

CONSERVACIÓN POSCOSECHA DE TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) CON Y SIN CÁLIZ

Oscar Cruz-Álvarez; Ma. Teresa Martínez-Damián^{*};
Juan Enrique Rodríguez-Pérez; Ma. Teresa Colinas-León;
Esaú del C. Moreno-Pérez.

Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo,
km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.
Correo-e: teremd@gmail.com (^{*}Autor para correspondencia).

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue observar la influencia del cáliz en la vida poscosecha de frutos de tomate de cáscara bajo diferentes temperaturas de almacenamiento (4 y 20 °C) con presencia y ausencia del cáliz. El diseño experimental fue completamente al azar con estructura factorial 2 x 2. Se determinaron la tasa de respiración, la producción de etileno, la acidez titulable, la pérdida de peso, los sólidos solubles totales, la vitamina C, la firmeza, el color y la clorofila total. Los tratamientos con presencia del cáliz tuvieron el mayor contenido de clorofila total, con valores que fluctuaron de 0.147 a 0.161 $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}$, a los 0 y 20 días después de cosecha (ddc), manteniendo la brillantez, cromaticidad y tonalidad del color sin cambios importantes. Los frutos almacenados a temperatura de 4 °C mantuvieron ($P \leq 0.05$) el comportamiento de la firmeza y los sólidos solubles, en tanto que los frutos con 20 °C presentaron 5 % de pérdida de peso. Asimismo, el contenido de clorofila fue mayor con valores 0.142 y 0.158 $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}$, lo que coincidió con lo observado para los componentes de color. 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 ADICIONALES: *Physalis ixocarpa*, almacenamiento, refrigeración, tasa de respiración, contenido de clorofila.

POSTHARVEST CONSERVATION OF HUSK TOMATO (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex. Horm.) WITH AND WITHOUT CALYX

ABSTRACT

The aim of this work was to observe the influence of calyx on husk tomato postharvest life under different storage temperatures (4 and 20 °C) with or without calyx. The experimental design was a completely randomized design with 2 x 2 factorial experiment. Respiration rate, ethylene production, titratable acidity, loss weight, total soluble solids, vitamin C, firmness, color and chlorophyll content were determined. Treatments with calyx had higher total chlorophyll content with values ranging from 0.147 to 0.161 $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}$, at 0 and 20 days after harvest, maintaining brightness, chromaticity and hue without significant changes. Fruits stored at 4 °C maintained ($P \leq 0.05$) the behavior of firmness and soluble solids; in addition, fruits stored at 20 °C showed 5 % weight loss. Also, chlorophyll content was higher with values of 0.142 and 0.158 $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}$, this coincides with that observed in the color components. Changes manifested in firmness, weight loss, chlorophyll content and color were more related to storage temperatures, than to the presence or absence of calyx.

ADDITIONAL KEYWORDS: *Physalis ixocarpa*, storage, refrigeration, respiration rate, chlorophyll content.

INTRODUCCIÓN

Recientemente se ha observado en algunos centros comerciales de México la distribución de frutos de tomate verde con y sin cáliz. Varios autores mencionan que esta estructura tiene como función principal proteger al fruto contra insectos, pájaros, enfermedades y condiciones climáticas extremas (radiación, cambios bruscos de temperatura, lluvias fuertes y granizadas) (Novoa *et al.*, 2006), además de servir como fuente de carbohidratos en sus primeras etapas de desarrollo y retrasar su maduración (Fischer y Lüdders, 1997). Sin embargo, no se ha señalado el efecto de la presencia o ausencia del cáliz sobre su vida de anaquel. También existen trabajos sobre tópicos que van desde aspectos como citotaxonomía, bioquímica, mejoramiento genético y producción de semilla, entre otros (Menzel, 1951; Santiaguillo *et al.*, 1994; Calyecac *et al.*, 2006). Pocos de estos estudios están enfocados a su fisiología poscosecha (Cantwell *et al.*, 1992; Sigala *et al.*, 1994; Magaña y Colinas, 1997).

Las características de calidad en las diferentes especies, variedades, razas o cultivares de frutas y hortalizas dependen del genotipo, de las condiciones agroclimáticas y de manejo (Shewfelt, 2003; Canet y Álvarez, 2006). Es importante considerar este aspecto, ya que la calidad de estos frutos al ser recolectados no se puede mejorar, pero sí se pueden conservar sus características mediante un manejo apropiado de las condiciones poscosecha (Thompson, 2003; Do Nascimento 2008). Por todo lo anterior, este trabajo tiene como objetivo observar la influencia del cáliz en la vida poscosecha de frutos de tomate de cáscara, bajo diferentes temperaturas de almacenamiento, por medio de la evaluación de algunos cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de tomate de cáscara utilizados fueron de la variedad mejorada "CHF1-Chapingo" (Peña *et al.*, 1997).

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.

Diseño Experimental

Se estudiaron los factores cáliz (presencia, ausencia) y temperatura de almacenamiento (4 y 20 °C), en un diseño de tratamientos factorial 2 x 2 (4 tratamientos). El diseño experimental fue completamente al azar con 3, 10 o 15 repeticiones, de acuerdo con las diferentes variables evaluadas. En la evaluación de producción de etileno y la tasa de respiración la unidad experimental consistió de 10 frutos. Se usaron cinco frutos por unidad experimental para determinar acidez titulable, clorofila total y vitamina C. En

INTRODUCTION

Recently, the distribution of husk tomato fruits with or without calyx has been observed in some supermarkets in Mexico. Several authors mention that the main function of this structure is to protect the fruit from insects, birds, diseases and extreme climate conditions (radiation, extreme temperature changes, strong rains and hailstorms) (Novoa *et al.*, 2006), and to function as carbohydrate source in their early stages of development and to delay ripening (Fischer and Lüdders, 1997). However, the effect of the presence or absence of calyx on shelf life has not been mentioned. There are also studies on topics ranging from subjects such as citotaxonomy, biochemistry, breeding and seed production, among others (Menzel, 1951; Santiaguillo *et al.*, 1994; Calyecac *et al.*, 2006). Few of these studies are focused on physiology postharvest (Cantwell *et al.*, 1992; Sigala *et al.*, 1994; Magaña and Colinas, 1997).

The quality characteristics in the different fruit and vegetable cultivars, species, varieties, breeds depend on the genotype, and the agroclimatic and handling conditions (Shewfelt, 2003; Canet and Álvarez, 2006). It is important to consider this aspect, since the quality of fruits, after been harvested, cannot be improved, however, fruits can retain their characteristics by means of a proper postharvest handling (Thompson, 2003, Do Nascimento and Pierre, 2003). Therefore, the objective of this study is to observe the influence of calyx on husk tomato postharvest life under different storage temperatures, by means of the assessment of some physical, biochemical and physiological changes.

MATERIALS AND METHODS

Husk tomato fruits of the improved variety "CHF1-Chapingo" were used for this study (Peña *et al.*, 1997).

Experiment location

The study of the variables was conducted in the Fruit Physiology and Multipurpose Laboratory of the Department of Plant Science of Universidad Autónoma Chapingo.

Experimental Design

Calyx (presence, absence), and storage temperatures (4 and 20 °C) were evaluated using a 2 x 2 factorial design (4 treatments). The experimental design was complete randomized with 3, 10 and 15 replications, according to the different variables evaluated. The experimental unit consisted of 10 fruits for the assessment of ethylene production and respiration rate. Five fruits per experimental unit were used to determine titratable acidity, total chlorophyll and vitamin C. One fruit per experimental unit was used to determine weight loss, color, firmness and soluble solids. Assessments were conducted during 25 days in a period of five days.

la pérdida de peso, color, firmeza y sólidos solubles se utilizó un fruto por unidad experimental. Las evaluaciones se llevaron a cabo durante 25 días en periodos de cinco días.

Color del fruto

Esta variable se determinó en la parte ecuatorial del fruto con colorímetro Color Tec-PCM (Cole Palmer, USA). Se obtuvieron las dimensiones Hunter iniciales y finales "L", "a" y "b" (Minolta, 1994). Posteriormente se determinaron Cromaticidad= $(a^2+b^2)^{1/2}$, Tonalidad=Ángulo Hue=Arctan($b \cdot a^{-1}$) y Brillantez. Dato directo de "L" Hunter.

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).

Sólidos solubles totales

Fueron 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 y se procedió a tomar la lectura.

Acidez titulable

Se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por la AOAC (Anónimo, 1990), con 10 g de pulpa que fue neutralizada con NaOH 0.1 N. Se utilizó fenolftaleína como indicador. Los resultados se reportaron en % de ácido cítrico.

Clorofila total

Se cuantificó de acuerdo con la técnica propuesta por la AOAC (Anónimo, 1990). Consiste en una extracción con acetona al 80 %, y las lecturas de absorbancia se realizaron con espectrofotómetro UV-VIS modelo Perkin Elmer. Los datos se reportan en $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ PF.

Vitamina C

Se estimó de acuerdo al método de Tillman (Anónimo, 1990), conocido como DFI-2, 6 diclorofenol-indofenol. A partir de 5 g de fruto finamente picado y homogenizado con 50 ml de ácido oxálico, con una alícuota de 10 ml.

Pérdida de peso

Se registró el peso de los frutos cada cinco días, durante 25 días, en los que se utilizó una balanza granataria con aproximación de 0.01 g, se aplicó la fórmula:

$$\text{Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso final}} \times 100$$

Fruit color

This variable is determined at the equatorial part of the fruit using a (Color Tec-PCM®) colorimeter (Cole Palmer, USA). Initial and final Hunter dimensions "L", "a" and "b" were obtained (Minolta, 1994). Then, Chromaticity= $(a^2 + b^2)^{1/2}$, Hue=Hue Angle=Arctan ($b \cdot a^{-1}$) and Brightness were determined. Direct data of "L" Hunter.

Firmness

Calyx was removed from the fruit, and firmness was determined in the equatorial region using a Compac digital penetrometer (Cole Parmer) mounted in a hand press, with cone-shaped tip (0.6 mm height, 0.7 mm diameter). Readings were in Newtons (N).

Total soluble solids

Total soluble solids were quantified using a PAL-1 portable digital refractometer (ATAGO, USA), which uses a scale of 0-53°, placing a drop of fruit juice on the refractometer screen.

Titrateable acidity

Titrateable acidity was determined according to the methodology proposed by the AOAC (Anonymous, 1990), using 10 g pulp, which was neutralized with NaOH 0.1 N. Phenolphthalein was employed as indicator. Results are reported in % of citric acid.

Total chlorophyll

Total chlorophyll was quantified according to the technique proposed by the AOAC (Anonymous, 1990). This technique consists of an extraction with acetone at 80 %. Absorbance readings were performed using a UV-VIS spectrophotometer, Perkin Elmer model. Data was reported in $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ PF.

Vitamin C

Vitamin C was determined according to the method of Tillman (Anonymous, 1990), known as DFI-2, 6- dichlorophenol indophenol. Five g of finely chopped fruit, homonized with 50 ml oxalic acid, with an aliquot of 10 ml.

Weight loss

Fruit weight was recorded every five days, during 25 days, using a beam balance (0.01 g accuracy). The following formula was applied:

$$\text{Weight loss} = \frac{\text{Initial weight} - \text{final weight}}{\text{Final weight}} \times 100$$

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 todos los frutos en estudio. Transcurrido el tiempo, se tomaron 5 ml de aire con una jeringa hipodérmica y se trasladaron a un vacutainer al vacío a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 sílica fundida con base estacionaria de Porapak tipo Q. La temperatura de la columna fue de $80\text{ }^{\circ}\text{C}$; del detector, de $170\text{ }^{\circ}\text{C}$, y del inyector, de $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Como estándar se utilizó etileno (INFRA) $103\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y CO_2 (INFRA) $399\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. El gas de arrastre fue helio con un flujo de $32.3\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ y la cantidad de muestra inyectada fue de 1.0 ml, el cual se tomó con una jeringa hipodérmica.

Análisis estadístico

Se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), en la que se empleó el paquete de análisis estadístico SAS (Anónimo, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factor cáliz

De acuerdo con las comparaciones de medias (Cuadro 1) para el factor cáliz, la presencia de esta estructura provocó un mayor contenido de clorofila total, como se puede observar a los 5, 15 y 20 días después de cosecha (ddc). Esto puede ser debido a la acción protectora de esta estructura en contra de la acción degradativa de la luz sobre la clorofila (Fischer *et al.*, 2000). Por otra parte, esta condición también provocó mayor tonalidad de color (AH) y brillantez (L) al final del estudio, y la cromaticidad fue mayor sólo en el día 5 ddc.

La pérdida de peso fue mayor ($P \leq 0.05$) con la presencia del cáliz a los 5 ddc y en los dos últimos muestreos. Estos resultados se vinculan con la pérdida de agua por transpiración y una baja humedad relativa (Hung *et al.*, 2011), debido a que la presión de vapor del medio ambiente es menor a la que tiene el fruto internamente (Thompson 2003; Ben-Yehoshua y Rodov, 2003). Adicionalmente, la ruptura del cáliz puede favorecer esta pérdida de peso (Cantwell *et al.*, 1992).

La tasa de respiración y el contenido de sólidos solubles totales fueron superiores ($P \leq 0.05$) (Cuadros 1 y 2) en los frutos manejados con la presencia del cáliz, a los 20 y 25 ddc. Los sólidos solubles totales pueden disminuir como consecuencia de su utilización como sustrato en la obtención de energía (Giovannoni, 2001); sin embargo, muchas veces la síntesis de azúcares es mayor que la consumida

Respiration rate and ethylene production

Respiration and ethylene were determined by means of the static method, in which fruits (all study fruits) are placed for one hour in an airtight container of known volume. After that, 5 ml air were taken with a hypodermic syringe and placed in a vacutainer at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, until reading was conducted. Samples were injected into a Varian Star 3400 CX Gas Chromatograph, using a capillary column (45 cm length, 0.32 mm internal diameter, 0.45 mm external diameter and 10 mm film thickness) with a porous layer of fused silica with stationary base of Porapak-Q. Column temperature was $80\text{ }^{\circ}\text{C}$; detector's temperature was $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ and injector's temperature was $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. A total of $103\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ethylene (INFRA) and $399\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{CO}_2$ were used as standard. The carrier gas was helium with a flow of $32.3\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, 1.0 ml was the injected sample amount using a hypodermic syringe.

Statistical Analysis

An analysis of variance was performed, and also a mean comparison using Tukey's test ($P \leq 0.05$), employing the SAS statistical analysis package (Anonymous, 2002).

RESULTS AND DISCUSSION

Calyx factor

According to the mean comparisons (Table 1) for calyx factor, the presence of this structure generated a greater total chlorophyll content, as can be seen at 5, 15 and 20 days after harvest. This may be due to the protective action of this structure against the degradative action of light on chlorophyll (Fischer *et al.*, 2000). On the other hand, this condition also provoked greater hue (HA) and brightness (B) at the end of the study; chromaticity increased only on day 5 after harvest.

The presence of calyx generated greater weight loss ($P \leq 0.05$) at the fifth day after harvest and in the two last surveys. These results are associated with water loss by transpiration and low relative humidity (Hung *et al.*, 2011), because environment vapor pressure is less than the inner pressure of the fruit (Thompson 2003; Ben-Yehoshua y Rodov, 2003). Moreover, calyx rupture may favor this loss of weight (Cantwell *et al.*, 1992).

Respiration rate and total soluble solids content were higher ($P \leq 0.05$) (Tables 1 and 2) in fruits handled with calyx, at 20 and 25 days after harvest. Total soluble solids may decrease due to their use as substrate in energy production (Giovannoni, 2001); however, frequently, sugar synthesis is greater than that consumed in breathing (Rennie *et al.*, 2003), even more if fruit respiration rate is low, as the case of husk tomato (Peiris *et al.*, 1997), which was reflected in the behavior of titratable acidity, showing no changes during storage.

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

TABLE 1. Mean comparisons of main effects on calyx in husk tomato fruits.

Factor Cáliz/ Calyx	CT ^γ /TC ^γ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ PF)	VC (mg ac. ascórbico·100 g ⁻¹)	AT/TA (% ac. cítrico)	F (N)	SST/TSS (%)
0 días después de cosecha/0 days after harvest					
Presencia/Presence	0.078 a	2.61 a	1.20 a	16.82 a	6.50 a
Ausencia/Absence	0.078 a	2.61 a	1.20 a	16.82 a	6.14 a
DMSH/HSD	0.056	0.25	0.30	2.30	0.51
5 días después de cosecha/5 days after harvest					
Presencia/Presence	0.100 a	2.99 a	1.20 a	14.62 a	6.02 a
Ausencia/Absence	0.081 b	3.31 a	1.11 a	15.39 a	6.16 a
DMSH/HSD	0.018	0.35	0.18	1.98	0.46
10 días después de cosecha/10 days after harvest					
Presencia/Presence	0.084 a	2.86 a	1.12 a	3.60 a	5.85 a
Ausencia/Absence	0.064 a	2.99 a	1.24 a	3.35 a	6.23 a
DMSH/HSD	0.029	0.36	0.26	0.57	0.55
15 días después de cosecha/15 days after harvest					
Presencia/Presence	0.071 b	2.86 a	1.24 a	9.98 b	6.06 a
Ausencia/Absence	0.180 a	2.93 a	1.06 a	12.46 a	6.25 a
DMSH/HSD	0.062	0.43	0.25	1.11	0.38
20 días después de cosecha/20 days after harvest					
Presencia/Presence	0.161 a	2.93 a	1.33 a	10.99 a	6.07 a
Ausencia/Absence	0.068 b	3.18 a	1.29 a	11.86 a	5.90 a
DMSH/HSD	0.054	0.52	0.20	1.59	0.49
25 días después de cosecha/25 days after harvest					
Presencia/Presence	0.210 a	2.99 a	1.17 a	10.22 a	6.05 a
Ausencia/Absence	0.101 a	2.86 a	1.12 a	10.58 a	5.51 b
DMS/HSD	0.154	0.20	0.18	1.33	0.43

^γMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^γCT: Clorofila Total ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ PF); VC: Vitamina C (mg ac. ascórbico·100 g⁻¹); AT: Acidez titulable (% ácido cítrico); F: Firmeza (N); SST: Sólidos solubles totales (%)

^γMeans with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$. HSD: Honestly significant difference. ^γTC: Total Chlorophyll ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ PF); VC: Vitamin C (mg ascorbic acid·100 g⁻¹); TA: Titratable acidity (% ácido cítrico); F: Firmness (N); TSS: Total soluble solids (%)

en la respiración (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), lo cual se reflejó en el comportamiento de la acidez titulable, que no mostró cambios durante el almacenamiento.

Con respecto a estos resultados, se ha reportado que el comportamiento fisiológico del género *Physalis* es variable (Cantwell *et al.*, 1992), por el alto grado de mejoramiento genético al que ha sido sometida esta especie en los últimos años (Peiris *et al.*, 1997). En este mismo contexto también se ha observado que la producción de etileno en tomate de cáscara se incrementa durante las etapas tardías de maduración (Cantwell *et al.*, 1992), lo que influyó sobre el cambio del color externo (Kevany *et al.*, 2007). Dicha situación fue encontrada en los dos últimos muestreos en brillantez y tonalidad, donde la presencia del cáliz mostró los valores más altos, y la cromaticidad sólo a los 5 ddc.

With regard to these results, it has been reported that the physiological behavior of the *Physalis* genus is variable (Cantwell *et al.*, 1992), due to the high degree of improvement undergone by this species in the last years (Peiris *et al.*, 1997). In this context, it has also been observed that ethylene production in husk tomato increases during the later stages of maturity (Cantwell *et al.*, 1992), what influenced the change of the external color (Kevany *et al.*, 2007). These situation was observed in the two last samplings (brightness and hue), where the presence of calyx showed higher values, and chromaticity only 5 days after harvest.

Vitamin C data (Table 1) agrees with that reported by Fischer *et al.* (2000) and Moreira *et al.* (2006), who indicate that the content of vitamin C is variable even in the same varieties of fruits and vegetables, where the ripening state is one of the factors that determine the nutritional

CUADRO 2. Comparación de medias de efectos principales sobre el factor cáliz en frutos de tomate de cáscara.**TABLE 2. Mean comparisons of main effects on calyx in husk tomato fruits.**

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

^zMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. 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

^zMeans with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$. HSD: Honestly significant difference. ^yRR: respiration rate (ml·kg⁻¹·h⁻¹); EP: Ethylene production (μl·kg⁻¹·h⁻¹); WL: weight loss (%); B: brightness; C: Chromaticity; HA: Hue

Los datos de vitamina C (Cuadro 1) coinciden con lo reportado por Fischer *et al.* (2000) y Moreira *et al.* (2006), quienes indican que el contenido de vitamina C es variable aun 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 y Kader, 2000), así como las condiciones climáticas y de manejo durante la poscosecha (Lamikandra y Watson, 2001).

Factor temperatura

En términos generales la temperatura de 20 °C afectó ($P \leq 0.05$) el contenido de clorofila total (Cuadro 3) a los 15, 20 y 25 ddc; este comportamiento se asoció a una mayor tasa de degradación de la clorofila, provocada por cambios físicos y químicos implicados en el proceso de maduración de los frutos (Laurila y Ahvenainen, 2002), cuya alteración de color involucró la desnaturalización de la clorofila (Fe-

quality of fruits and vegetables (Lee and Kader, 2000), as well as the climatic conditions and the handling conditions during postharvest (Lamikandra and Watson, 2001).

Temperature factor

In general terms, the temperature 20 °C affected ($P \leq 0.05$) the content of total chlorophyll (Table 3) at 15, 20 and 25 days after harvest; this behavior was associated to a greater chlorophyll degradation rate, provoked by physical and chemical changes during fruit ripening process (Laurila and Ahvenainen, 2002), whose color alteration involved chlorophyll denaturation (Ferrante and Francini, 2006) and the synthesis or expression of various pigments such as carotenoids and anthocyanins, among others (Clydesdale, 1998; Kuntz *et al.*, 1998).

Firmness was always higher ($P \leq 0.05$) in fruits stored at 4 °C (Table 3), which provoked a longer duration of the

CUADRO 3. Comparación de medias de efectos principales sobre el factor temperatura en frutos de tomate de cáscara.

TABLE 3. Comparison of means of main effects on the temperature factor in husk tomato fruits.

Factor Temperatura/ Temperature	CT ^y /TC ^y ($\mu\text{g g}^{-1}$ PF)	VC (mg ac. ascórbico 100 g ⁻¹)	AT (% ac. cítrico)	F (N)	SST/TSS (%)
0 días después de cosecha/0 days after harvest					
4	0.083 a	2.68 a	1.19 a	18.24 a	6.21 a
20	0.083 a	2.68 a	1.19 a	18.24 a	6.21 a
DMSH/HSD	0.056	0.25	0.30	2.30	0.50
5 días después de cosecha/5 days after harvest					
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/HSD	0.095	0.35	0.18	1.99	0.46
10 días después de cosecha/10 days after harvest					
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/HSD	0.029	0.36	0.26	0.57	0.55
15 días después de cosecha/15 days after harvest					
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/HSD	0.062	0.44	0.25	1.10	0.38
20 días después de cosecha/20 days after harvest					
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/25 days after harvest					
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/HSD	0.154	0.21	0.18	1.32	0.43

^yMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^yCT: Clorofila Total ($\mu\text{g g}^{-1}$ PF); VC: Vitamina C (mg ác. ascórbico· 100 g⁻¹); AT: Acidez titulable (% ácido cítrico); F: Firmeza (N); SST: Sólidos solubles totales (%).

^yMeans with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$. HSD: Honestly Significant Difference. ^yTC: Total Chlorophyll ($\mu\text{g g}^{-1}$ PF); VC: Vitamin C (mg ascorbic acid· 100 g⁻¹); TA: Titratable acidity (% citric acid); F: Firmness (N); TSS: Total soluble solids (%).

rrante y Francini, 2006) así como la síntesis o manifestación de diversos pigmentos como carotenoides y antocianinas, entre otros (Clydesdale, 1998; Kuntz *et al.*, 1998).

La firmeza siempre fue mayor ($P \leq 0.05$) en los frutos almacenados a 4 °C (Cuadro 3), lo que permitió una mayor duración de su vida útil (Martínez *et al.*, 2007).

El uso de las bajas temperaturas (4 °C) incrementó la acidez titulable a los 20 ddc y el contenido de sólidos solubles a los 5, 20 y 25 ddc (Cuadro 3). Dichos resultados se atribuyen al efecto de la temperatura en la disminución de la intensidad del proceso respiratorio (Rennie *et al.*, 2003; Do Nascimento, 2000), dado que durante su realización, y la consecuente generación de energía celular, se utilizan como sustratos principales los azúcares contenidos en los órganos de almacén como son frutos, raíces, etcétera (Giovannoni, 2007). No obstante, los valores encontrados en la tasa de respiración fueron bajos (Peiris *et al.*, 1997; Kader y Salveit, 2003).

fruit shelf life (Martínez *et al.*, 2007).

Titratable acidity increased at 20 days after harvest and the content of soluble solids at 5, 20 and 25 days after harvest with lower temperatures (4 °C) (Table 3). These results are attributed to the temperature effect on the reduction of intensity of the respiratory process (Rennie *et al.*, 2003; Do Nascimento and Pierre, 2003), because during its performing, and the subsequent generation of cellular energy, sugars contained in storage organs such as fruits, roots, etc. are used as main substrates (Giovannoni, 2007). However, the values found in the respiration rate were low (Peiris *et al.*, 1997; Kader and Salveit, 2003).

Respiration rate increased at 10 days after harvest by exposing fruits to high temperatures (20 °C). Something similar happened for ethylene production, but this happened in the second and last sampling, this can be related to the conditions generated while storing fruits (Nath *et al.*, 2006) or due to the physical and chemical changes that arise during

CUADRO 4. Comparación de medias de efectos principales sobre el factor temperatura en frutos de tomate de cáscara.

TABLE 4. Mean comparisons of main effects on temperature in husk tomato fruits.

Factor Temperatura/ Temperature	TR ^y /RR ^y (ml·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	PE/EP (μl·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	PP/WL (%)	L/B	C	AH/HA
0 días después de cosecha/0 days after harvest						
4	9.94 a	0.009 a		41.59 a	23.61 a	108.59 a
20	9.94a	0.009 a		41.59 a	23.61 a	108.59 a
DMSH/HSD	2.59	0.013		2.94	2.55	49.51
5 días después de cosecha/5 days after harvest						
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/HSD	4.13	0.101	1.16	2.89	2.57	5.03
10 días después de cosecha/10 days after harvest						
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/HSD	2.44	0.039	0.98	2.86	2.65	3.58
15 días después de cosecha/15 days after harvest						
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/HSD	2.70	0.151	0.79	2.38	3.32	4.21
20 días después de cosecha/20 days after harvest						
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/HSD	5.16	0.044	1.37	2.22	3.02	3.17
25 días después de cosecha/25 days after harvest						
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/HSD	1.96	0.033	3.53	3.41	3.05	5.28

^aMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. 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.

^aMeans with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$. HSD: Honestly Significant Difference. ^yRR: respiration rate (ml·kg⁻¹·h⁻¹); EP: Ethylene production (μl·kg⁻¹·h⁻¹); WL: Weight loss (%); B: Brightness; C: Chromaticity; HA: Hue.

Al exponer los frutos a la alta temperatura (20 °C) aumentó la tasa de respiración a los 10 ddc. Algo similar sucedió en el caso de la producción de etileno, pero en el segundo y último muestreo, lo que en conjunto puede estar relacionado con las condiciones generadas mientras se llevó a cabo el almacenamiento (Nath *et al.*, 2006) o puede deberse a los cambios físicos y químicos que se suscitan durante la maduración de los frutos, en este caso un fruto no climatérico (Cantwell *et al.*, 1992; Giovannoni, 2001; Rennie *et al.*, 2003).

Las condiciones de conservación con 20 °C incrementaron drásticamente la pérdida de peso, pues se detectaron valores significativos a los 5, 10 y 15 ddc (Cuadro 4), lo cual se debe a que, bajo estas circunstancias, los frutos disminuyeron su peso por la deshidratación del cáliz (Montes *et al.*, 1991; Cantwell *et al.*, 1992).

Interacciones

La tasa de respiración y la acidez titulable no presentaron interacción ($P \leq 0.05$) entre los niveles del cáliz y la temperatura (Cuadros 5 y 6). La temperatura de almacenamiento a 4 °C fue la que más afectó la firmeza. Sin embargo, no se lograron detectar valores significativos a los 15

fruit ripening, in this case a non-climacteric fruit (Cantwell *et al.*, 1992; Giovannoni, 2001; Rennie *et al.*, 2003).

Weight loss increased dramatically with storage conditions at 20 °C, since significant values were detected at 5, 10 and 15 days after harvest (Table 4), because under this circumstances, fruits decreased their weight due to calyx dehydration (Montes *et al.*, 1991; Cantwell *et al.*, 1992).

Interactions

Respiration rate and titratable acidity showed no interaction ($P \leq 0.05$) between the levels of calyx and temperature (Tables 5 and 6). Firmness was affected the most by storage temperature at 4 °C. However, no significant values were detected at 15 and 25 days after harvest. That obtained is the result of the direct influence of the temperature on the behavior of fruit turgor pressure and water loss (Giovannoni, 2007). Differences were observed only at day 15 with respect to weight loss, as one can see from the data shown in Table 6. The major influence on this result was the temperature 20 °C, which is linked to excessive skin dehydration, and the effect of waxy cover secreted by calyx glandular tissues on the intensity of the transpiration process (Alvarado *et al.*, 2004). Moreover, fruits with a fully developed calyx have air, allowing them to reduce their specific weight, and

y 25 ddc. 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 (Giovannoni, 2007). Como se observa en los datos que se muestran en el Cuadro 6, referidos a la pérdida de peso, sólo se presentaron diferencias en el día 15. Lo que más incidió en este resultado fue la temperatura de 20 °C, que se vincula con 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). Además, los frutos que tienen un cáliz totalmente desarrollado contienen aire, lo que les permite reducir su peso específico, y consecuentemente disminuye su sensibilidad al daño causado por el manejo (Montes *et al.*, 1991; Trincherro *et al.*, 1999).

Se encontró que los valores de clorofila total en los tratamientos mostraron un comportamiento estadísticamente semejante. Lo observado en el penúltimo día de

consequently decrease the sensitivity to the damage caused by the handling (Montes *et al.*, 1991; Trincherro *et al.*, 1999).

It was observed that total chlorophyll values in treatments showed a similar statistical behavior. What was observed on the second last day of the sampling emphasizes the importance of the use of low temperatures to keep the quality characteristics (Withaker, 2003; Martínez *et al.*, 2004).

Chlorophyll, being the primary color compound (Wills *et al.*, 1998), is the first exposed to degradation by environmental factors such as light and temperature (Novoa *et al.*, 2006). The compounds called secondary or protective compounds start to appear giving a yellowish or reddish color to the fruit (Aked, 2002), which in this cases is consistent with that in hue and chromaticity, with the absence of calyx and at 20 °C; different to that observe in brightness, where no clear effect was observed among treatments.

CUADRO 5. Efecto de la interacción del factor cáliz x temperatura para los tratamientos evaluados en frutos de tomate de cáscara.
TABLE 5. Interaction effect of calyx and temperature for treatments evaluated in husk tomato fruits

TRATAMIENTOS/TREATMENTS		CT/TC ^y (µg·g ⁻¹ PF)	VC (mg ac. ascórbico 100 g ⁻¹)	AT/TA (% ac. cítrico)	F (N)	SST/TSS (%)
CÁLIZ/CALIX	TEMP. (°C)					
5 días después de cosecha/5 days after harvest						
Ausente/Absent	20	0.109 a	2.93 a	1.12 a	11.65 b	5.53 c
Ausente/Absent	4	0.092 a	3.05 a	1.29 a	17.59 a	6.51 ab
Presente/Present	20	0.082 a	3.18 a	1.14 a	14.59 ab	5.71 bc
Presente/Present	4	0.080 a	3.43 a	1.09 a	16.19 a	6.60 a
DMSH/HSD		0.036	0.70	0.36	3.71	0.86
10 días después de cosecha/10 days after harvest						
Ausente/Absent	20	0.070 a	2.80 a	1.17 a	3.63 ab	5.48 a
Ausente/Absent	4	0.098 a	2.93 a	1.07 a	3.56 ab	6.22 a
Presente/Present	20	0.050 a	3.18 a	1.18 a	2.68 b	6.19 a
Presente/Present	4	0.098 a	2.80 a	1.30 a	4.03 a	6.26 a
DMSH/HSD		0.057	0.70	0.52	1.07	1.03
15 días después de cosecha/15 days after harvest						
Ausente/Absent	20	0.080 b	2.80 a	1.06 a	8.90 c	5.95 a
Ausente/Absent	4	0.062 b	2.93 a	1.07 a	11.06 b	6.17 a
Presente/Present	20	0.238 a	3.05 a	1.25 a	10.57 bc	6.37 a
Presente/Present	4	0.122 ab	2.80 a	1.22 a	14.36 a	6.13 a
DMSH/HSD		0.122	0.86	0.49	2.07	0.71
20 días después de cosecha/20 days after harvest						
Ausente/Absent	20	0.063 b	2.80 a	1.13 b	10.33 b	5.40 b
Ausente/Absent	4	0.258 a	3.05 a	1.53 a	11.65 ab	6.75 a
Presente/Present	20	0.078 b	3.56 a	1.24 ab	9.45 b	5.40 b
Presente/Present	4	0.059 b	2.80 a	1.35 ab	14.28 a	6.41 a
DMSH/HSD		0.106	1.03	0.39	2.97	0.92
25 días después de cosecha/25 days after harvest						
Ausente/Absent	20	0.330 a	3.31 a	1.24 a	9.20 bc	5.29 b
Ausente/Absent	4	0.089 a	2.68 b	1.10 a	11.24 ab	6.80 a
Presente/Present	20	0.122 a	2.93 ab	1.18 a	8.24 c	5.20 b
Presente/Present	4	0.080 a	2.80 b	1.06 a	12.91 a	5.83 b
DMSH/HSD		0.302	0.40	0.35	2.48	0.81

^yMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. ^yCT: Clorofila Total (µg·g⁻¹ PF); VC: Vitamina C (mg ac. ascórbico·100 g⁻¹); AT: Acidez titulable (%); F: Firmeza (N); SST: Sólidos Solubles Totales.

^yMeans with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$. HSD: Honestly Significant Difference. ^yRR: respiration rate (ml·kg⁻¹·h⁻¹); EP: Ethylene production (µl·kg⁻¹·h⁻¹); WL: Weight loss (%); B: Brightness; C: Chromaticity; HA: Hue.

CUADRO 6. Efecto de la interacción del factor cáliz x temperatura para los tratamientos evaluados en frutos de tomate de cáscara.

CUADRO 6. Efecto de la interacción del factor cáliz x temperatura para los tratamientos evaluados en frutos de tomate de cáscara.

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

^aMedias con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. 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

^aMeans with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$. LSD: Least Significant Difference. ^yRR: respiration rate (ml·kg⁻¹·h⁻¹); EP: Ethylene production (µl·kg⁻¹·h⁻¹); WL: Weight loss (%); B: Brightness; C: Chromaticity; HA: Hue.

muestreo recalca la importancia que tiene el uso de las bajas temperaturas en el mantenimiento de las características de calidad (Withaker, 2003; Martínez *et al.*, 2004).

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 (Novoa *et al.*, 2006). Los compuestos denominados secundarios o protectores inician su aparición generando colores amarillentos o rojizos (Aked, 2002), que en nuestro caso concuerda con lo ocu-

The storage temperature 20 °C, being an element of environmental stress, stimulated the production of ethylene at the end of the assessment (Ferrante and Francini, 2006), which is recognized as the only way to provoke the synthesis of this hormone in non-climacteric fruits (Ávalos *et al.*, 2006), in which calyx was not a factor that was causing changes in this aspect (Withaker, 2003; Novoa *et al.*, 2006).

Soluble solid content showed differences at the last assessment, where the absences of calyx combined with

rrido 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 entre los tratamientos.

La temperatura de almacenamiento con 20 °C, por ser un elemento de estrés ambiental, estimuló la producción de etileno al final de la evaluación (Ferrante y Francini, 2006), lo que se reconoce como el único modo de provocar la síntesis de esta hormona en frutos no climatéricos (Ávalos *et al.*, 2006), en la que el cáliz no fue un factor que estuviera provocando alteraciones en este aspecto (Withaker, 2003; Novoa *et al.*, 2006).

El contenido de sólidos solubles (Cuadro 5) presentó diferencias en la última evaluación, donde la ausencia del cáliz combinada con una temperatura de 4 °C mostró los valores más altos, lo que se asume se halla relacionado con una disminución en la velocidad del proceso de maduración (Nath *et al.*, 2006). Durante la mayor parte de los muestreos, el contenido de vitamina C no manifestó significancia (Cuadro 5), con excepción de lo encontrado en el día 25, donde 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 bajas temperaturas es el mejor método en la conservación de la vitamina C en los cultivos hortícolas. Sin embargo, este resultado 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), donde el cáliz dejó de hacer sus funciones de protección mecánica y química (Trincherro *et al.*, 1999).

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 el mayor efecto benéfico al disminuir la 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.

LITERATURA CITADA

- AKED, J. 2002. Maintaining the postharvest quality of fruits and vegetables, pp. 119-149. *In: Fruit and Vegetable Processing: Improving Quality.* JONGEN, W. (ed.). Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, England.
- ALVARADO P., A.; BERDUGO, C. A.; 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.
- ANÓNIMO. 1990. Official Methods and Analysis. 14th Ed. Published for the association of Official Analytical Chemists Inc. Arlington, VA., USA. 1006 p.
- ANÓNIMO. 2002. SAS/STAT users guide: Statics, Ver. 9.00. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
- ÁVALOSA, A.; RAMÍREZ C., Y.; GOYTIA J., M. A.; BARRIENTOS P., A. F.; SAUCEDO, V. C. 2006. Etileno en la abscisión del fruto de tres especies del género opuntia. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(1): 127-133.
- BEN-YEHOSHUA, S.; RODOV, V. 2003. Transpiration and water stress, pp. 1-49. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables.* BARTZ, J. A.; BRENCHT, J. K. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- CALYECAC C., H. G.; CIBRIÁN T., J.; SOTO, H. M.; GARCÍA, V. R. 2006. Aislamiento e identificación de volátiles de *Physalis philadelphica* LAM. *Agrociencia* 41(3): 337-346.
- CANET, P. W.; ALVAREZ, T. M. D. 2006. Quality and safety of frozen vegetables, pp. 377-410. *In: Handbook of Frozen Food Processing and Packaging.* SUN, W. D. (ed.). Taylor y Francis Group LLC. Florida, USA.
- CANTWELL, M.; FLORES, M. J.; 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, pp. 1-16. *In: Food Storage Stability.* TAUB, A. I.; SINGH, P.R. (eds). CRC Press, LLC. Florida, USA.
- DO NASCIMENTO, N.M.C. 2008. Color atlas of postharvest: quality of fruits and vegetables. Blackwell Publishing. Singapore City, Singapore. 448 p.
- FERRANTE, A.; 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.; LÜDDERS. P. 1997. Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.)
- a temperature of 4 °C generated the highest values, this is assumed to be related to a decrease in the speed of the ripening process (Nath *et al.*, 2006). During most samplings, vitamin C content did not showed significance (Table 5), with exception of that found on day 25, where the absence of calyx and temperature changed the values of this variable, this agrees with that reported by Lee and Kader (2000), who indicated that the use of low temperatures is the best method to preserve of vitamin c in horticultural crops. However, this result can also be related to the increment of antioxidant activity of vitamin c, as part of the changes that arise in the ripening process (Rapisarda *et al.*, 2008), where calyx stop with the functions of mechanical and chemical protection (Trincherro *et al.*, 1999).

CONCLUSIONS

The presence or absence of calyx was not significant in the physiological behavior of the characteristics of husk tomato fruits, except in chlorophyll content and color.

Fruits stored at 4 °C showed the greatest beneficial effect by decreasing weight loss, respiration rate and ethylene production, and maintaining firmness, chlorophyll content, color and soluble solids without changes.

End of English Version

- fruits in relation to the calyx and the leaves. *Agronomía Colombiana* 14(2): 95-107.
- FISCHER, G.; EBERT, G.; 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*. GAN, S. (ed.). Blackwell Publishing, Ltd. New York, USA.
- HUNG, V. D.; TONG, S.; TANAKA, F.; YASUNAGA, E.; HAMANAKA, D.; HIRUMA, N.; UCHINO, T. 2011. Controlling the weight loss of fresh produce during postharvest storage under a nano-size mist environment. *Journal of Food Engineering* 106: 325-330.
- KADER, A. A.; SALTVEIT, E. M. 2003. Respiration and Gas Exchange, pp. 1-23. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. BARTZ, J. A.; BRENCHT, J. K. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- KEVANY, M. B.; TIEMAN, D. M.; TAYLOR, M. G.; CIN, V. D.; KLEE, H. J. 2007. Ethylene receptor degradation controls the timing of ripening in tomato fruit. *The Plant Journal* 51: 458-467.
- KUNTZ, M.; CHEN, C. H.; SIMKIN, J. A.; ROMER, S.; SHIPTON, A. C.; DRAKE, R.; SCHUCH, W.; BRAMLEY, M. P. 1998. Upregulation of two ripening-related genes from climacteric plant (pepper) in a transgenic climacteric plant (tomato). *The Plant Journal* 13: 351-361.
- LAMIKANDRA, O.; WATSON, A. M. 2001. Effects of ascorbic acid on peroxidase and polyphenoloxidase activities in fresh-cut cantaloupe melon. *Food Chemistry and Toxicology* 66: 1283-1286.
- LAURILA, E.; AHVENAINEN, R. 2002. Minimal processing in practice: fresh fruits and vegetables, pp. 219-238. *In: Minimal Processing Technologies in the Food Industry*. OHLSSON, T.; BENGTTSSON, N. (Eds.). Woodhead Publishing, Ltd. Cambridge, England.
- LEE, K. S.; KADER, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.
- MAGAÑA B., J.; COLINAS L., M. T. 1997. Manejo poscosecha en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.): efecto de cortes y empaques. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 3: 25-29.
- MARTÍNEZ, R. D.; CASTILLO, S.; VALERO, D. 2004. Quality control in frozen vegetables, pp. 404-413. *In: Handbook of Frozen Foods*. HUI, H. Y.; CORNILLON, P.; LAGARRETA, G. I.; LIM, H. M.; MURREL, D. K.; NIP, K. W. (Eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- MARTÍNEZ, R. D.; BAILEN, G.; SERRANO, M.; GUILLÉN, F.; VALVERDE, J.; ZAPATA, P.; CASTILLO, S.; 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.
- MENZEL, M. Y. 1951. The cytotoxicity and genetics of *Physalis*. *Proceedings American Philosophy Society* 95: 132-183.
- MINOLTA. 1994. Precise Color Communication. Minolta Corporation Instrument System Division. New Jersey, USA..
- MONTES H. S. 1991. Tomate de cáscara (*Physalis phyladelphica* Lam.), pp. 251-259. *In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. ORTEGA, P. R.; HERNÁNDEZ, G.; GONZALES, C. F.; HERNÁNDEZ, G. V. A.; MENDOZA, L. M. (Eds.). D. F. México.
- MOREIRA, M. del R.; PONCE, G. A.; DEL VALLE, C. E.; ANSORENA, R.; 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.
- NATH, P.; TRIVEDI, K. P.; SANE, V. A.; SANE, A. P. 2006. Role of ethylene in fruit ripening, pp. 151-176. *In: Ethylene Action in Plants*. KHAN, A. N. (Ed.). Springer-Verlag. Heidelberg, Germany.
- NOVOA, H. R.; BOJACA, M.; GALVIS, J. A.; FISCHER, G. 2006. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana* 24(1): 77-86.
- PEIRIS, K. H. S.; MALLON, J. L.; KAYS, S. J. 1997. Respiratory rate vital heat of some specialty vegetables at various storage temperatures. *HorTechnology* 7: 46-49.
- PEÑAL, A.; SANTIAGUILLO H., J. F.; MONTALVO H., D.; PÉREZ G., M. 1997. Intervalos de cosecha en la variedad CHF1-Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 3(1): 31-38.
- RAPISARDA, P.; BLANCO, L. M.; PANNUZZO, P.; TIMPARO, N. 2008. Effect of cold storage on vitamina C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. *Postharvest Biology and Technology* 49(3): 348-354.
- RENNIE, T. J.; VIGNEAULT, C.; DEELL, J. R.; VIJAYA, R. G. S. 2003. Cooling and storage, pp. 505-538. *In: Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices*. CHAKRAVERTY, A.; MUJUMDA, R. S. A.; RAGHAVAN, S. G. V.; RAMASWAMY, H. S. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- SANTIAGUILLO, H. F.; LÓPEZ, R. M. A.; PEÑA, L. A.; CUEVAS, S. C.; SAHAGÚN, C. J. 1994. Distribución, colecta y conservación de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 1(2): 125-129.
- SHEWFELT, L. R. 2003. Color, pp. 1-10. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. BARTZ, J. A.; BRENCHT, J. K. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- SIGALA M. T.; RAMÍREZ, B. C. E.; PEÑA, L. A. 1994. Determinación de azúcares simples y acidez en colectas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 1(2): 141-143.
- THOMPSON, K. A. 2003. Fruit and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage. Blackwell Publishing, Ltd. New York, USA. 482 p.
- TRINCHERO, D. G.; SOZZI, O. G.; CERRI, M.; VILELLA, F.; 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(2): 139-145.
- WILLS, R.; MCGLASSON, D.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. 1998. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits, Vegetables and Ornamentals*. UNSW Press. New York, USA. 262 p.
- WITHAKER, D. B. 2003. Chemical and physical changes in membranes, pp. 1-32. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. BARTZ, J. A.; BRENCHT, J. K. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.