 404-413. *In: Handbook of Frozen Foods*. Hui. Y., Cornillon P., Lagarreta G., I., Lim H., Murrel M., D., K. and Nip K., W. (Eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Martínez, R., D., Bailen, G., Serrano, M., Guillén, F., Valverde, J., M., Zapata, P., Castillo, S. and Valero, D. 2007. Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47: 543-560.
- Matto, K. A., Murata, T., Pantastico, Er. B., Chacin, K., Ogata, K. y Phan, C. T. 1979. Cambios químicos durante la maduración y senescencia, pp 129-156 *In: Fisiología de Postrecolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales*. Pantastico E. B. (Ed.). Compañía Editorial Universal, S. A. D. F., México.
- Menzel, Y., M. 1951. The cytotaxonomy and genetics of *Physalis*. *Proceedings American Philosophy Society* 95(29):132-183.
- ✓ Minolta. 1994. Precise color communication. Ed. Minolta Corporation Instrument System Division. New Jersey, USA. 79 p.
- Montes, H. S. 1991. Tomate de cáscara (*Physalis phyladelphica* Lam.). pp. 251-259. *In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México*. Ortega R. P., Hernández G., Gonzales F. C., Hernández V. A. G. y Mendoza M. L. (Eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. D. F. México.
- Mora A., R., Peña L., A., López G., E., Ayala H., J., J. y Ponce A., D. 2005. Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(1): 57-63.
- ✓ Moreira, R., M., del R., Ponce, G., A., del VALLE, C., E., Ansorena, R. and Roura, S., I. 2006. Effects of abusive temperatures on the postharvest quality of lettuce leaves: ascorbic acid loss microbial growth. *Journal of Applied Horticulture* 8(2): 109-113.

- Moriconi D., N., Rush M., C. and Flores H. 1990. Tomatillo: a potential vegetable crop for Louisiana, pp. 407-413. *In: Advances in New Crops: Research, Development, Economic.* Janick J., Simon J. E. (Eds.). Tiber Press. Oregon, USA.
- Nath P., Trivedi P., K., Sane A., V. and Sane, P., A. 2006. Role of ethylene in fruit ripening, pp. 151-176. *In: Ethylene Action in Plants.* Khan A., N. (Ed.). Springer-Verlag. Heidelberg, Germany.
- ✓ Nei, D., Uchino, T., Sakai, N. and Tanaka, S., I. 2005. Effect of high temperatura on the apparent activation energy of respiration of fresh produce. *Postharvest Biology and Technology* 37: 213-22.
- Novoa H., R., Bojaca M., Galvis J., A. and 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* L.). *Agronomía Colombiana* 24(1): 77-86.
- Peiris, K., H., S., Mallon, J., L. and Kays, S. J.; 1997. Respiratory rate and vital heat of some specialty vegetables at various storage temperatures. *HortTechnology* 7: 46-49.
- Peña L., A. y Márquez S., F. 1990. Mejoramiento genético del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15 (71-72): 84-88.
- Peña L., A., Santiaguillo F., J., Montalvo H., D. y 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.
- Pratt, H., K. and Reid, M., S. 1976. The amarillo: fruit growth and maturation, ripening, respiration and the role of ethylene. *Journal Science Food Agricultural* 27: 399-404.
- Quiroz, F., C. 1984. Overview of the genetic and breeding of husk tomato. *HortScience* 19(6): 872-874.
- Rapisarda, P., Blanco, L., M., Pannuzzo, P. and Timparo, N. 2008. Effect of cold five orange genotypes (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Postharvest Biology and Technology* 49: 348-354.
- Reid M., S. 1992. Ethylen in postharvest technology, pp. 97-108. *In: Postharvest Technology of Horticultural Crops.* Kader A., A. (Ed.). University of California. California, USA.

- ✓ Rennie T., J., Vigneault C., DeEll J., R. and Vijaya R., G., S. 2003. Cooling and storage, pp. 505-538. *In: Handbook of Postharvest Technology. Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices.* Chakraverty A., Mujumda A., S., R., Raghavan V., G., S. and Ramaswamy S., H. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Rhode M., J., C. 1980. The maturation and ripening of fruits, pp. 157-205. *In: Senescence in Plants.* Thimann V., K. (ed.). CRC Press. Florida, USA.
- Salisbury, B. F. y Ross C.W. 1994. Fisiología Vegetal. Iberoamericana. D. F., México. 759 p.
- Sanlukhe, D., K. and Desai, B., B. 1984. Postharvest Biotechnology of Fruits. Vol. 2. Ed. CRC Press Inc. Florida, USA. 168 p.
- Santiaguillo H., J., F., López M., A., R., Peña L., A., Cuevas S. y Sahagún C., J. 1994. Distribución, colecta y conservación de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2: 125-129.
- Saray M., C., R. 1977. Tomate de cáscara. Algunos aspectos sobre su fisiología e investigación. Campo Agrícola Experimental, Morelos. CIAMEC-INIA-SARH. Cuautla, México. 67 p.
- Saray M., C., R. y Loya J., L. 1978. El cultivo de tomate de cáscara en el estado de Morelos. ARH, INICAMEC y AEZECA. Cuautla, México. 35 p.
- ✓ SAS. 1998. SAS/STAT users guide: Statics, VER. 6,4 tth ed., vol.1 and 2, SAS institute, Inc. Cary, N. y U.S.A.
- ✓ Saucedo, V., C. 1981. Principios de Preenfriamiento de Frutas y Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 97 p.
- ✓ Shewfelt L., R. 2003. Color. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables.* Chapter 11, pp. 1-10. Bartz A., J. and Brencht K., J. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- ✓ SIAP. 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F.
- Sigala M., T., Ramírez B., C., E. y Peña L., A. 1994. Determinación de azúcares simples y acidez en colectas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 2: 141-143.
- ✓ Smith C., A., Waldron W., K., Maness N. and Perkins V., P. 2003a. Vegetable texture: Measurement and structural implications. Chapter 12, pp.1-33. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables.* Bartz A., J. and Brencht K., J. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

- ✓ Smita T., S., Ramaswamy H., S., Ranganita B. and Vijaya R., G., S. 2003b. Packaging of fruits and vegetable. Chapter 19, pp. 539-554. *In: Handbook of Postharvest Technology. Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices.* Chakraverty A., Mujumda A., S., R., Raghavan V., G., S. and Ramaswamy S., H. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- ✓ Stevens M. A. 1974. Varietal influence on nutritional value. *In: Nutritional Qualities of Fresh Fruits and Vegetables.* Futura Mt. Kisco. New York, USA. 638 p.
- ✓ Szczesniak, A., S. 1963. Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science* 28: 385-389.
- ✓ Szczesniak S., A. 1998. Effect of storage on texture. *In: Food Storage Stability.* Chapter 8, pp. 1-53. Taub A. I. and Singh P., R. (eds.). CRC Press LLC. Florida, USA.
- ✓ Thompson K., A. 2003. *Fruit and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage.* Blackwell Publishing Ltd. New York, USA. 482 p.
- Tigchelaar, E., C., McGlasson, W. B. and Buescher, R., W. 1978. Genetic regulation of tomato fruit ripening. *HortScience* 13: 508-513.
- ✓ Tonoiven, P., M., A. 2004. Postharvest storage procedures and oxidative stress. *HortScience* 39: 938-942.
- ✓ Tonoiven, P., M., A. and Brummell, A., D. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1-14.
- Trinchero, D., G., Sozzl, O., G., Cerri, M., A., Vilella, F. and Fraschina, A., A. 1999. Ripening-related changes in ethylene production, respiration rate and cell-wall enzyme activity in goldenberry (*Physalis peruviana* L.), a solanaceous species. *Postharvest Biology and Technology* 16: 139-145.
- Vicente, R., A., Costa, L., M., Martínez, A., G., Chávez, R., A. and Civello, M., P. 2005. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 38: 213-22.
- Villavicencio, E., L., Blankenship, M., S., Sanders, C., D. and Swallow, H., W. 2001. Ethylene and carbon dioxide concentration in attached fruits of pepper cultivars during ripening. *Scientia Horticulturae* 91: 17-24.
- ✓ Wang, C., Y. 1984. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. *Hortscience* 17(2): 173-181.
- Wang, J. and Sheng, K. 2005. Variations in firmness and sugar content in 'Huanghua' pear (*Pyrus pyrifolia* 'nakai'). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80(3): 307-312.

Cuadro 1A continuación. Análisis de varianza de variables poscosecha evaluadas en frutos de tomate de cáscara.

FV	GL	PP (%)	L	C	AH	GL	F (N)	SST (%)
0 días después de cosecha								
C	1		1.78	1.01	7720.17	1	272.73**	0.15
T	1		0.003	8.42	5382.17	1	28.29	15.70
C*T	1		56.05	36.98	6533.39	1	133.10*	2.06*
Error	36		21.01	15.80	5959.89	56	19.80	0.99
Total	39					59		
Media			41.58	24.15	120.19		19.05	6.33
CV (%)			11.02	16.46	64.23		23.36	6.75
5 días después de cosecha								
C	1	59.17**	1.23	107.55*	13.80	1	8.89	0.27
T	1	127.66**	32.38	16.86	34.76	1	213.95**	13.07**
C*T	1	2.42	1.23	9.38	3.71	1	70.63*	0.03
Error	36	3.28	20.35	16.13	61.65	56	14.76	0.79
Total	39					59		
Media		3.58	38.95	26.56	109.05		15.01	6.09
CV (%)		50.68	11.58	15.12	7.20		25.61	14.58
10 días después de cosecha								
C	1	0.01	67.52	0.01	31.35	1	0.91	2.13
T	1	16.55*	19.09	0.11	5.39	1	6.20*	2.44
C*T	1	3.68	139.84*	55.08	3.66	1	7.52*	1.70
Error	36	2.35	19.86	17.07	31.24	56	1.23	1.13
Total	39					59		
Media		1.91	40.67	29.38	105.81		3.47	6.04
CV (%)		80.39	10.96	14.06	5.28		31.98	17.63
15 días después de cosecha								
C	1	3.51	10.84	55.96	102.89	1	92.50**	0.52
T	1	14.78**	174.31**	204.62**	274.19*	1	132.91**	0.001
C*T	1	6.97*	0.75	18.13	94.03	1	10.00	0.82
Error	36	1.51	13.83	26.87	43.14	56	4.60	0.55
Total	39					59		
Media		1.66	40.83	27.94	106.46		11.22	6.15
CV (%)		73.95	9.11	18.55	6.17		19.12	12.00
20 días después de cosecha								
C	1	46.37**	13.76	4.44	293.01**	1	11.56	0.43
T	1	4.72	227.05**	122.56*	3.32	1	141.50**	20.77**
C*T	1	3.77	135.28**	12.79	144.65*	1	46.36*	0.43
Error	36	4.56	11.95	22.15	24.51	56	9.43	0.91
Total	39					59		
Media		2.01	41.99	27.14	105.21		11.43	5.99
CV (%)		106.39	8.23	17.34	4.71		26.87	15.93
25 días después de cosecha								
C	1	178.84*	142.24*	30.25	471.17*	1	1.91	4.27*
T	1	55.66	74.77	8.25	15.12	1	169.01**	17.07**
C*T	1	50.42	11.16	104.71*	41.49	1	26.00	2.90*
Error	36	30.32	28.27	22.62	67.68	56	6.57	0.70
Total	39					59		
Media		3.27	41.88	28.12	107.21		10.40	5.78
CV (%)		168.58	12.70	16.91	7.67		24.65	14.47

FV: Factor de variación; PP: Pérdida de peso (%); L: brillantez; C: Cromaticidad; AH: Tonalidad; F: Firmeza (N); SST: Sólidos solubles totales (%) C: Cáliz; T: Temperatura; C*T: Interacción cáliz x temperatura; CV: Coeficiente de variación (%). ** significativo al 5 y 1 %, respectivamente.

7. ANEXO

Cuadro 1A. Análisis de varianza de variables poscosecha evaluadas en frutos de tomate de cáscara.

FV	GL	TR ^y (ml kg ⁻¹ h ⁻¹)	PE (μl kg ⁻¹ h ⁻¹)	CT ^y (μg 100 g)	VC (mg 100g)	AT (%)
0 días después de cosecha						
C	1	26.12 ^{*z}	0.00021	0.01410*	0.107	0.102
T	1	1.72	0.00009	0.01047*	0.012	0.111
C*T	1	6.25	0.00016	0.00128	0.012	0.135
Error	8	3.78	0.000099	0.0018	0.04	0.05
Total	11					
Media		9.56	0.006205	0.1127	2.71	1.29
CV (%)		20.33	160.143700	37.5947	6.98	17.68
5 días después de cosecha						
C	1	8.84	0.00299	0.00115*	0.297	0.025
T	1	5.89	0.03995*	0.00028	0.107	0.010
C*T	1	2.95	0.00521	0.00019	0.012	0.036
Error	8	9.62	0.005790	0.0002	0.07	0.02
Total	11					
Media		7.20	0.081384	0.0906	3.15	1.16
CV (%)		43.07	93.498110	15.1844	8.49	11.81
10 días después de cosecha						
C	1	4.96	0.00086	0.00122	0.048	0.041
T	1	22.09*	0.00013	0.00232	0.048	0.000
C*T	1	1.23	0.00006	0.00000	0.190	0.040
Error	8	3.36	0.000843	0.0005	0.07	0.04
Total	11					
Media		7.30	0.015634	0.0738	2.93	1.18
CV (%)		25.11	185.756900	29.7201	9.12	16.82
15 días después de cosecha						
C	1	13.28	0.00155	0.0359**	0.012	0.091
T	1	20.29	0.00515	0.0134*	0.012	0.0001
C*T	1	1.41	0.01758	0.0073	0.107	0.001
Error	8	4.10	0.012779	0.0022	0.11	0.03
Total	11					
Media		6.18	0.104950	0.1254	2.90	1.15
CV (%)		32.79	107.713200	37.1589	11.30	16.23
20 días después de cosecha						
C	1	97.08*	0.00061	0.0255**	0.190	0.005
T	1	1.48	0.00161	0.0236**	0.190	0.195*
C*T	1	0.69	0.00013	0.0344**	0.761	0.064
Error	8	15.01	0.001065	0.0016	0.15	0.02
Total	11					
Media		6.26	0.015436	0.1144	3.05	1.31
CV (%)		61.90	211.441000	35.3820	12.88	11.46
25 días después de cosecha						
C	1	0.46	0.01185**	0.0354	0.048	0.008
T	1	1.45	0.05127**	0.0604	0.428**	0.047
C*T	1	0.07	0.00565*	0.0298	0.190*	0.0001
Error	8	2.16	0.000612	0.0133	0.02	0.02
Total	11					
Media		7.48	0.085182	0.1553	2.93	1.15
CV (%)		19.65	29.040000	74.3820	5.27	11.81

FV: Factor de variación; GL: Grados de libertad; yTR: Tasa de respiración (ml kg⁻¹ h⁻¹); PE: Producción de etileno (μl kg⁻¹ h⁻¹); CT: Clorofila Total (μg 100g); VC: Vitamina C (mg 100g); AT: Acidez titulable (%); C: Cáliz; T: Temperatura; C*T: Interacción cáliz x temperatura; CV: Coeficiente de variación (%).
^z, ** significativo al 5 y 1 %, respectivamente.