

## Efecto de una película de hidroxipropilmetil celulosa-parafina en melón Cantaloupe (*Cucumis melo*) almacenado en frío\*

### Effect of a film of hydroxypropyl methylcellulose-paraffin in Cantaloupe melon (*Cucumis melo*) stored in cold

Jorge Armando Meza Velázquez<sup>1,2</sup>, Guadalupe Alanís Guzmán<sup>2</sup>, Carlos Leonel García Díaz<sup>2</sup>, Manuel Fortis Hernández<sup>3</sup>, Pablo Preciado Rangel<sup>3</sup> y Juan Ramón Esparza Rivera<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio, Universidad Juárez del Estado de Durango Avenida Artículo 123 S/N Fraccionamiento Filadelfia C.P. 35010, Gómez Palacio, Durango, México. (jameza20002000@yahoo.com.mx). <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Avenida Universidad s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. (guadalupe.alanis@gmail.com); (carlos.garciadz@uanl.edu.mx). <sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Torreón, Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana. Torreón, Coahuila, México. (mforty05@yahoo.com.mx); (pablopreciado@gmail.com). <sup>5</sup>Autor para correspondencia: jresparza02001@yahoo.com.

#### Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de una película a base de hidroxipropilmetil celulosa y parafina sobre el índice de daños por frío (IDF), pérdida de peso, actividad enzimática de la lipasa y composición de la atmósfera interna del fruto en melón Cantaloupe (*Cucumis melo*). Los frutos de melón enteros cubiertos [PEL], y no cubiertos [control] fueron almacenados a 8 °C (80% HR) por 20 días, y evaluados a los 0, 4, 8, 12, 16 y 20 días de almacenamiento. Los melones PEL tuvieron menor índice de daños por frío (IDF= 1.25), y mayor concentración de CO<sub>2</sub> (5.1-11.8 %) y etileno (45.0-200.0 ppm) en el espacio interno del fruto que los melones no cubiertos ( $p < 0.05$ ) durante el almacenamiento a 8 °C. Los resultados señalan que la aplicación de la cubierta de hidroxipropilmetil celulosa-parafina reduce 50% los daños por frío en melón Cantaloupe entero mínimamente procesado almacenado en refrigeración por 20 días, contribuyendo a la conservación de la calidad de este fruto.

**Palabras claves:** *Cucumis melo*, celulosa daños por frío, hidroxipropilmetil película.

#### Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of a film based on hydroxypropylmethyl cellulose (HPMC) and paraffin on chilling injury index (IDF), weight loss, the lipase enzyme activity and composition of the internal atmosphere in Cantaloupe melon (*Cucumis melo*). The whole melon covered [PEL], and not covered [control] were stored at 8 °C (80% RH) for 20 days, and evaluated at 0, 4, 8, 12, 16 and 20 days of storage. PEL melons had less chilling injury index (IDF= 1.25), and higher concentrations of CO<sub>2</sub> (5.1-11.8%) and ethylene (45.0-200.0 ppm) in the internal space of the fruit than the not covered melons ( $p < 0.05$ ) during storage at 8 °C. The results indicate that the application of a cover of HPMC-paraffine reduces 50% chilling injury in whole melon minimally processed stored in refrigeration for 20 days, contributing to the preservation of fruit quality.

**Key words:** *Cucumis melo*, cellulose, chilling injury, hydroxypropylmethyl film.

## Introducción

El melón Cantaloupe (*Cucumis melo*) es un fruto de limitada vida de anaquel (máximo de 15 días bajo almacenamiento a 5 °C) (Bachmann y Earles, 2000), el cual es comercializado principalmente como producto mínimamente procesado (lavado, sin remoción de cáscara y no empacado). Además, esta variedad de melón no es tolerante a procesos térmicos de conservación de alimentos tales como el escaldado, cocimiento o congelación. Asimismo, la refrigeración (almacenamiento del producto a temperaturas cercanas a la congelación) es un método de conservación utilizado para mantener la calidad sensorial del melón Cantaloupe, debido a que las bajas temperaturas reducen el ritmo respiratorio, deshidratación, actividad enzimática, maduración y envejecimiento del producto (Ferreira *et al.*, 1994; Karel y Lund, 2003). Sin embargo, la refrigeración del melón Cantaloupe presenta algunas desventajas incluyendo el desarrollo de daños por frío, lo cual afecta la calidad visual del producto debido a la aparición de manchas oscuras en la cáscara de la fruta (Flores *et al.*, 2004; Lurie y Crisosto, 2005; Mangaranis *et al.*, 2008). Además, durante el almacenamiento del melón bajo refrigeración se presenta deshidratación (Artés y Artés-Hernández, 2003; Lurie y Crisosto, 2005), así como cambios tanto en la actividad hidrolítica de enzimas como la lipasa (Lamikanra y Watson, 2004), como en la concentración de dióxido de carbono y etileno en el espacio interno del fruto (Paul y Pandey, 2012). Estos procesos y cambios contribuyen al deterioro de la calidad sensorial del fruto, por lo cual es requerida la evaluación de métodos alternativos de conservación del melón Cantaloupe mínimamente procesado.

Se han propuesto diferentes métodos para retardar la maduración durante el almacenamiento de productos vegetales, incluyendo la aplicación de películas o cubiertas. Una película o cubierta es una capa delgada de material aplicada sobre la superficie de un alimento, o sobre componentes alimenticios de un producto (Gordon, 1986). Los materiales usados en la formulación de cubiertas o películas consisten principalmente en polisacáridos, como la celulosa y sus derivados incluyendo la hidroxipropilmetil celulosa (Ayranci *et al.*, 1997), proteínas y lípidos tales como triglicéridos, ceras y parafinas (Rhim y Shellhammer, 2005; Sohail *et al.*, 2006; Dogan y McHugh, 2007), los cuales pudieran ser combinados para obtener películas compuestas (Han y Gennadios, 2005; Hernández-Izquierdo y Krochta, 2008). Las películas compuestas generalmente

## Introduction

Cantaloupe melon (*Cucumis melo*) is a fruit of limited shelf life (up to 15 days under storage at 5 °C) (Bachmann and Earles, 2000), which is marketed primarily as minimally processed product (washing, without removal of skin and not packed). Moreover, this variety of melon is not tolerant to thermal processes for food preservation such as blanching, cooking or freezing. Similarly, the cooling (storage at temperatures close to freezing) is a preservation method used to maintain the sensory quality of melon, due to the low temperatures reduces respiration, dehydration, enzymatic activity, maturation and aging rate of the product (Ferreira *et al.* 1994; Karel and Lund, 2003). However, the cooling of melons has some disadvantages including the development of chilling injury, which affects the visual quality of the product due to the appearance of dark spots on the skin of the fruit (Flores *et al.*, 2004, Lurie and Crisosto, 2005; Mangaranis *et al.*, 2008). In addition, during storage of cantaloupe under refrigeration presents dehydration (Artes and Artes-Hernández, 2003; Lurie and Crisosto, 2005), and changes in both the hydrolytic activity of enzymes such as lipase (Lamikanra and Watson, 2004), as in the concentration of carbon dioxide and ethylene in the internal space of the fruit (Paul and Pandey, 2012). These processes and changes contribute to the deterioration of the sensory quality of the fruit, so is necessary an evaluation of alternative methods of preservation for Cantaloupe melon minimally processed.

Different methods have been proposed to delay the maturation during storage of vegetable products, including the application of films or covers. A film or cover is a thin layer of material applied to the surface of a food, or on food components of a product (Gordon, 1986). The materials used in the formulation of covers or films consist mainly of polysaccharides, such as cellulose and its derivatives including hydroxypropyl cellulose (Ayranci *et al.*, 1997), proteins and lipids such as triglycerides, waxes and paraffins (Rhim and Shellhammer, 2005; Sohail *et al.*, 2006; Dogan and McHugh, 2007), which could be combined to obtain composite films (Han and Gennadios, 2005, Hernández-Izquierdo and Krochta, 2008). Composite films are generally formulated as bilayer polysaccharides and lipids, emulsions (Han *et al.* 2006; Maftoonazad *et al.*, 2007), as well as combinations of proteins and lipids (Sohail *et al.* 2006; Fabra *et al.*, 2008).

son formuladas en forma de bicapa de polisacáridos y lípidos, emulsiones (Han *et al.*, 2006; Maftoonazad *et al.*, 2007), y también como combinaciones de proteínas y lípidos (Sohail *et al.*, 2006; Fabra *et al.*, 2008).

Dentro de las ventajas de las películas formuladas con polisacáridos y proteínas destacan sus excelentes propiedades como barrera a los gases (dióxido de carbono, etileno y oxígeno), aunque su naturaleza hidrofílica limita su capacidad de impermeabilidad. Por otro lado, las películas elaboradas con lípidos actúan efectivamente como barreras contra la humedad debido a su baja polaridad y naturaleza hidrofóbica (Talens y Krochta, 2005).

La aplicación de películas sobre la superficie de los vegetales provee una barrera a la humedad y los gases, lo cual generalmente resulta en una disminución de la deshidratación y ritmo respiratorio del producto (Krochta y De Mulder-Johnston, 1997; Vigneault *et al.*, 2000; Pérez-Gago *et al.*, 2002). Además, algunas cubiertas aplicadas en vegetales han comprobado su eficacia no solo para disminuir la actividad metabólica del producto, sino también para conservar su calidad sensorial durante el almacenamiento a bajas temperaturas.

Los objetivos del estudio fueron evaluar el efecto de una película de hidroxipropilmetil celulosa-parafina sobre daños por frío, pérdida de peso, actividad enzimática de la lipasa, y composición de la atmósfera interna del fruto en melón Cantaloupe refrigerado por 20 días.

## Materiales y métodos

**Muestras experimentales.** Se utilizaron frutos de melón Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) recolectados en Ceballos, Durango en etapa pre climatérica (25 a 27 días después de polinización) de acuerdo con el método publicado por Nishiyama *et al.* (2007), siendo seleccionados frutos en estado de madurez  $\frac{3}{4}$  desprendido (Beaulieu *et al.*, 2004), de tamaño y dimensiones similares (frutos de 1.2 a 1.5 kg libres de daños físicos). Los melones enteros fueron lavados con agua potable (para remoción de suciedad y tierra), sumergidos en una solución de hipoclorito de sodio (200 ppm) por 2 min, y luego secados para la aplicación de la cubierta o película dentro de las 4 h posteriores a la recolección.

Among the advantages of the films formulated with polysaccharides and proteins include their excellent properties as barrier to gases (carbon dioxide, ethylene and oxygen), although their hydrophilic nature limits their ability of impermeability. On the other hand, the films made with lipids effectively act as moisture barriers due to its low polarity and hydrophobic nature (Talens and Krochta, 2005). The application of films on the surface of vegetables provides a barrier to moisture and gases, which usually results in a decrease of dehydration and respiration rate of the product (Krochta and De Mulder-Johnston, 1997; Vigneault *et al.* 2000; Pérez-Gago *et al.*, 2002). Also, some covers applied in vegetables have proven their effectiveness, not only to decrease the metabolic activity of the product, but also to preserve the sensory quality during storage at low temperatures.

The study objectives were to evaluate the effect of a film of hydroxyl propylmethyl cellulose-paraffin on chilling injury, weight loss, lipase enzyme activity, and composition of the internal atmosphere in Cantaloupe melon refrigerated for 20 days.

## Material and methods

**Experimental samples.** Cantaloupe melon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) was used, collected in Ceballos, Durango in pre-climacteric stage (25 to 27 days after pollination) according to the method published by Nishiyama *et al.* (2007), being selected fruits at maturity  $\frac{3}{4}$  slip (Beaulieu *et al.*, 2004), similar in size and dimensions (fruits of 1.2 to 1.5 kg free of physical damage). Whole melons were washed with water (for dust and dirt removal), immersed in a solution of sodium hypochlorite (200 ppm) for 2 min, and then dried for application of a cover or film within 4 h after harvesting.

**Materials and reagents.** Reagents sodium metabisulfite, potassium sorbate, propylene glycol monostearate, methyl D-polygalacturonic acid, ammonium sulfate, Tris, ammonium sulfate, p-nitrophenyl laurate, sodium dodecyl sulfate, Triton X-100, bromothymol blue, and CO<sub>2</sub> and ethylene standards were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MI, USA). It was used reagent grade paraffin (Analitika, Mexico), and hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) was donated by Colorcon (Mexico).

**Materiales y reactivos.** Los reactivos metabisulfito de sodio, sorbato de potasio, monoestearato de propilenglicol, D-metilo de ácido poligalacturónico, sulfato de amonio, tris, sulfato de amonio, laurato de p-nitrofenilo, dodecil sulfato de sodio, Triton X-100, azul de bromotimol, y estándares de CO<sub>2</sub> y etileno fueron adquiridos de Sigma-Aldrich (St. Louis, MI, EUA). Se empleó parafina grado reactivo (Analítika, México), y la hidroxipropilmetil celulosa (HPMC) fue donada por Colorcon (México).

**Preparación de la película HPMC-parafina.** La película fue preparada usando una modificación del método publicado por Cisneros-Zevallos y Krochta (2003). Se solubilizó primeramente la HPMC (2.5%) en agua destilada caliente (90 °C), enfriando después la mezcla a 10 °C. La solución de HPMC luego fue calentada a 80 °C, y se le añadió monoestearato de propilenglicol (0.25%), aceite de maíz (0.2%), metabisulfito de sodio (0.025%), y sorbato de potasio (0.1% p/v). Finalmente fue añadida la parafina (25%) a la solución caliente, agitando con un homogeneizador Ultraturrey T18 (IKA® Works, Inc, Wilmington, EUA) a 15000 rpm durante 10 min. La emulsión formada fue enfriada a 7 °C y almacenada a esta temperatura hasta su aplicación (no más de 48 h después de su elaboración). La formulación de la cubierta y grosor de la película aplicada fueron determinados en pruebas preliminares con la finalidad que la película fuera maleable y adherible al producto, además que tuviera permeabilidad a la humedad así como estabilidad en las condiciones de almacenamiento del estudio.

**Tratamientos.** Los frutos de melón lavados fueron distribuidos al azar en dos tratamientos: control (no cubiertos), y PEL (cubiertos con la película de HPMC-parafina), con 23 frutos enteros de melón por tratamiento. La cubierta fue aplicada uniformemente sobre la superficie total de los frutos de melón (grosor de la película= 0.063 a 0.122 mm) usando una modificación del método publicado por Conforti y Zinck (2002), y luego los frutos cubiertos fueron expuestos a una corriente de aire (9 a 10 m/s) a 20 °C durante 40 a 50 min para secar la película aplicada. Las muestras de frutos enteros (control y cubiertos con película) fueron almacenadas en frío (8±2 °C y humedad relativa de 80±4 %) por 20 días. Las variables evaluadas fueron: índice de daños por frío, pérdida de peso, actividad enzimática de la lipasa, y composición de atmósfera interna del fruto (concentración de CO<sub>2</sub> y etileno en el espacio interno del fruto de melón). Se realizaron ocho repeticiones de los tratamientos (n= 23 frutos enteros por tratamiento en cada repetición). Los frutos

**Preparation of the film HPMC-paraffin.** The film was prepared using a modification of the method published by Cisneros-Zevallos and Krochta (2003). First solubilized the HPMC (2.5%) in hot distilled water (90 °C), then cooling the mixture to 10 °C. The HPMC solution was then heated to 80 °C, and was added propylene glycol monostearate (0.25%), corn oil (0.2%), sodium metabisulfite (0.025%) and potassium sorbate (0.1%). Finally paraffin was added (25%) to the hot solution, stirred with a homogenizer Ultraturrey T18 (IKA® Works, Inc., Wilmington, USA) at 15000 rpm for 10 min. The emulsion formed was cooled to 7 °C and stored at this temperature until application (no more than 48 hours after their preparation). The formulation of the cover and thickness of the applied film were determined in preliminary tests in order that the film was pliable and adhereable to the product, in addition to having moisture permeability and stability at storage conditions of the study.

**Treatments.** The washed fruits of melon were randomized into two treatments: control (not covered) and PEL (covered with film of HPMC-paraffin), with 23 whole muskmelon per treatment. The cover was applied evenly over the whole surface of melon (film thickness= 0.063 to 0.122 mm) using a modification of the method published by Conforti and Zinck (2002), and then the covered fruits were exposed to a stream of air (9 to 10 m/s) at 20 °C for 40 to 50 min to dry the applied film. Whole fruit samples (control and covered with film) were stored in cold (8±2 °C and relative humidity of 80±4%) for 20 days. The variables evaluated were: chilling injury index, weight loss, lipase enzyme activity, and composition internal atmosphere of the fruit (CO<sub>2</sub> and ethylene concentration in the internal space of the fruit). There were eight replicates of the treatments (n= 23 fruits per treatment in each replicate). The melons were evaluated at 0, 4, 8, 12, 16 and 20 days of storage. The intervals for evaluation of the fruits were determined in preliminary tests.

## Laboratory tests

### Chilling injury index (IDF)

The IDF determination was performed using a scale with values from 0-4 proposed by García-Sahagún *et al.* (2005), where 0= fruit with no damage, 1= slight damage (10% or less of the fruit surface damaged), 2= moderate damage (10-15% of the surface), 3= regular damage (15-25 % of the surface damaged, unfit for product marketing), and 4= severe damage (more than 25% of the fruit surface damaged). The evaluation was conducted in four melons per treatment. IDF calculation was obtained by using the formula 1:

de melón fueron evaluados a los 0, 4, 8, 12, 16 y 20 días de almacenamiento. Los intervalos para evaluación de los frutos fueron determinados en pruebas preliminares.

## Pruebas analíticas

### Índice de daños por frío (IDF)

La determinación del IDF se realizó utilizando la escala de valores de 0 a 4 propuesta por García-Sahagún *et al.* (2005), donde 0= fruto sin daño; 1= daño ligero (10% o menos de la superficie del fruto dañada); 2= daño moderado (10 a 15% de la superficie); 3= daño regular (15 a 25% de la superficie dañada, producto no apto para comercialización); y 4= daño severo (más de 25% de la superficie del fruto dañado). La evaluación fue realizada en cuatro frutos de melón por tratamiento. El cálculo del IDF fue obtenido usando la fórmula 1:

$$\text{IDF} = [(n)0 + (n)1 + (n)2 + (n)3 + (n)4] / N \dots\dots\dots (\text{Fórmula 1})$$

Donde: n = número de frutos dañados; y N= número de frutos por tratamiento.

### Pérdida de peso

El peso de los frutos enteros de melón fue obtenido utilizando una balanza granataria digital Ohaus (Ohaus de México, México), y se pesaron cinco frutos de melón por tratamiento para cada tiempo de almacenamiento establecido.

### Obtención del extracto para medición de actividad enzimática

La obtención del extracto enzimático fue realizada mediante una modificación del método descrito por Lamikanra y Watson (2004). Fueron mezclados 40 g de pulpa de melón con 80 mL de buffer Tris (pH 7.8, 0.05 M) y homogenizados en una mezcladora por 2 min. La mezcla fue luego centrifugada a 4 800 x g a 4 °C durante 30 min, y el sobrenadante fue mezclado con sulfato de amonio hasta alcanzar una concentración de 60%. Después, la solución fue mantenida en congelación (a -18 °C) por 1 h, y luego fue centrifugada a 4 800 x g a 4 °C por 1 h, desechando el sobrenadante. El residuo fue mezclado con 4 mL de Tris por 1 min, centrifugando la mezcla a 4 800 x g a 4 °C por 1.5 h, y el sobrenadante fue recuperado y utilizado como el extracto enzimático para la prueba de medición de la actividad de la lipasa. La muestra para la obtención del extracto fue obtenida de la mezcla de pulpa de dos frutos de melón en cada tiempo de almacenamiento.

$$\text{IDF} = [(n)0 + (n)1 + (n)2 + (n)3 + (n)4] / N \dots\dots\dots (\text{Formula 1})$$

Where: n= number of fruits damaged; and N= number of fruits per treatment.

### Weight loss

The weight of the whole fruit of cantaloupe melon was obtained using a Ohaus digital scale (Ohaus, Mexico), and weighed five muskmelons per treatment for each time of storage.

### Extract obtention to measure enzymatic activity

Obtaining the enzyme extract was performed by a modification of the method described by Lamikanra and Watson (2004). 40 g of melon pulp were mixed with 80 mL of Tris buffer (pH 7.8, 0.05 M) and homogenized in a blender for 2 minutes. Then the mixture was centrifuged at 4 800 x g at 4 °C for 30 min, and the supernatant was mixed with ammonium sulfate to a concentration of 60%. The solution was maintained frozen (-18 °C) for 1 h, and then was centrifuged at 4 800 x g at 4 °C for 1 h, discarding the supernatant. The residue was mixed with 4 mL of Tris for 1 min, centrifuging the mixture at 4 800 x g at 4 °C for 1.5 h, and the supernatant was recovered and used as the enzyme extract for the measuring test of lipase activity. The sample to obtain the extract was obtained from the pulp mixture of two melons in each storage time.

### Measurement of lipase enzyme activity

The enzymatic activity of lipase was determined by a modification of the method published by Lamikanra and Watson (2004), using p-nitrophenyl laurate (p-NPL) as substrate. The substrate of p-NPL was prepared by mixing 0.0135 g of p-NPL with 0.017 g of sodium dodecyl sulfate in 100 mL of Triton x-100 1%, heating the solution in a water bath at 65 °C for 25 min. The mixture was stirred in a vortex and then cooled to room temperature. The test was performed by mixing 1 mL of the substrate solution of p-NPL, 1 mL of Tris buffer (0.005 M, pH 8.2), and 0.66 mL of extract, the reaction is initiated by adding the enzyme extract. The absorbance of the mixture was read on a UV-HACH 4000 spectrophotometer (HACH, USA) at a wavelength of 410 nm, using as blank the mixture without addition of enzyme extract. The enzymatic activity of the lipase was determined as the rate of reaction between 10 and 70 s of the reaction time and reported as percent of relative activity.

### Medición de la actividad enzimática de la lipasa

La actividad enzimática de la lipasa fue determinada mediante una modificación del método publicado por Lamikanra y Watson (2004), utilizando laurato de p-nitrofenilo (p-NPL) como sustrato. El sustrato de p-NPL fue preparado mezclando 0.0135 g de p-NPL con 0.017 g de dodecil sulfato de sodio en 100 mL de Triton X-100 al 1%, calentando la solución en baño maría a 65 °C por 25 min. La mezcla fue luego agitada en vortex y enfriada a temperatura ambiente. La prueba fue realizada mezclando 1 mL de la solución sustrato de p-NPL, 1 mL de buffer de tris (0.005 M y pH de 8.2), y 0.66 mL de extracto, iniciando la reacción al adicionar el extracto enzimático. La absorbancia de la mezcla fue leída en un espectrofotómetro UV-HACH 4000 (HACH, EU) a una longitud de onda de 410 nm, usando como blanco mezcla sin adición del extracto enzimático. La actividad enzimática de la lipasa fue determinada como la velocidad de reacción entre los 10 y 70 s del tiempo de reacción, reportándose como porcentaje de actividad relativa.

### Atmósfera interna del fruto entero (concentración de CO<sub>2</sub> y etileno)

La determinación de la concentración de CO<sub>2</sub> y etileno en el espacio interno del fruto (composición de la atmósfera interna de los frutos enteros) fue realizada mediante el método publicado por Pérez-Gago *et al.* (2002). Se tomó muestra del contenido de gas del espacio interno (aproximadamente 5 mL) del melón entero sumergido en un recipiente con agua potable, inyectándose un volumen de 1 mL de la muestra a un cromatógrafo de gases HP 6820 (Agilent Technology, CA, EUA). La concentración de CO<sub>2</sub> fue determinada en el cromatógrafo de gases adaptado con una columna empacada Alltech CTR I de 6 pies por ¼ de pulgada (Alltech Associates, Inc., Deerfield, Illinois, EU), y un detector de conductividad térmica; teniendo una temperatura del inyector de 20 °C, en el detector de 170 °C, y en la columna de 35 °C.

La determinación de la concentración de etileno fue realizada en el mismo cromatógrafo adaptado con una columna Carboxen de 30 m x 0.5 mm x 0.25 µm (Supelco, PA, EUA), y un detector de ionización de flama; la temperatura del inyector fue 120 °C y la del detector de 250 °C; con una temperatura inicial de la columna de 35 °C, la cual fue aumentada 20 °C/min hasta 120 °C. Las lecturas del cromatógrafo fueron analizadas con el software Agilent Cerity NDS (Agilent Technologies, EUA), y comparadas

### Internal atmosphere of whole fruit (CO<sub>2</sub> and ethylene concentration)

The determination of the concentration of CO<sub>2</sub> and ethylene in the internal space of the fruit (composition of the internal atmosphere of the whole fruit) was performed by the method published by Pérez-Gago *et al.* (2002). A sample was taken from the gas content of the internal space (approximately 5 mL) from a whole melon submerged in a container with drinking water, injecting a volume of 1 mL of the sample into a gas chromatograph HP 6820 (Agilent Technology, CA, USA). The CO<sub>2</sub> concentration was determined in the gas chromatograph fitted with a packed column Alltech CTR I of 6 feet per ¼ inch (Alltech Associates, Inc., Deerfield, Illinois, USA) and a thermal conductivity detector; having a temperature from the injector of 20 °C, detector 170 °C, and in the column of 35 °C.

The determination of the ethylene concentration was conducted in the same chromatograph fitted with a Carboxen column of 30 m x 0.5 mm x 0.25 microns (Supelco, PA, USA), and a flame ionization detector; the injector temperature was 120 °C and of the detector 250 °C, with an initial temperature of the column of 35 °C, which was increased 20 °C/min up to 120 °C. Chromatograph readings were analyzed with Agilent Cerity NDS software (Agilent Technologies, USA), and compared with standard curves of CO<sub>2</sub> and ethylene. The measurement was carried out in two melons per treatment in each storage time.

**Statistical analysis.** The results of the evaluated variables were analyzed using the t-student test for independent samples (samples covered PEL vs CTL samples at each storage time) with a significance level of 0.05, using the SAS statistical software version 8 (SAS Institute Inc. 2005).

## Results and discussion

### Effect of a film of HPMC-paraffin on chilling injury in Cantaloupe melon

Fruits covered with film of hydroxypropylmethyl cellulose-paraffin (PEL) had less chilling injury index ( $p < 0.05$ ) than the melons without film (CTL) from day 8 of storage at 8 °C (Figure 1). Also PEL melons presented an IDF of 1.25 ± 0.3 (considered light to moderate damage) after 20 days of storage, while the fruits without cover had values of 2.50

con curvas de calibración de estándares de CO<sub>2</sub> y etileno. La medición fue llevada a cabo en dos frutos de melón por tratamiento en cada tiempo de almacenamiento.

**Análisis estadístico.** Los resultados de las variables evaluadas fueron analizados mediante una prueba t de student para muestras independientes (muestras cubiertas PEL vs muestras CTL en cada tiempo de almacenamiento) con un nivel de significancia de 0.05, usando el programa estadístico SAS versión 8 (SAS Institute Inc. 2005).

## Resultados y discusión

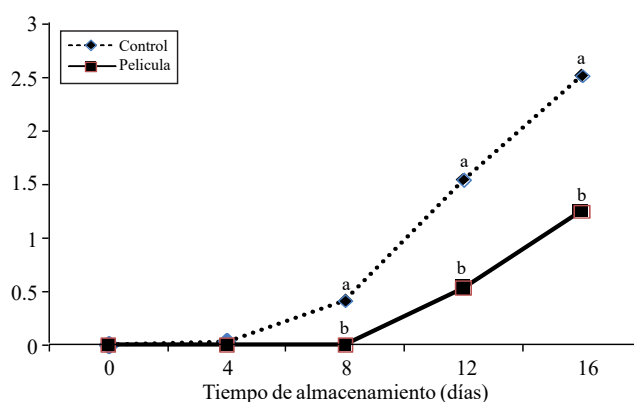
### Efecto de la película de HPMC-parafina sobre el daño por frío en melón Cantaloupe

Los frutos cubiertos con la película de hidroxipropilmetil celulosa-parafina (PEL) tuvieron menor índice de daño por frío ( $p < 0.05$ ) que los melones sin película (CTL) desde el día 8 de almacenamiento a 8 °C (Figura 1). Asimismo, los melones PEL presentaron IDF de  $1.25 \pm 0.3$  (considerado como daño ligero a moderado) a los 20 días de almacenamiento, mientras que los frutos sin cubierta tuvieron valores de  $2.50 \pm 0.2$  (considerados como daños moderados a regulares). Flores *et al.* (2004) afirman que el daño por frío en melón Charentais está asociado con estrés hídrico o deshidratación. En el presente estudio no hubo diferencia en pérdida de peso de los frutos ( $p > 0.05$ ) durante el almacenamiento (Figura 2), teniendo pérdidas de peso 14.3% (frutos PEL), y 16.3% (frutos control) al día 20 de almacenamiento.

Los resultados obtenidos indican que los frutos de ambos tratamientos tuvieron niveles de deshidratación similares debido a las condiciones de almacenamiento (baja temperatura y alta humedad relativa), y a la permeabilidad de la película a la humedad (Cisneros-Zevallos y Krochta, 2002). Las películas que contienen lípidos y ceras generalmente son barreras efectivas para la humedad debido a su baja polaridad y naturaleza hidrofóbica (Talens y Krochta, 2005), pero tienen baja cohesividad e integridad estructural. La formulación de la cubierta aplicada incluyó un máximo 25% de parafina, lo que contribuyó a que la película fuera adherible al producto pero con limitada impermeabilidad a la humedad, lo cual explica los niveles de deshidratación obtenidos en el experimento.

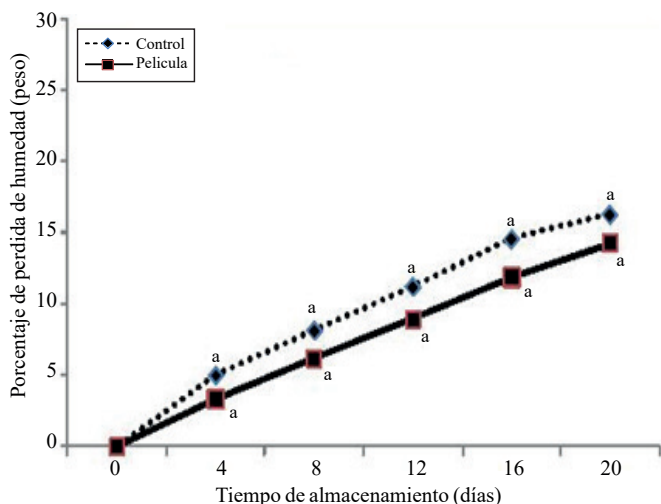
$\pm 0.2$  (considered moderate to regular damage). Flores *et al.* (2004) state that chilling injury in Charentais melon is associated with water stress or dehydration. In this study there was no difference in weight loss of fruits ( $p > 0.05$ ) during storage (Figure 2), having a weight loss 14.3% (PEL fruits), and 16.3% (control fruit) to day 20 of storage.

The results indicate that both fruit treatments had similar levels of dehydration due to storage conditions (low temperature and high humidity), and the film permeability to moisture (Cisneros-Zevallos and Krochta, 2002). Films containing lipids and waxes are generally effective barriers to moisture due to its low polarity and hydrophobic nature (Talens and Krochta, 2005), but have low cohesiveness and structural integrity. The formulation of the coating applied included a maximum of 25% paraffin, which contributed to the film to adhere to the product but with limited impermeability to moisture, which explains the dehydration levels obtained in the experiment.



**Figura 1. Medias (n=4) de los resultados de la evaluación de Índice de daños por frío en melón Cantaloupe cubierto con una película de hidroxipropilmetil celulosa-parafina (película), y no cubierto (control) refrigerado a 8°C.** Evaluación de muestras PEL al tiempo 0 realizado después de aplicación de la película. Escala de IDF: 0= sin daño; 1= daño ligero; 2= daño moderado; 3= daño regular; y 4= daño severo. Puntos con diferente carácter al mismo tiempo de almacenamiento son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

**Figure 1. Means (n=4) of the evaluation results of chilling injury index in Cantaloupe melon covered with a film of hydroxypropylmethyl-cellulose-paraffin (film), and not covered (control) cooled to 8 °C.** Evaluation of PEL samples at time 0 performed after application of the film. IDF scale: 0= no damage; 1= slight damage; 2= moderate damage; 3= regular damage and 4= severe damage. Points with different character at the same storage time are statistically different ( $p < 0.05$ ).



**Figura 2. Medias (n= 5) de los resultados de la medición de pérdida de humedad (peso) en melón Cantaloupe cubierto con una película de hidroxipropilmetil celulosa-parafina (película), y no cubierto (control) refrigerado a 8 °C.** Evaluación de muestras PEL al tiempo 0 realizado después de aplicación de la película. Puntos con diferente carácter al mismo tiempo de almacenamiento son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

**Figure 2. Means (n=5) of the measurement results of moisture loss (weight) in Cantaloupe melon covered with a film of hydroxypropylmethyl-cellulose-paraffin (film), and not covered (control) cooled to 8 °C.** Evaluation of PEL samples at time 0 performed after application of the film. Points with different character at the same storage time are statistically different ( $p < 0.05$ ).

Respecto a los daños por frío, se puede establecer que en esta variedad de melón no es directamente atribuible a los niveles de pérdida de humedad (deshidratación) del producto refrigerado, siendo posible que el desarrollo de este problema en melón Cantaloupe sea inducido por otros factores, como pudiera ser la exposición del fruto a etileno (Nair y Singh, 2003; Nishiyama *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos indican que la aplicación de la película de HPMC-parafina formulada pudiera ayudar a proteger al melón Cantaloupe almacenado en refrigeración contra daños por frío hasta por 20 días, contribuyendo a mantener la calidad comercial de esta variedad específica de melón, ya que se ha reportado que la aplicación de una cubierta o película puede tener muy variable respuesta dependiendo de la variedad y tipo de producto vegetal (Olivas y Barbosa-Cánovas, 2005), por lo que no es posible generalizar sus efectos y usos.

Regarding chilling injury, it can be established that this variety of melon is not directly attributable to the levels of moisture loss (dehydration) of refrigerated product, it being possible for the development of this problem in Cantaloupe melon is induced by other factors, as might be the result of exposure of the fruit to ethylene (Nair and Singh, 2003; Nishiyama *et al.*, 2007).

The results indicate that the application of HPMC-paraffin film, could help protect Cantaloupe melon stored under refrigeration against chilling injury for up to 20 days, contributing to keep the commercial quality of this specific variety of melon, as it has been reported that the application of a cover or film can have a high variable response depending on the variety and type of vegetable product (Olivas and Barbosa-Canovas, 2005), so it is not possible to generalize its effects and uses.

#### **Effect of HPMC-paraffin cover on the lipase enzyme activity and composition of the internal atmosphere in Cantaloupe melon.**

The measurement results of the lipase enzymatic activity indicate a decrease in all samples during cold storage, maintained in 44-64% of relative activity in melons with no cover (Figure 3), whereas fruits with film had values between 45-70%. Furthermore, the relative activity of lipase was higher ( $p < 0.05$ ) in coated fruit (PEL) at 4 days of storage, but did not differ between treatments from day 8, remaining between 50-60%.

Lamikanra and Watson (2004) explain that Cantaloupe melon lipase contributes to the development of flavor in the fruit by hydrolyzing triglycerides to fatty acids and glycerol, but in cooled melons this enzyme joined to endogenous esterases cause texture deterioration. In addition, these researchers report that in chopped Cantaloupe melon lipase is relatively stable when exposed to temperatures up to 70 °C, and its relative activity remained constant for up to 5 days in slices of this variety stored at 4 °C, and then decreased to 45% during storage of samples at 15 °C.

These results differ from those found in the present study, being possible that the differences in enzyme activity are attributable to the different type of processing samples (whole or sliced fruit). Thus, in this study the enzymatic activity of lipase in Cantaloupe melon minimally processed



### Efecto de la cubierta de HPMC-parafina sobre actividad enzimática de la lipasa y la composición de la atmósfera interna en melón Cantaloupe

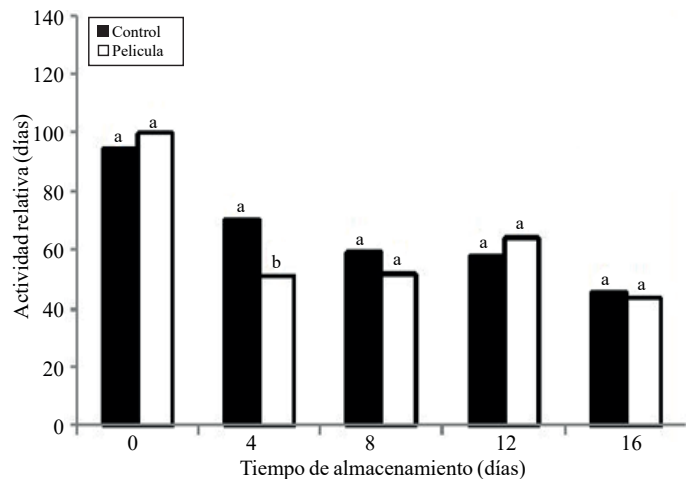
Los resultados de medición de la actividad enzimática de la lipasa indican una disminución en todas las muestras durante el almacenamiento en frío, manteniéndose en 44-64% de actividad relativa en los melones no cubiertos (Figura 3), mientras que en los frutos con película se tuvieron valores entre 45-70%. Además, la actividad relativa de la lipasa fue mayor ( $p < 0.05$ ) en los frutos con cubierta (PEL) a los 4 días de almacenamiento, pero no fue diferente entre tratamientos a partir del día 8, manteniéndose entre 50-60%.

Lamikanra y Watson (2004) explican que la lipasa del melón Cantaloupe contribuye al desarrollo del sabor en esta fruta mediante al hidrolizar triglicéridos hasta ácidos grasos y glicerol, pero que en melón refrigerado esta enzima junto con esterases endógenas causa deterioro textural. Asimismo, estos investigadores reportan que la lipasa en melón Cantaloupe troceado es relativamente estable al ser expuesta a temperaturas de hasta 70 °C, además que su actividad relativa se mantuvo constante hasta por 5 días en rodajas de esta variedad de melón almacenadas a 4 °C, y luego disminuyó al 45% durante el almacenamiento de las muestras a 15 °C.

Estos resultados difieren a los encontrados en el presente estudio, siendo posible que las diferencias en actividad enzimática sean atribuibles al diferente tipo de procesamiento de las muestras (fruto entero o rebanado). Así pues, en el presente estudio la actividad enzimática de la lipasa del melón Cantaloupe mínimamente procesado (cubierto y control) disminuyó durante el almacenamiento en frío, teniéndose una mayor actividad de esta enzima en las muestras cubiertas únicamente en el día 4 de almacenamiento. Estos eventos pudieran estar relacionado con otros cambios fisiológicos post cosecha reportados en frutos climatéricos, como aumentos en la concentración de etileno en el espacio interno del fruto.

Respecto a la composición de la atmósfera interna del melón, las muestras cubiertas con la película tuvieron durante el almacenamiento una mayor concentración de CO<sub>2</sub> ( $p < 0.05$ ) que los melones control. Además, ambos tratamientos presentaron un descenso en la concentración del dióxido de carbono el día 4, seguido de un aumento gradual desde ese día hasta el día 16 (Figura 4a). Paul y Pandey (2012) reportan que el melón es un producto vegetal de tipo no climatérico; sin embargo, los resultados obtenidos

(covered and control) decreased during cold storage, having higher activity of this enzyme in samples covered at day 4 of storage. These events could be related to other changes in postharvest physiology reported in climacteric fruit, such as increases in the concentration of ethylene in the internal space of the fruit.



**Figura 3. Medias (n= 2) de los resultados de la medición de actividad enzimática de la lipasa en melón Cantaloupe cubierto con una película de hidroxipropilmetil celulosa-parafina (película), y no cubierto (control) refrigerado a 8 °C.** Evaluación de muestras PEL al tiempo 0 realizado después de aplicación de la película. Puntos con diferente carácter al mismo tiempo de almacenamiento son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

**Figure 3. Means (n= 2) of measurement results of the lipase enzyme activity in Cantaloupe melon covered with a film of hydroxypropylmethyl cellulose-paraffin (film), and not covered (control) cooled to 8 °C.** Evaluation of PEL samples at time 0 performed after application of the film. Points with different character at the same storage time are statistically different ( $p > 0.05$ ).

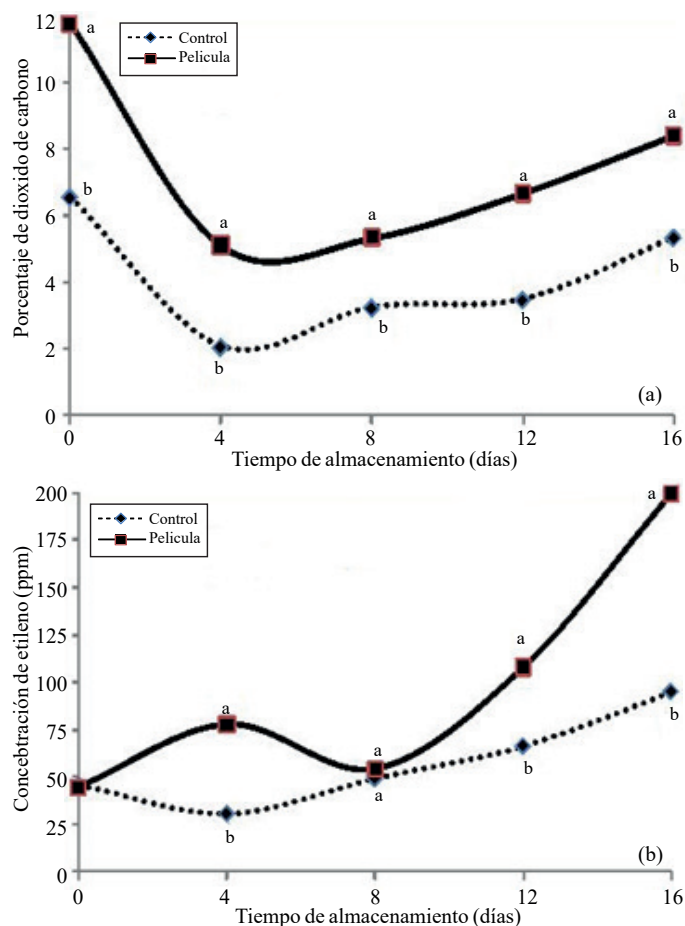
Regarding the composition of the internal atmosphere of the melon, coated samples had higher concentration of CO<sub>2</sub> ( $p < 0.05$ ) during storage than the control melons. Moreover, both treatments showed a decrease in carbon dioxide concentration on day 4, followed by a gradual increase from that day until day 16 (Figure 4a). Paul and Pandey (2012) reported that melon is a non-climacteric type of vegetable product; however, these results confirm that cantaloupe melon should be considered as a climacteric product as reported by Nishiyama *et al.* (2007), having its climacteric peak (increase in ethylene production) within 4 days of collection (Figure 4b).

confirman que el melón Cantaloupe debe ser considerado como un producto climatérico como ha sido reportado por Nishiyama *et al.* (2007), teniendo su pico climatérico (aumento en producción de etileno) a los 4 días de su recolección (Figura 4b).

Por otra parte, la concentración de etileno en el espacio interno de los melones PEL fue más alta que en el melón no cubierto durante todo el almacenamiento ( $p < 0.05$ ) con excepción del día 8, alcanzando 200 ppm el día 16. Estos niveles de concentración de etileno acumulados en la atmósfera interna del producto cubierto son atribuibles a la impermeabilidad de la película contra este gas, lo que dificulta su emisión a través de la cáscara del fruto. Se ha reportado que algunas cubiertas o películas compuestas actúan como barrera restrictiva del intercambio de humedad y gases, principalmente  $\text{CO}_2$ , etileno y oxígeno (Han y Gennadios, 2005; Dogan y McHugh, 2007), lo cual puede contribuir a reducir el deterioro de calidad de algunos productos vegetales durante etapas poscosecha.

En el presente estudio se observa que la aplicación de la cubierta reduce 50% los daños por frío en el fruto almacenado en refrigeración, lo cual está asociado con la concentración de etileno en la atmósfera interna del melón cubierto. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros investigadores, en los cuales Nair y Singh (2003) reportan menores daños por frío en mango (*Mangifera indica* L., cv. Kensington Pride) tratado con ethrel (2-cloroetil ácido fosfonico), el cual es un agente inductor de producción de etileno; mientras que Ben-Amor *et al.* (1999) señalan que la exposición de melón Honeydew a altas concentraciones de etileno redujo el daño por frío en este producto hasta 75%.

Se estableció que el menor daño por frío presentado en el fruto entero de melón cubierto por la película HPMC-parafina durante el almacenamiento por 20 días a 8 °C fue causado por la exposición de la pulpa del melón al etileno acumulado en el interior del fruto (de 50 a 200 ppm). Es requerida más evaluación del efecto de la aplicación de altas concentraciones de etileno sobre los diferentes tejidos constituyentes del producto entero (cáscara y pulpa), además que resulta de interés el estudio del efecto del etileno como potencial agente protector contra los daños por frío en melón Cantaloupe, tanto en producto mínimamente procesado con cáscara o en pulpa de esta fruta.



**Figuras 4a y 4b. Medias (n= 2) de los resultados de la medición de concentración de dióxido de carbono (a) y etileno (b) en melón Cantaloupe cubierto con una película de hidroxipropilmetil celulosa-parafina (película), y no cubierto (control) refrigerado a 8°C. Evaluación de muestras PEL al tiempo 0 realizado después de aplicación de la película. Puntos con diferente carácter al mismo tiempo de almacenamiento son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).**

**Figures 4a,b. Means (n= 2) of the measurement results of concentration of carbon dioxide (a) and ethylene (b) in Cantaloupe melon covered with a film of hydroxypropylmethyl cellulose-paraffin (film), and not covered (control) cooled to 8°C. Evaluation of PEL samples at time 0 performed after application of the film. Points with different character at the same storage time are statistically different ( $p > 0.05$ ).**

Moreover, the concentration of ethylene in the internal space of PEL melons was higher than in the melons with no cover throughout storage ( $p < 0.05$ ) except on day 8,

## Conclusiones

Los frutos de melón Cantaloupe enteros cubiertos con la película de hidroxipropilmetil celulosa-parafina mostraron menores daños por frío durante el almacenamiento bajo refrigeración por 20 días en comparación con los frutos no cubiertos. Por otra parte, la aplicación de la cubierta resultó en una reducción en la actividad enzimática de la lipasa y un mayor contenido de dióxido de carbono y etileno en la composición de la atmósfera interna del fruto refrigerado, sin afectar la pérdida de peso del producto. Es requerida la evaluación de la aplicación de altas concentraciones de etileno sobre los diferentes tejidos constituyentes del fruto (cáscara y pulpa), como potencial agente protector contra los daños por frío en melón Cantaloupe mínimamente procesado. Se concluye que la aplicación de la película de hidroxipropilmetil celulosa-parafina en frutos de melón Cantaloupe enteros almacenados a 8°C pudiera contribuir a la conservación de la calidad de este producto por periodos de almacenamiento más prolongados.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo invaluable de Rafael Minjares Fuentes y María Concepción Reyes Ávalos en la realización de este estudio, y a la Dra. Gabriela Ramos Clamont por su apoyo en la revisión de este artículo. Asimismo, se agradece al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCYTED) por el financiamiento otorgado al Proyecto DGO-2006-C01-43720 (Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del estado de Durango); así como a la Distribuidora BEBO S. P. R de R. L por su participación en la presente investigación.

## Literatura citada

- Artés, F. y Artés-Hernández, F. 2003. Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. *In*: López, A.; Esnoz, A. y Artés, F. (Eds.). Avances en ciencias y técnicas del frío. España: UPCT y SECYTEF. 299-310 pp.
- Ayranci, E.; Buyuktas, B. and Cetin, E. 1997. The effect of molecular weight of constituents on properties of cellulose-based edible films. *Lebensm Wiss Technol.* 30:101-104.

reaching 200 ppm on day 16. These levels of accumulated ethylene concentration in the internal atmosphere of the covered product are attributable to the impermeability of the film against this gas, which hampered their emission through the fruit peel. It has been reported that some covers or composite films act as a restrictive barrier for moisture and gas exchange, particularly CO<sub>2</sub>, ethylene and oxygen (Han and Gennadios, 2005; Dogan and McHugh, 2007), which can contribute to reduce quality deterioration of some vegetable products during postharvest stages.

The present study shows that application of a cover reduces 50% chilling injury in the fruit stored in refrigeration, which is associated with the concentration of ethylene in the internal atmosphere of the melon covered. These results agree with those obtained by other investigators, in which Nair and Singh (2003) report lower chilling injury in mango (*Mangifera indica* L., cv. Kensington Pride) treated with ethrel (2-chloroethyl phosphonic acid), which is an inducing agent for ethylene production, while Ben-Amor *et al.* (1999) suggest that the exposure of Honeydew melon to high concentrations ethylene reduced chilling injury in this product up to 75%.

It was established that the minor chilling injury presented in the whole fruit of melon covered by the HPMC-paraffin film during storage for 20 days at 8 °C was caused by exposure of the pulp of the melon to ethylene accumulated inside the fruit (50 to 200 ppm). It is required further evaluation of the effect of the application of high concentrations of ethylene on the different constituents tissues of the whole product (skin and pulp), and it is interesting to study the effect of ethylene as potential protective agent against chilling injury in Cantaloupe melon, both minimally processed product with peel or in pulp of this fruit.

## Conclusions

The whole Cantaloupe melon covered with film of hydroxypropylmethyl cellulose-paraffin showed lower chilling injury during storage under refrigeration for 20 days compared to non-covered fruits. Moreover, the cover application resulted in a reduction in the lipase enzyme activity and a higher content of carbon dioxide and ethylene in the composition of the internal atmosphere of the refrigerated fruit, without affecting product weight loss. Assessment is required for the application of high concentrations of

- Bachmann, J. and Earles, R. 2000. Postharvest handling of fruits and vegetables. appropriate technology transfer for rural areas. Fayetteville, Arizona: ATTRA. Disponible en: <http://ncat.org/attra-pub/PDF/postharvest.pdf> (consultado agosto, 2005).
- Beaulieu, J. C.; Ingram, D. A.; Lea, J. M. and Bett-Garber, K. L. 2004. Effects of harvest maturity on the sensory characteristics of fresh-cut Cantaloupe. *J. Food Sci.* 69:250-258.
- Ben-Amor, A.; Flores, B.; Latché, A.; Bouzayen, M.; Pech, J. C. and Romojaro, F. 1999. Inhibition of ethylene biosynthesis by antisense ACC oxidase RNA prevents chilling injury in charentais cantaloupe melons. *Plant Cell Envir.* 22:1579-1586.
- Cisneros-Zevallos, L. and Krochta, J. M. 2002. Internal modified atmospheres of coated fresh fruits and vegetables: Understanding relative humidity effects. *J. Food Sci.* 67:1990-1995.
- Cisneros-Zevallos, L. and Krochta, J. M. 2003. Dependence of coating thickness on viscosity of coating solution applied to fruits and vegetables by dipping method. *J. Food Sci.* 68:503-510.
- Conforti, F. D. and Zinck, J. B. 2002. Hydrocolloid-lipid coating affect on weight loss, pectin content, and textural quality of green bell peppers. *J. Food Sci.* 67:1360-1363.
- Dogan, N. and McHugh, T.H. 2007. Effects of microcrystalline cellulose on functional properties of hydroxypropylmethylcellulose microcomposite films. *J. Food Sci.* 72:16-22.
- Fabra, J. M.; Talens, P. and Chiralt, A. 2008. Tensile properties and water vapor permeability of sodium caseinate films containing oleic acid-beeswax mixtures. *J. Food Eng.* 85:393-400.
- Ferreira, M. D.; Brecht, J. K.; Sargent, A. S. and Aracena, J. J. 1994. Physiological responses of strawberry to film wrapping and precooling methods. *Proc Fla Stat Hort Soc.* 107:265-269.
- Flores, F. B.; Martínez-Madrid, M. C.; Ben-Amor, M.; Pech, J. C.; Latch, A. and Romojaro, F. 2004. Modified atmosphere packaging confers additional chilling tolerance on ethylene-inhibited cantaloupe Charentais melon fruit. *Eur. Food Res. Tech.* 219:614-619.
- García-Sahagún, M. L.; Vargas-Arispuro, I.; Gardea-Béjar, A. A.; Tiznado, M. H. y Martínez-Téllez, M. A. 2005. Daños por frío en melón Cantaloupe en dos estados de madurez. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:161-170.
- ethylene on different tissues constituents of the fruit (skin and pulp), as potential protective agent against chilling injury in Cantaloupe melon minimally processed. We conclude that the application of hydroxypropylmethylcellulose-paraffin film in whole Cantaloupe melon stored at 8 °C could contribute to quality preservation of this product for longer storage periods.

*End of the English version*



- Gordon, L. R. 1986. Edible and biobased food packaging materials. *In: Guilbert, S. (Ed.) Food packaging principles and practice.* Boca Raton, Fla. EU: CRC Press. 371-394 pp.
- Han, J. H.; Seo, G. H.; K, I. M. Kim, G. N. and Lee, D. S. 2006. Physical and mechanical properties of pea starch edible films containing beeswax emulsions. *J. Food Sci.* 71:290-296.
- Han, J.H. and Gennadios, G. 2005. Edible films and coatings: a review. *In: innovations in food packaging.* Han, J. H. (Ed.). Elsevier Academic Press. San Diego, USA. 239-261 pp.
- Hernández-Izquierdo, V. M. and Krochta, J. M. 2008. Thermoplastic processing of proteins for film formation-a review. *J. Food Sci.* 73:30-39.
- Karel, M. and Lund, D. B. 2003. Physical principles of food preservation. Marcel Dekker, Inc. Second edition, New York, USA. 237-273 pp.
- Krochta, J. M. and De Mulder-Johnston, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technol.* 51:61-72.
- Lamikanra, O. and Watson, M.A. 2004. Storage effects on lipase activity in fresh-cut Cantaloupe melon. *J Food Sci.* 69:126-130.
- Lurie, S. and Crisosto, C. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biol. Tech.* 37:195-208.
- Maftoonazad, N.; Ramaswamy, H. S.; Moalemiyan, M. and Kushalappa, A. C. 2007. Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to *Lasiodiplodia theobromae* infection. *Carbohydr Polym.* 68:341-349.
- Manganaris, G. A.; Vicente, A. R.; Crisosto, C. H. and Labavitch, J. M. 2008. Cell wall modifications in chilling-injured plum fruit (*Prunus salicina*). *Postharvest Biol Tech.* 48:77-83.
- Nair, S. and Singh, Z. 2003. Pre-storage ethrel dip reduces chilling injury, enhances respiration rate, ethylene production and improves fruit quality of 'Kensington' mango. *Food Agric Envir.* 1:93-7.

- Nishiyama, K.; Guis, M.; Rose, J. K. C.; Kubo, Y.; Bennett, K. A.; Wangjin, L.; Kato, K.; Ushijima, K.; Nakano, R.; Inaba, A.; Bouyazen, M.; Latche, A.; Pech, J. C. and Bennett, A. 2007. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in charentais melon. *J. Exp. Bot.* 58:1281-1290.
- Olivas, G. I. and Barbosa-Cánovas, G. V. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. *CRC Crit Rev Food Sci. Nutr.* 45:657-670.
- Paul, V. and Pandey, R. 2012. Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability- a review. *J Food Sci Tech* 2011. Disponible en: DOI 10.1007/s13197-011-0583-x (consultado febrero, 2012).
- Pérez-Gago, M. B.; Rojas, C. and Del Río, M. A. 2002. Effect of lipid type and amount of edible hydroxypropyl methylcellulose-lipid composite coatings used to protect postharvest quality of mandarins Cv. Fortune. *J. Food Sci.* 67:2903-2910.
- Rhim, J. W. and Shellhammer, T. H. 2005. Lipid-based edible films and coatings. *In: Han, J. H. (Ed.). Innovations in food packaging.* San Diego, CA, EU: Elsevier Academic Press. 362-380 pp.
- Statistical Analysis System (SAS Institute Inc.) 2005. SAS/STAT User's Guide, version 8, Fourth Ed. Vol. 1 and 2. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Sohail, S. S.; Wang, B.; Biswas, M. and Oh, J. H. 2006. Physical, morphological, and barrier properties of edible casein films with wax applications. *J. Food Sci.* 71:255-259.
- Talens, P. and Krochta, J. M. 2005. Plasticizing effects of beeswax and carnauba wax on tensile and water vapor permeability properties of whey protein films. *J. Food Sci.* 70:239-243.
- Vigneault, C.; Bart, J. A. and Sargent, S. A. 2000. Postharvest decay risk associated with hydrocooling tomatoes. *Plant Dis.* 84:1314-1318.