

EFFECTO DE EMPAQUES Y TEMPERATURAS EN EL ALMACENAMIENTO DE CHILE MANZANO (*Capsicum pubescens* Ruíz y Pavón)

L.E. Espinosa-Torres^{1*}; M. Pérez-Grajales²; M.T. Martínez-Damián²;
R. Castro-Brindis²; G. Barrios-Puente³.

¹Posgrado en Horticultura, Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. km. 38.5
Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. MÉXICO.
Correo-e: luisespinozatorres@yahoo.com.mx (*Autor responsable)

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. km. 38.5 Carretera México-Texcoco.
Chapingo, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. MÉXICO.

³División de Ciencias Económico-Administrativas. Universidad Autónoma Chapingo. km. 38.5 Carretera
México-Texcoco. Chapingo, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

Se estudió el efecto de tres empaques y tres temperaturas de almacenamiento en frutos de chile manzano variedad Puebla cultivados en invernadero, sobre su calidad y vida de anaquel. Se emplearon 324 frutos en un diseño factorial 3x3 con tres repeticiones; la unidad experimental fue el empaque con tres frutos y se realizaron seis evaluaciones en un periodo de siete semanas después de la cosecha. Los resultados mostraron que el tipo de empaque (charola de unicel más pliofilm y charola rígida plastificada) tuvo efecto positivo sobre la calidad postcosecha de los frutos y que el almacenamiento a bajas temperaturas prolongó la vida de anaquel. La combinación de empaque con película plástica y temperaturas de almacenamiento a 12 y 5 °C mantuvo la calidad de los frutos al retrasar el cambio de color de verde a amarillo y presentar la menor pérdida de peso, firmeza y contenido de ácido cítrico. La concentración de vitamina C en frutos no se vio afectada por el tipo de empaque ni por las bajas temperaturas; sin embargo, se observó que el almacenamiento por más de 30 días provocó pérdidas de hasta un 40 %.

Palabras clave adicionales: Empaque, firmeza, vitamina C, color del fruto, acidez, vida de anaquel.

EFFECT OF PACKAGING AND POSTHARVEST STORAGE TEMPERATURES ON MANZANO HOT PEPPERS (*Capsicum pubescens* Ruíz & Pavón)

ABSTRACT

This study determined the effect of three kinds of packaging and three storage temperatures on "Puebla" variety Manzano hot pepper fruits obtained from plants cultivated under greenhouse conditions. A 3x3 factorial design with three replications on 324 fruits was used; the experimental unit was a package with three fruits. Six evaluations were made during a period of six weeks after harvesting. The results showed that three kinds of packaging (Styrofoam tray with pliofilm and a laminated rigid tray) had a positive effect on the postharvest quality of the fruits, and that storage at low temperatures prolonged shelf life. The combination of plastic film packaging and storage at 12 °C and 5 °C prolonged the quality of the fruits, delaying the change in color from green to yellow and decreasing losses in weight, firmness and citric acid. The vitamin C content of the fruits was not affected by the type of packaging or low temperatures. Nevertheless, it is recommended that the peppers be consumed as soon as possible because after 30 days their values decrease up to 40 %.

Additional key words: Modified atmospheres, firmness, vitamin C, fruit color, titratable acid, shelf life.

INTRODUCCIÓN

El chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruíz y Pavón) es originario de América del sur, de los Andes, y en México se le cultiva particularmente en las zonas altas, se le encuentra de 1,700 a 2,400. En los últimos diez años se ha observado un incremento en la demanda de este producto, lo cual ha motivado el desarrollo de sistemas de producción intensivo en invernadero para incrementar la cantidad y calidad del fruto (Pérez *et al.*, 2004).

Aun cuando se desarrollen nuevas tecnologías que mejoren la calidad de los productos, la manipulación inadecuada, el deterioro, y la falta de conocimiento e inversión en postcosecha, entre otras, hacen que muchos productos no lleguen a su destino final provocando con esto pérdidas económicas graves a los productores, comercializadores y en ocasiones a los consumidores.

El proceso de maduración que ocurre, ya sea en la planta o luego de la recolección, es el resultado de numerosos procesos fisiológicos y bioquímicos los cuales presentan una secuencia de cambios en el color, textura aroma y sabor, conduciendo eventualmente a un estado fisiológico en el cual el fruto es considerado comestible desde el punto de vista comercial (Macrae *et al.*, 1993).

El chile manzano no es la excepción, pues el fruto sufre pérdidas causadas por cambios fisiológicos normales que se intensifican cuando intervienen condiciones que aceleran el proceso natural de deterioro, como temperaturas elevadas, baja humedad atmosférica y daños físicos, los cuales pueden causar sabores desagradables (Wills *et al.*, 1998). Kays y Paul (2004) mencionan que aunque no es posible eliminar las pérdidas postcosecha, estas se pueden reducir si se conoce la naturaleza del producto cosechado y el uso de tecnologías apropiadas para mantener la calidad por más tiempo. Las técnicas postcosecha desarrolladas incluyen la inmersión en agua caliente, coberturas plásticas y tratamientos químicos. El uso combinado de bajas temperaturas y de atmósfera modificada facilita el almacenamiento de frutas y hortalizas, permitiendo mantener la calidad comercial por más tiempo (Monaco *et al.*, 2005). La técnica del envasado en atmósfera modificada (EAM) contempla cuatro componentes básicos: el envase empleado, la mezcla de gases, los materiales de envase y los equipos de envasado; todos ellos condicionados debido a la naturaleza del producto a envasar. La composición normal del aire utilizado en el EAM es de 21 % de oxígeno, 78 % de nitrógeno y menos del 0.1 % de dióxido de carbono. El CO₂ es un gas altamente soluble en agua y con propiedades bacterioestáticas y fungiestáticas, lo que retarda el crecimiento de hongos y bacterias aeróbicas. Por ello, para efectuar el EAM debe seleccionarse una película polimérica con características de permeabilidad adecuadas. Para el caso del chile Manzano existen muy pocas investigaciones sobre su fisiología poscosecha; por lo que se planteó conocer el efecto de algunos tipos de

empaque y envolturas plásticas y de bajas temperaturas sobre las características, físicas, químicas y postcosecha del fruto de chile manzano producido en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon 324 frutos de chile manzano variedad Puebla producidos en plantas cultivadas durante siete meses bajo condiciones de invernadero. Se empleó un sistema de fertirrigación; solución nutritiva balanceada; cubierta de plástico blanco lechoso, al 50 % de sombra; bolsas de polietileno blanco calibre 600; tezontle rojo como sustrato; sistema de nebulización y sistema de tutoreo. Las condiciones promedio en el invernadero fueron: temperatura entre 18 a 22 °C, radiación de 550 $\mu\text{moles} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, y 70 % de humedad relativa. Los frutos seleccionados para el estudio se caracterizaron por estar libres de defectos o daños aparentes, grandes (120 gr cada uno), uniformes en tamaño, de forma cuadrada, con el mismo grado de madurez (72 días después de la polinización) y de color amarillo ($\frac{3}{4}$) - verde ($\frac{1}{4}$). Se lavaron y desinfectaron con el fungicida Benlate® (100 mg·L⁻¹) durante 5 minutos, y se dejaron secar para ser colocados, tres de ellos, en cada uno de los empaques siguientes: charola de unicel sin cubierta, charola de unicel más pliofilm y charola rígida plastificada cerrada, los cuales se colocaron a 20 °C (temperatura ambiente), 12 °C y 5 °C. Se empleó el diseño factorial 3x3 con dos factores (factor temperaturas con tres niveles y factor empaque con tres niveles) y tres repeticiones para las variables: pérdida de peso, acidez titulable y vitamina C, y seis para firmeza y ángulo de matriz (°Hue). La unidad experimental fue el tipo de empaque con tres frutos y las evaluaciones se realizaron cada semana hasta completar siete en un periodo de 49 días después de la cosecha.

La pérdida de peso (%) se determinó cada semana (siete días) con el peso del empaque y de los frutos y se relacionó con el peso al inicio del experimento, para ello se empleó una balanza digital marca Adam®.

La firmeza de los frutos se midió con un texturómetro digital (marca Mecmesin Inc.), equipado con un puntal de 8 mm de diámetro. Los valores obtenidos se presentan como la fuerza en kg necesaria para penetrar el tejido (Bourne, 1980).

Las evaluaciones del color de los frutos de chile manzano se realizaron con un colorímetro mediante el sistema Espacio de Color (Hunter Lab) el cual utiliza las coordenadas L, a y b para localizar en un espacio tridimensional el color del producto.

La acidez titulable (como % de ácido cítrico) se determinó por el método de AOAC (1998) donde 10 gramos de pulpa de frutos por charola se homogenizaron en una licuadora comercial marca Osterizer con 50 ml de agua

destilada. El extracto se filtró y se tomaron alícuotas de 10 ml y se adicionó NaOH 0.01 N hasta lograr la neutralización. El porcentaje de acidez titulable se expresó como % de ácido cítrico.

La concentración de vitamina C se determinó con base en el método del 2, 6 diclorofenol indofenol (AOAC, 1998). Se tomaron tres muestras de 5 gr de pulpa por tratamiento, se homogeneizaron con 50 ml de ácido oxálico. Una alícuota de 5 ml se tituló con la solución de Tillman hasta que el color rosa permaneció visible por un minuto. La cantidad de ácido ascórbico se calculó por referencia con soluciones de ácido ascórbico de concentración conocida y se reportó como $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco.

Los datos de cada variable fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de Tukey ($P\leq 0.05$) con los paquetes estadísticos SAS (Statistical Analysis System Institute Inc.) versión 8.0 y SigmaStat (Versión 3.5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de Peso

En el parámetro de pérdida de peso se observa que bajo condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente, los frutos en charola plastificada tuvieron menos pérdida (11 %) en comparación con los frutos en pliofilm (22 %) y charola unicel (42 %) al final del experimento, siendo estadísticamente diferentes todos entre si durante el presente estudio ($P=0.001$) (Figura 1). Por su parte el almacenamiento bajo 12 °C se comportó de manera similar a la temperatura de exposición a ambiente, en donde el empaque de frutos con priofilm siempre tuvo una menor pérdida de peso (5 %) seguido de charola plastificada (38 %) y finalmente el de mayor pérdida de peso fue charola unicel (48 %) al final del experimento. Por último al evaluar la temperatura de almacenamiento a 5 °C se observó que de igual manera el empaque con priofilm presentó menor pérdida de peso (1.4 %) seguido de charola plastificada (3.7 %) y finalmente la charola unicel (7 %), siendo estadísticamente diferentes los tratamientos ($P=0.001$) lo cual coincide con Rotondo *et al.* (2007) quien encontró que el almacenamiento de *Capsicum annuum* mínimamente procesado a 5 °C presenta menos pérdida de peso y que los frutos conservan sus características físico-químicas. Bajo condiciones de almacenamiento a 12° y 5 °C se prolongó la vida de anaquel de los frutos (1 y 2 semanas más, respectivamente) en comparación con la temperatura ambiente. También, se observó que la temperatura de almacenamiento a 12 y 5 °C ayudan a conservar y prolongar la vida de anaquel, con menor pérdida de peso y firmeza de los frutos, sin causar daños por frío, lo cual coincide con Ben-Yehoshua (1987) y Bourne (1980) quienes indican que a temperaturas relativamente bajas como condición de almacenamiento, el potencial hídrico de los frutos se mantiene por más tiempo.

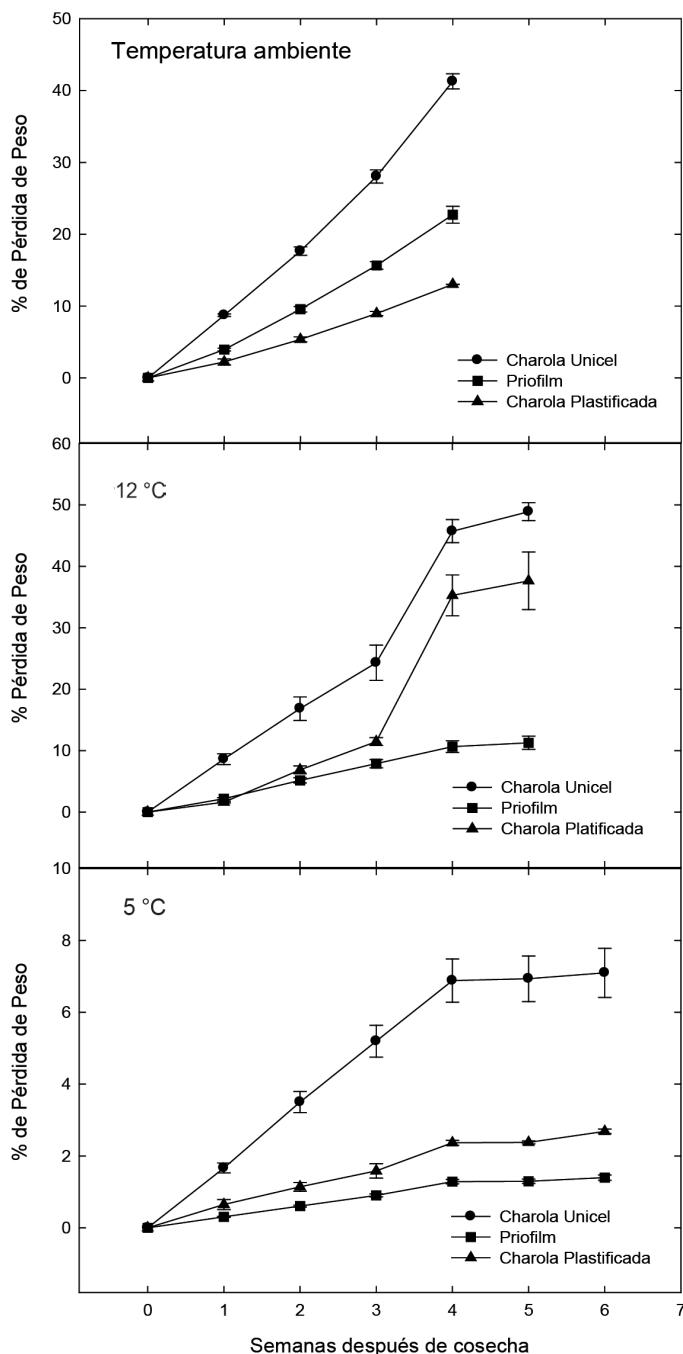


Figura 1. Pérdida de peso en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

Firmeza

La pérdida de firmeza se presentó a la cuarta semana de exposición bajo condiciones de ambiente en los diversos empaques analizados, en donde de manera general no se presentó diferencia entre tratamientos siendo los frutos en charola de unicel (1.8 kg·F⁻¹) los que presentaron una menor pérdida de firmeza seguido de priofilm (2.6 kg·F⁻¹) y charola plastificada (4 kg·F⁻¹) al final de este estudio. Para las condiciones de almacenamiento a 12 °C se comportó de igual manera que la condición anterior con la diferencia que los frutos tuvieron una vida poscosecha de una se-

manía más, en donde al final del experimento de manera general todos los empaques presentaron una pérdida de firmeza con un valor de $5 \text{ kg}\cdot\text{F}^{-1}$ sin encontrar diferencia significativa entre tratamientos ($P=0.87$). Finalmente el almacenamiento a 5°C presentó un vida de anaquel de seis semanas (dos semanas más que bajo ambiente) donde al final del estudio los tratamientos no mostraron diferencias, con un valor promedio de $3.4 \text{ kg}\cdot\text{F}^{-1}$ (Figura 2).

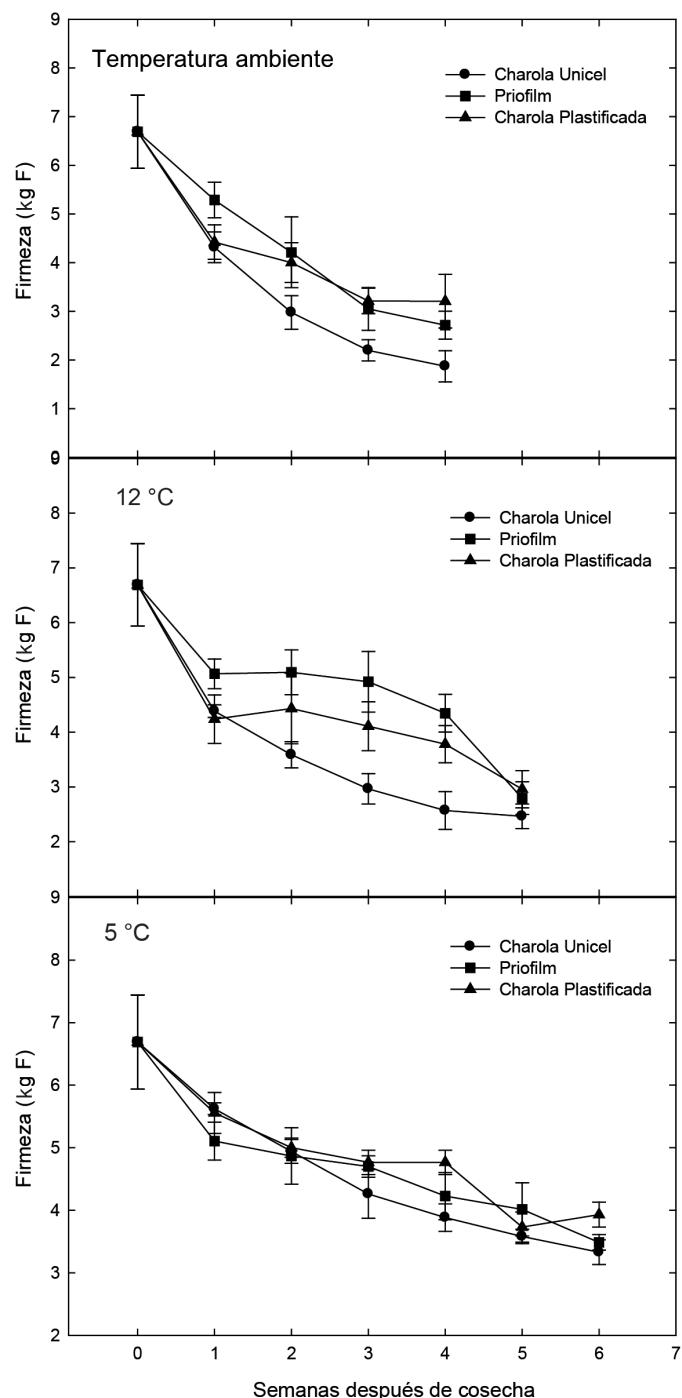


Figura 2. Firmeza en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

Además, de acuerdo con Kehr (2002) el uso de embalaje sellado con películas plásticas es más benefi-

cioso que el almacenaje en frío por sí solo, al retrasar el deterioro fisiológico de la fruta, debido a la modificación de las concentraciones de CO_2 , O_2 , y etileno, y que el mantenimiento de la calidad en pimientos recubiertos con película plástica se debe al aumento de humedad, reducción de O_2 y acumulación de CO_2 dentro de la envoltura. En tanto que el almacenamiento a temperatura ambiente provocó un incremento en la producción de CO_2 y etileno del fruto, y con ello mayor susceptibilidad a enfermedades y permeabilidad de membranas celulares.

Los pimientos almacenados a temperaturas mayores a 7.5°C pierden más agua y se arrugan, mientras que a dicha temperatura pueden alcanzar una vida útil de 3 a 5 semanas. A 5°C se reducen las pérdidas de agua, pero se manifiestan los daños por frío. Diferentes especies o cultivares de las mismas especies pueden exhibir tolerancias variables a las bajas temperaturas. La exposición de un fruto en particular a una temperatura dada fuera del intervalo recomendado usualmente es causa de problemas que conducen a la disminución de la calidad y la vida de almacenamiento, lo cual depende de la duración de la exposición a dicha temperatura (Macrae *et al.*, 1993).

Acidez Titulable

Para las tres condiciones de almacenamiento se puede apreciar que el porcentaje de acidez titulable en frutos empacados de chile manzano va disminuyendo gradualmente hasta que llegan los frutos al final de su vida postcosecha (Figura 3). No se encontraron diferencias significativas dentro de los tratamientos de empaque analizados. Solamente bajo 12°C se encontró que el porcentaje de ácido cítrico a partir de dos semanas después de cosechados los frutos de chile manzano hubo una disminución muy gradual, llegando a tener un valor en promedio de 0.032% de ácido cítrico para la semana seis después de cosecha.

En las tres condiciones de empaque y las tres condiciones de temperatura evaluadas, en el presente estudio, se puede apreciar que el porcentaje de acidez titulable en frutos de chile manzano disminuyó gradualmente hasta el final de su vida postcosecha. Lo anterior coincide con Nunes *et al.* (1995) quienes mencionan que en el fruto de chile, durante el proceso de maduración a senescencia, ocurre una disminución en ácidos orgánicos y fenólicos lo que produce astringencia y acidez, lo cual le proporciona al fruto su sabor característico.

Vitamina C

El comportamiento generado bajo las tres condiciones de almacenamiento estudiados en chile manzano con diferentes empaques fue similar dado que inicia aproximadamente con $2,100 \mu\text{g}$ de vitamina C para posteriormente dar un pequeño incremento en su contenido y finalmente

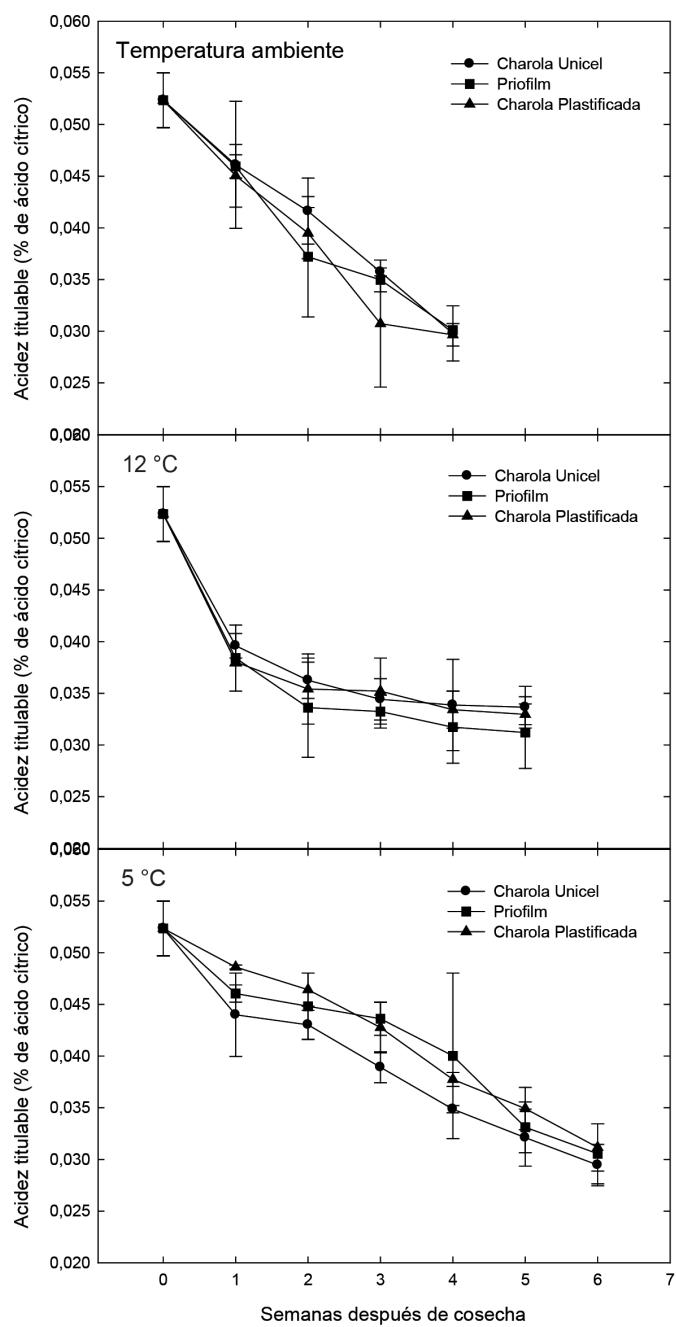


Figura 3. Acidez titulable en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

decrece hasta aproximadamente a 1,600 μg de vitamina C (Figura 4). Entre tratamientos de empaques utilizados no se encontró diferencias significativas. Las concentraciones de vitamina C de los frutos de chile manzano no se vieron afectadas de manera significativa por los empaques y temperaturas evaluadas, lo que coincide con Cruz *et al.* (2007) al mencionar que la síntesis y degradación de la vitamina C no se ve afectada por la temperatura de almacenamiento. No obstante, las concentraciones promedio de vitamina C (2300 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) al inicio de la evaluación de los frutos en la variedad puebla contenía un 32 % más que al final de ella; lo que representa mayor valor nutricional para los consumidores de chile manzano.

Además, los valores de contenido de vitamina C encontrados en la presente investigación son más de dos veces a los hallados por Siller *et. al.* (2005) en chile morrón con 890 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco.

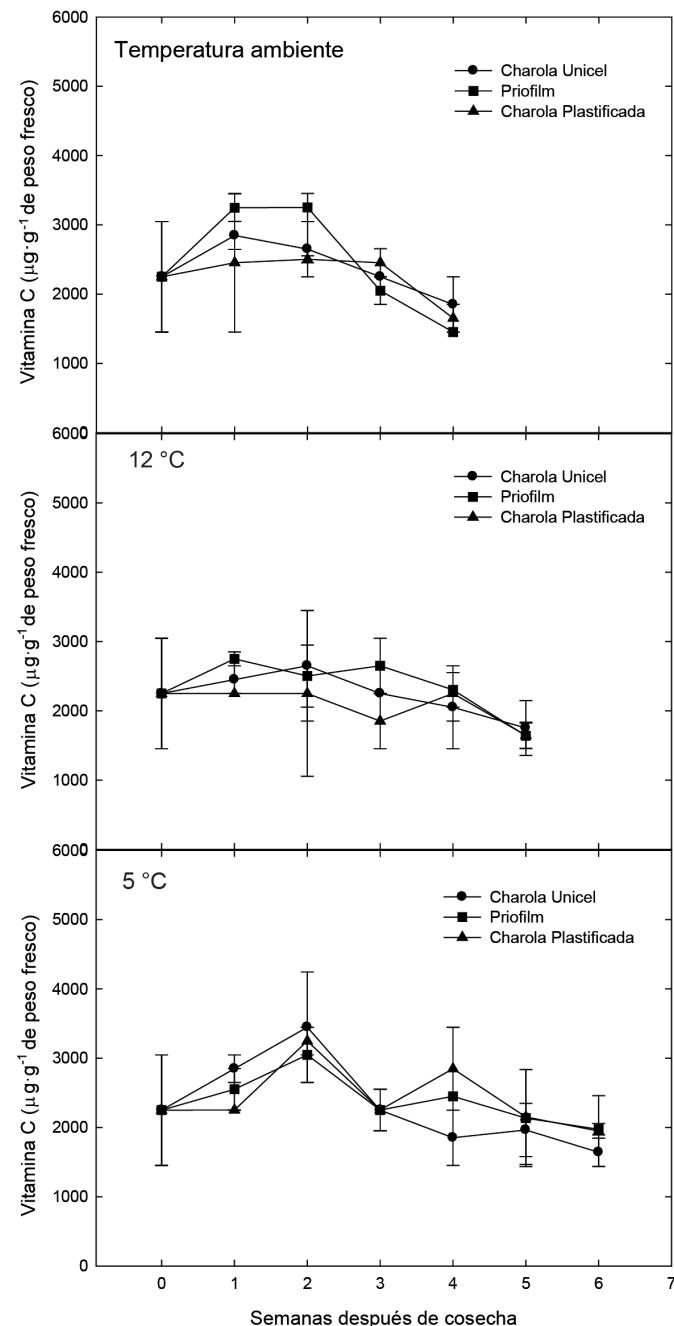


Figura 4. Contenido de vitamina C en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

Ángulo de Matiz ($^{\circ}\text{Hue}$)

Para las condiciones de temperatura ambiente y almacenamiento bajo 12 °C se ve claramente cómo va disminuyendo gradualmente el valor del ángulo de matiz ($^{\circ}\text{Hue}$) sólo que bajo la primera condición no llega totalmente a adquirir una coloración anaranjada, mientras que en la segunda se logra a partir de la semana cinco

después de cosecha, no mostrando diferencias entre los diferentes empaques. Mientras que bajo 5 °C el valor del °Hue se mantiene en promedio constante dada la condición de almacenamiento, sin importar el tipo de empaque usado (Figura 5).

En chile manzano, a temperatura de almacenamiento de 5 °C la actividad de las clorofilas fue menor que a temperatura ambiente por lo que el cambio de color fue más lento (Minolta, 1994) y de acuerdo con Pantástico (1979), durante el proceso de maduración ocurre un cambio de cloroplastos a cromoplastos. Por lo que existe una síntesis

mayor de carotenoides, de tal manera que la tendencia de estos compuestos es a incrementarse. De acuerdo con Méndez (2005) esos incrementos dependen del cultivar, del estado de madurez del fruto, de las condiciones de crecimiento de las plantas y del almacenamiento de los frutos. En chile manzano el tratamiento de postcosecha con charola de unicel más pliofilm y almacenado a 5 °C fue el mejor al retrasar y conservar por más tiempo el color inicial de los frutos. Los frutos almacenados a temperatura ambiente (20 °C) sólo duraron 32 días con calidad aceptable y a 12 °C hasta 40 días, en tanto que a 5 °C conservaron su calidad más allá de los 48 días de evaluación y no se observaron daños por frío ni por hongos fitopatógenos.

CONCLUSIONES

Los empaques de charola de unicel más pliofilm y charola rígida plastificada empleados en el presente estudio tuvieron efecto positivo sobre la calidad postcosecha de los frutos de chile manzano, y el almacenamiento a temperaturas bajas prolongó su vida de anaquel.

La combinación de empaque con película plástica de pliofilm y temperaturas de almacenamiento a 12 y 5 °C prolonga la calidad de los frutos al retrasar el cambio de color de verde-amarillo y al obtenerse las menores pérdidas de peso, de firmeza y de ácido cítrico.

El contenido de vitamina C no se vio afectada por el tipo de empaque o por temperaturas bajas durante el almacenamiento de los frutos, pero se recomienda consumirlos recién cosechados, porque después de seis semanas su contenido disminuye hasta un 40 %.

La mejor condición de almacenamiento para el chile manzano fue a 5 °C combinado con el envase de charola de unicel más Pliofilm.

El fruto de chile manzano presenta una prolongada vida de anaquel a temperaturas de almacenamiento menores a 12 °C, lo cual es importante para evitar pérdidas postcosecha y así tener una alternativa más de comercialización mejorando los ingresos de los productores y comercializadores.

LITERATURA CITADA

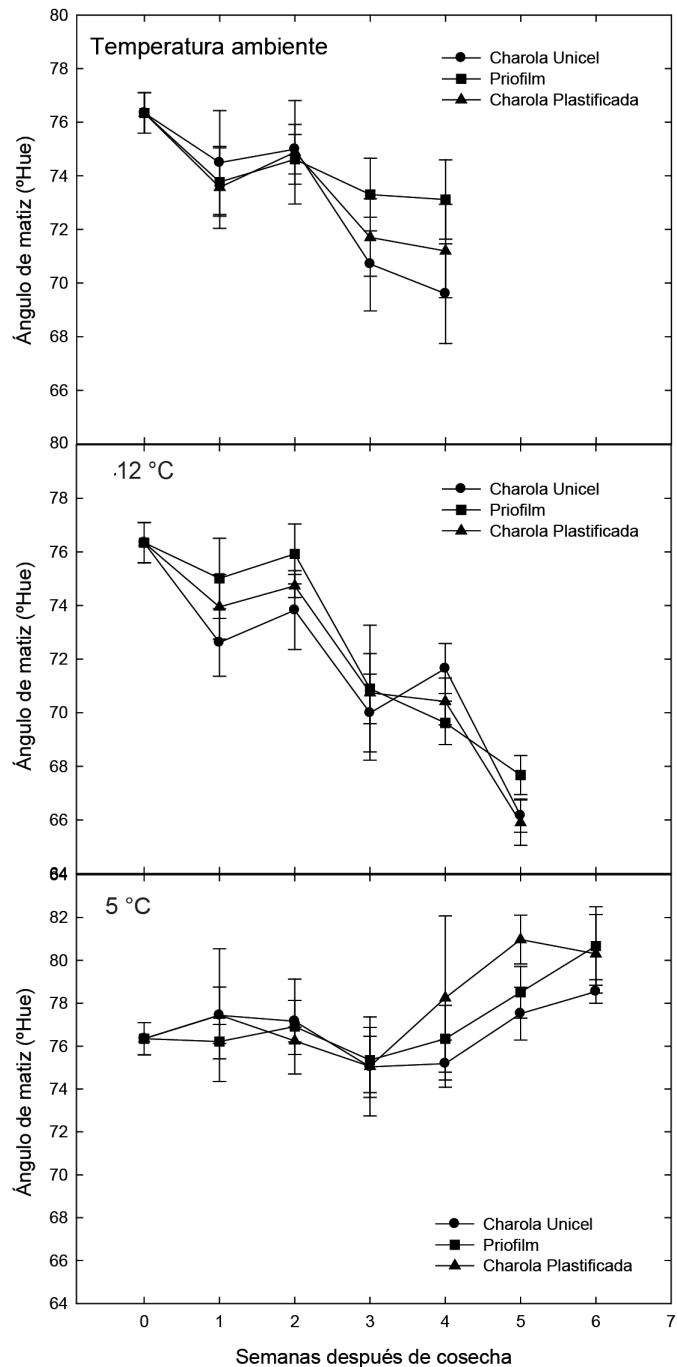


Figura 5. Ángulo de matiz en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis. Association Official Analytical Chemist. Washington D.C.
- BEN-YEHOSHUA, S. 1987. Transpiration, water stress and gas exchange. pp. 113-170. In: Postharvest Physiology of Vegetables. WEICHMAN, J. (ed.) Marcel Dekker Inc. New York. USA.
- BOURNE M., C. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. HortScience 15(1):51-57.
- CRUZ P., A.; GONZÁLEZ, H. V.; SOTO, H. R.; GUTIÉRREZ, E. A.; GARDEA, B. A.; PÉREZ, G. M. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. Revista Agrociencia 41:627-635.

- KAYS, S.J. ; R.E. PAULL. 2004. Postharvest Biology. Exon Press, Athens, GA. E.U.A. 568 p.
- KEHR M., Elizabeth. 2002. Susceptibilidad a daño por enfriamiento en postcosecha de pimiento y tratamientos para disminuir su efecto. Revista Agricultura Técnica. 62(4):509-518.
- MACRAE, R.; ROBINSON, R.K.; SADLER, M.J. 1993. Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition, Academic Press. Londres, R.U. 5365 pp.
- MENDEZ, T. V.; GONZÁLEZ, M. D.; GUTIÉRREZ, M. F. A. 2005. Contenido de carotenoides y color extractable de nuevos cultivares de chile pimiento. Revista Chapingo Serie Horticultura, julio-diciembre, año/vol. 11, número 002.
- MINOLTA. 1994. Caracterización Precisa del Color (Control del color desde la percepción sensorial a la instrumentación). E.537205. Alemania. 1-21 pp.
- MONACO, E.; CHIESA, A.; TRINCHERO, G.; FRASCHINA, A. 2005. Selección de Películas Poliméricas para su empleo con lechuga en Atmosfera Modificada. INTA. Argentina. RIA; 34(1): 59-70.
- NUNES, M. C.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M.; SARGENT, S. A. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. Postharvest Biology and Technology 6(1): 17-28.
- PANTASTICO, B. 1979. Fisiología de la posrecolección. Manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Editorial Continental. México, DF. 663 p.
- PÉREZ G., M.; GONZALEZ, H. V. A.; MENDOZA, C. M. C.; PEÑA, V. C. 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. Revista HortSciente. 129(1):88-92.
- ROTONDO, R.; I. FIRPO; F. DRIONCOVICH; J. FERRATO ; G. POLENTE. 2007. Efecto de la temperatura y distintos envases sobre la calidad de pimiento (*Capsicum annum* L.) sólo o mezclado con cebolla de verdeo (*Allium schoenoprasum* L.) mínimamente procesados. Revista ITEA. 103(2):95-103.
- SILLER C., J.; BÁEZ S., M.; MUÑ-RANGEL, L.; CONTRERAS M., R.; CONTRERAS A., L. 2005. Carotenoids, ascorbic acid and other nutrients on red, yellow and orange bell pepper fruit grown under greenhouse conditions. Proceedings of the Second World Pepper Convention. Zacatecas, Zac., MEXICO. pp. 59-61.
- WILLS, R., B.; MC GLASSON, D.; GRAHAM Y D. JOYCE. 1998. Introducción a la Fisiología y Manipulación Postcosecha de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales. 2^a Edición. Edit. Acribia, S.A. España.