

Revista Electrónica Nova Scientia

Calidad de melón cantaloupe (*Cucumis melo*)
cubierto con una película comestible de alginato-
hpmc-parafina

Quality of Cantaloupe melon (*Cucumis melo*)
covered by an alginate-hpmc-paraffin edible coat

**Ma Concepción Reyes-Avalos^{1,3}, Rafael Minjares-Fuentes²,
Juan Ramón Esparza-Rivera³, Juan Carlos Contreras-
Esquivel¹, Julio César Montañez Sáenz¹ y Jorge Armando
Meza-Velázquez³**

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo,
Coahuila, México

² Departamento de Química, Universidad de las Islas Baleares. Palma de Mallorca.
España.

³ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango,
Gómez Palacio, Durango, México

México - España

Jorge Armando Meza Velázquez. Email: jorgemezav68@gmail.com

Resumen

Introducción: El melón es un fruto que tiene un corto periodo de almacenamiento. Una alternativa para extender este periodo es el uso de películas comestibles. En el presente estudio se evaluó el efecto de la aplicación de una película comestible de alginato de sodio-hidroxipropilmetilcelulosa-parafina (ALG-HPMC-PAR), sobre la calidad de melón Cantaloupe durante dos tipos de almacenamiento.

Método: Frutos de melón Cantaloupe se cubrieron con una película comestible de alginato-hidroxipropilmetil celulosa-parafina (ALG-HPMC-PAR), y no cubiertos (CONTROL). Los melones se almacenaron por 21 días a 5°C y 95% de humedad relativa (Hr). Cada siete días, los frutos se sometieron a análisis de índice de daños por frío, pérdida de peso, textura, y concentración de CO₂ y etileno de la atmósfera interna del fruto. Además, para simular manejo comercial, al término de cada periodo de siete días en refrigeración, una muestra de melones era extraída del frigorífico y expuesta a condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa (25°C y 21-25% respectivamente) durante tres días (almacenamiento combinado), y medidos los parámetros anteriormente mencionados.

Resultados: La aplicación de la película comestible provocó que los frutos cubiertos tuvieran una mayor concentración de CO₂ y menor concentración de etileno en la atmósfera interna del fruto, contribuyendo a que los melones cubiertos mantuvieron su calidad por un mayor tiempo de almacenamiento, manteniéndose más firmes, con menor pérdida de peso y sufrir menor índice de daños por frío con respecto los frutos control.

Discusión: Los resultados demuestran la factibilidad de la aplicación de películas comestibles para mantener la calidad del melón Cantaloupe almacenado en refrigeración y en almacenamiento combinado.

Palabras Clave: calidad comercial; melón; película; alginato de sodio

Recepción: 12-05-16

Aceptación: 11-03-17

Abstract

Introduction: Melon is a fruit with a short storage period. An alternative to extend the shelf-life of this fruit is the application of an edible film. In present study was evaluated the effect of the application of an edible coating based on alginate-hydroxypropylmethyl-cellulose-parafine over the quality of Cantaloupe melon under two storage types.

Method: Cantaloupe melon fruits were covered by an alginate-hydroxypropylmethyl-cellulose-parafine edible coating (ALG-HPMC-PAR), and uncovered (CONTROL). Experimental melons were stored for 21 days at 5 °C and 95 % relative humidity. Every seven days, the fruits were subjected to analysis of chilling injury index, loss of weight, texture, and CO₂ and ethylene concentration of internal atmosphere of the fruit. In addition, to simulate commercial management, at the end of each period of seven days in refrigeration, a sample of melons was extracted from the refrigerator and exposed to environmental conditions of temperature and relative humidity (25°C and 21-25% respectively) during three days (combined storage), and measured the parameters mentioned above.

Results: The application of the edible coating induced that melons had a higher CO₂ and lower ethylene concentration in the fruit inner atmosphere, contributing to maintain their quality for a longer storage time than the control fruits, since the covered melons were firmer, had a lower weight loss, and suffered a lower chilling injury index.

Discussion or Conclusion: The obtained results prove the feasibility of the application of edible coatings to maintain the Cantaloupe melon quality in cooling and combined storage.

Keywords: Commercial quality, melon, coating, sodium alginate

Introducción

El melón (*Cucumis melo* L.) es un fruto apreciado por sus propiedades sensoriales, principalmente por su aroma y sabor, además de ser un producto de gran importancia comercial, ya que su valor de producción bruta mundial supera los 19,700 millones de dólares (FAO, 2013). El mayor productor de melón en el mundo durante el 2013 fue China, con 14,400 millones de toneladas, seguido por Turquía e Irán con 1,699 y 1,501 millones de toneladas respectivamente. Por su parte, México ocupó el doceavo lugar con una producción de 561,953 ton, y es el sexto país exportador de melón a nivel mundial (FAO, 2013). Sin embargo, el melón es un fruto climatérico sensible al etileno que tiene una maduración rápida, lo cual reduce su vida de anaquel, resultando en una cantidad grande de producto con calidad comercial baja, por lo que se requiere establecer métodos de conservación para este fruto.

El almacenamiento a temperaturas de refrigeración es uno de los métodos más utilizados para conservar y aumentar la vida de anaquel del melón, ya que desacelera procesos bioquímicos relacionados con la maduración del fruto. No obstante, el almacenamiento en refrigeración de algunos productos vegetales incluyendo el melón Cantaloupe, regularmente induce a la aparición de diferentes patologías post-cosecha, tales como el daño por frío, lo cual afecta negativamente la calidad del producto ya que causa maduración anormal y aparición temprana de senescencia de vegetales y frutos (Millán-Trujillo *et al.*, 2001, 173; García-Sahagún *et al.*, 2005, 161; Meza-Velázquez *et al.*, 2013, 259). Un método novedoso para mantener la calidad y extender la vida de anaquel de vegetales mínimamente procesados es la aplicación de cubiertas (soluciones y/o emulsiones) a base de polímeros comestibles como polisacáridos, proteínas y/o lípidos (Gómez-Estaca *et al.*, 2009, 480; Monedero *et al.*, 2009, 509; Fabra *et al.*, 2012, 109; Bonilla *et al.*, 2013, 303; Arnon *et al.*, 2015, 465). Las cubiertas aplicadas forman una barrera entre el producto y el medio ambiente, retardando el intercambio de humedad, oxígeno, dióxido de carbono y etileno (Lima *et al.*, 2010, 101; Meza-Velázquez *et al.*, 2013, 259). Otras propiedades de estas cubiertas comestibles incluyen la protección del producto contra daños mecánicos, oxidativos y microbiológicos, además que mejoran la apariencia y previenen la pérdida de aromas de frutos y vegetales (Fabra *et al.*, 2012, 109; Han *et al.*, 2014, 1; Genskowsky *et al.*, 2015, 1057). Algunos materiales que han sido utilizados para preparación de cubiertas comestibles son el alginato y derivados de la celulosa, como la hidroxipropilmetil celulosa. El alginato es un polisacárido usado en procesos de encapsulación debido a su capacidad para formar geles en presencia de

cationes divalentes como calcio, bario y estroncio (Ramdas *et al.*, 2000, 405; Braccini y Pérez, 2001, 1089). La eficacia del alginato en el desarrollo de cubiertas comestibles es abordada por diversos autores en diferentes productos incluyendo manzanas (Olivas *et al.*, 2007, 89), piñas (Montero-Calderón *et al.*, 2008, 182) y papayas (Tapia *et al.*, 2008, 1493). Por otra parte, la hidroxipropilmetilcelulosa es un polímero derivado de la celulosa usado en la formulación de películas, el cual ha sido probado en diversos vegetales, resultando en la extensión de la vida de anaquel de dichos productos (Pérez-Gago *et al.*, 2002, 2903; Meza Velázquez *et al.*, 2013, 259). El objetivo del presente estudio consistió en evaluar el efecto de la aplicación de una cubierta comestible a base de alginato de sodio-hidroxipropilmetilcelulosa-parafina sobre la textura, daño por frío, pérdida de peso, y concentración de dióxido de carbono y etileno interno de frutos de melón cantaloupe (*Cucumis melo* L.) almacenados en refrigeración y en melones sometidos, posterior a la refrigeración, a condiciones ambientes de temperatura y humedad relativa.

Método

Muestras experimentales. Los frutos de melón Cantaloupe (*Cucumis melo* var. *reticularis*) utilizados en el estudio se recolectaron de un predio del Ejido Andalucía de Matamoros, Coahuila (México; 103°13'42" longitud oeste/ 25° 31'41" latitud norte) en etapa pre-climatérica (25-27 días después de polinización), siguiendo la metodología descrita por Nishiyama *et al.* (2007, 1281). Los melones seleccionados fueron frutos de 1.2-1.5 kg recolectados en estado de madurez 3/4 desprendido (Beaulieu *et al.*, 2004, 250), y que no presentaran daños físicos y contaminación microbiana visible.

Materiales y Reactivos. La hidroxipropilmetilcelulosa la proporcionó Colorcon de México (México). El alginato de sodio y la parafina se adquirieron en CyTCSA, S.A de C.V. (México). La lecitina de soya y los reactivos mono estearato de propilenglicol, meta bisulfito de sodio, sorbato de potasio y mono estearato de propilenglicol se adquirieron de Golden Bell, S.A. de C.V. (México) Los estándares de dióxido de carbono y etileno se obtuvieron de Sigma-Aldrich Company (St. Louis, MI, EUA).

Preparación de la cubierta. La cubierta de alginato de sodio-hidroxipropilmetilcelulosa-parafina (ALG-HPMC-PAR) se preparó siguiendo una adaptación del método publicado por Raybaudi-Massilia *et al.* (2008, 1150), la cual consiste primeramente en la preparación por separado soluciones de alginato de sodio al 3 % y de HPMC al 2 % p/v en agua destilada a 90 °C

en agitación constante por 5 min. Posteriormente, las soluciones preparadas se enfriaron rápidamente a 4-5 °C para lograr una hidratación adecuada de los polímeros. Las dos soluciones frías se mezclaron y calentaron a 80 °C, añadiendo lecitina de soya y mono estearato de propilenglicol en 0.6 % (p/v) y parafina en 25 % p/v respecto a la mezcla, la cual fue emulsificada inicialmente a 12000 rpm por 2 min usando un Ultraturrax T18 (IKA® Works, Inc, Wilmington, EUA), y después a 25000 rpm por 5 min. La emulsión finalmente se dejó enfriar a temperatura ambiente y se desgasificó por 10 min mediante una bomba de vacío Felisa (Fabricantes Feligneo, Jalisco, México) para su posterior aplicación.

Tratamientos. Los melones recolectados se lavaron con agua clorada a 200 ppm de cloro, y distribuidos aleatoriamente en dos lotes: tratamiento control (sin aplicación de película), y película (frutos cubiertos con la película ALG-HPMC-PAR. Las muestras experimentales (melón entero y pulpa) se analizaron antes y después de aplicar la cubierta de ALG-HPMC-PAR. Posteriormente, los frutos (cubiertos y control) se sometieron a un almacenamiento a 5 °C y 95% de humedad relativa (Hr) durante 21 días. Los frutos eran analizados cada siete días a lo largo del periodo de estudio (0, 7, 14 y 21 días). Las pruebas analíticas practicadas a los melones fueron concentración de CO₂ y etileno (en los gases internos del fruto), medición instrumental de firmeza, índice de daño por frío y pérdida de peso. Además, y para simular condiciones de manejo comercial (Valero *et al.*, 2013, 1), al finalizar cada periodo de siete días en refrigeración, una muestra de melones fue extraída del frigorífico y expuesta a condiciones ambientales de temperatura (25°C) y humedad relativa (21-25%) por 3 días, y se les determinó los mismos parámetros descritos con anterioridad. Los tratamientos (control y película) se repitieron cuatro veces y cada repetición contenía 24 melones.

Aplicación de la película. La emulsión formadora de película se aplicó manualmente a melones enteros lavados y secos por medio de una brocha hasta quedar completamente cubierto el fruto, y luego el exceso de emulsión fue retirado del producto (Conforti y Zinck, 2002, 1360). Los melones cubiertos se sumergieron en una solución de cloruro de calcio al 1 % por un minuto para la gelificación de la película. Los frutos cubiertos se expusieron a una corriente de aire de 5 m/s para secar la película, y luego almacenados en frío. El grosor de la película aplicada se midió con un micrómetro, obteniéndose un espesor final de 14 µm.

Pruebas analíticas

Determinación de CO₂ y etileno en espacio interno del fruto. La concentración de CO₂ y etileno en el espacio interno del fruto se llevó a cabo por el método descrito por Pérez-Gago *et al.* (2002, 2903), tomándose una muestra de 5 mL del gas contenido en el espacio interno del fruto, posteriormente se inyectó 1 mL de la muestra de gas en un cromatógrafo de gases HP 6820 (Agilent Technology, CA, EUA) equipado para la determinación de CO₂ con una columna empacada Alltech CTR I de 6 pies × ¼ de pulgada (Alltech Associates, Inc., Deerfield, Illinois, EU), y un detector de conductividad térmica. La temperatura del inyector, del detector y de la columna fue de 20, 170 y 35 °C, respectivamente. Por otra parte, la concentración de etileno se determinó usando una columna Carboxen de 30 m × 0.5 mm × 0.25 µm (Supelco, PA, EUA), con un detector de ionización de flama. La temperatura del inyector fue de 120 °C, y la del detector de 250 °C. La separación se llevó a cabo usando una rampa de temperatura iniciando a 35 °C con un incremento de 20 °C/min hasta alcanzar 120 °C. Las lecturas del cromatógrafo se analizaron con el software Agilent Cerity NDS (Agilent Technologies, EUA), y comparadas con curvas de calibración de estándares de CO₂ y etileno. La medición se llevó a cabo en tres frutos de melón, de cada repetición de los tratamientos, en cada tiempo de almacenamiento. Cada fruto fue considerado como réplica analítica.

Textura. La firmeza del fruto entero se realizó usando el método de compresión con un texturómetro TAXT2i equipado con el software Exponent 6.1.4.0 (Microsystem, Londres, Inglaterra), utilizando un punzón de punta redondeada de media pulgada de diámetro, con una velocidad de desplazamiento de 1.5 mm·s⁻¹ y una distancia de recorrido de 2 mm. Tres melones, de cada repetición de los tratamientos, se usaron para el análisis. Luego, a cada fruto se les practicaron diez mediciones a lo largo de su zona ecuatorial (30 réplicas). La firmeza se especificó como la fuerza máxima de compresión (N) (Meza Velázquez *et al.*, 2013, 259), y se reportaron los cambios respecto al valor inicial de firmeza del fruto entero de melón no cubierto al inicio del estudio.

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, 161), 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 del 25 % de la superficie del fruto dañado). La

evaluación se realizó en cuatro frutos de melón de cada repetición de los tratamientos. 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;

N = número de frutos por tratamiento.

Pérdida de peso. Una muestra de 5 melones, de cada repetición de los tratamientos, se pesó al inicio del experimento y después a los 7, 14 y 21 días de almacenamiento en refrigeración. La pérdida de peso se reportó como el cambio porcentual, sufrido por el fruto, desde su peso inicial.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se usó un diseño factorial con tres factores: tipo de almacenamiento (refrigeración y combinado), tiempo de almacenamiento (0, 7, 14 y 21 días) y aplicación de película comestible (con y sin película), y se llevaron a cabo cuatro repeticiones por tratamiento. Los resultados de las variables evaluadas se analizaron mediante Análisis de Varianza. La diferencia entre medias de tratamientos se realizó por la prueba de comparación múltiple de Diferencia Mínima Significativa de Fisher (DMS de Fisher) con un nivel de significancia de 0.05, usando el programa estadístico SAS versión 8 (SAS Institute Inc., 2005).

Resultados y Discusión

Determinación de CO₂ y etileno en espacio interno del melón

En la tabla 1 se presentan los resultados de efecto de la aplicación de la película de ALG-HPMC-PAR sobre la concentración de CO₂ y etileno de melones expuestos a dos tipos de almacenamiento (refrigeración y combinado) durante 21 días. Los resultados muestran que los melones refrigerados (cubiertos y control) tuvieron una concentración de CO₂ y etileno menor que los frutos sometidos al almacenamiento combinado en frío y después en condiciones ambientales (P < 0.05). Además, en general, durante el almacenamiento la aplicación de la película ALG-HPMC-PAR afectó la concentración de los gases evaluados solo en los frutos expuestos a almacenamiento combinado (P < 0.05), observándose una concentración de CO₂ mayor y concentración de etileno menor (P < 0.05) que en los melones no cubiertos. Diversos

estudios reportan que aplicar películas comestibles en frutas y hortalizas modifica su atmósfera interna y provoca retraso en los procesos metabólicos asociados con la maduración y senescencia (Vigneault *et al.*, 2000, 1314; Falguera *et al.*, 2011, 292; Bonilla *et al.*, 2012, 303), repercutiendo a la posibilidad de que la aplicación de la película de alginato-HPMC-parafina haya modificado el ritmo respiratorio del fruto debido a la permeabilidad selectiva de la cubierta a los gases y humedad. Estos resultados concuerdan con los publicados por Meza Velázquez *et al.* (2013, 259), que reportaron que la aplicación de cubiertas comestibles contribuye a que aumente la concentración de CO₂ interno en frutos, lo cual disminuye el ritmo metabólico de frutos y vegetales mínimamente procesados, lo que resulta en una extensión de la vida de anaquel de estos productos (Paul y Pandey, 2014, 1223).

Tabla 1. Concentración de CO₂ y etileno en melones cubiertos con una película comestible, y no cubiertos sometidos a dos tipos de almacenamiento

Tipo de Almacenamiento	Días	CO ₂ (mL/L)		Etileno (μL/L)	
		Control ¹	Película ²	Control ¹	Película ²
Refrigeración*	0	6.96 ± 0.44 aX	7.41 ± 0.96 aX	113.7 ± 16.3 aX	97.97 ± 8.76 aX
	7	3.92 ± 0.26 bX	5.02 ± 0.85 bX	18.56 ± 0.67 bX	48.55 ± 5.90 bX
	14	3.76 ± 0.08 bX	4.29 ± 0.27 bX	17.01 ± 0.68 bX	20.71 ± 0.90 bX
	21	4.24 ± 0.29 bX	5.61 ± 0.57 bX	26.02 ± 0.45 bX	37.53 ± 7.51 bX
Combinado**	0+3	9.37 ± 0.25 cX	12.77 ± 0.56 cY	148.3 ± 6.10 aX	173.35 ± 13.6 cX
	7+3	12.46 ± 0.67 dX	14.00 ± 0.46 cX	236.6 ± 22.3 cX	243.82 ± 7.59 dX
	14+3	14.29 ± 0.58 eX	15.97 ± 0.51 dX	358.4 ± 46.7 dX	265.38 ± 32.3 dY
	21+3	17.23 ± 1.08 fX	20.29 ± 0.84 eY	297.4 ± 41.5 eX	179.08 ± 15.4 cY

Valores promedio ± desviación estándar (n=4 repeticiones por tratamientos).

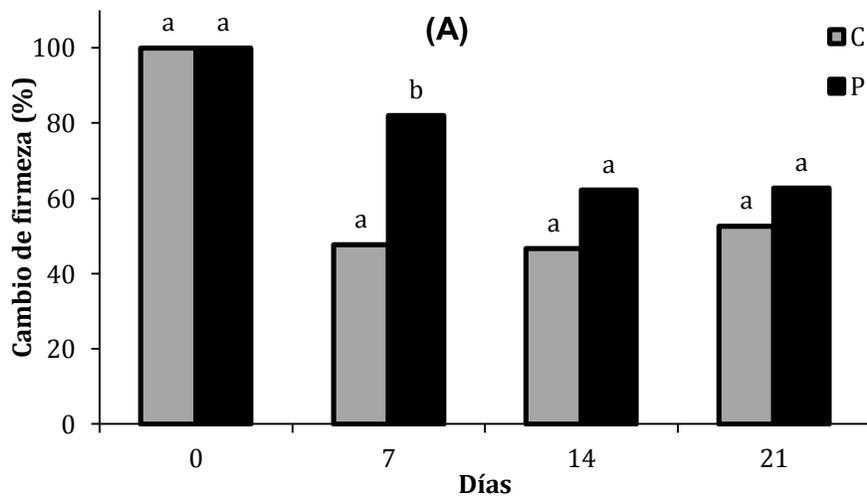
¹ Frutos de melón no cubiertos (control). ² Frutos de melón cubiertos con la película comestible de alginato-hidroxipropilmetilcelulosa-parafina.

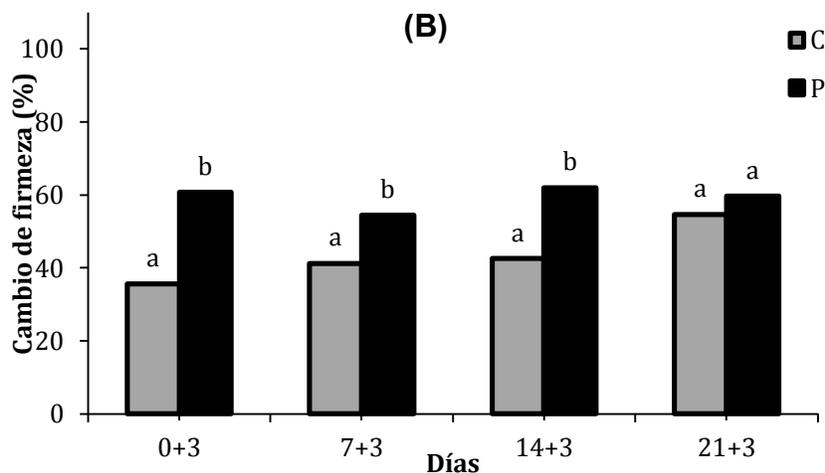
* Almacenamiento en refrigeración a 5°C y 95% Hr. ** Almacenamiento combinado: Almacenamiento en refrigeración a 5°C y 95% Hr seguido de almacenamiento a temperatura ambiente a 25°C y 21-25% Hr. Valores seguidos de diferente letras a, b, c, d, e, f, indican diferencia significativa en el tipo de almacenamiento y días de almacenamiento en una misma columna ($p < 0.05$, DMS de Fisher).

Valores seguidos de diferente letra X, Y indican diferencia significativa entre frutos cubiertos con película y no cubiertos (control) en un mismo periodo de tiempo ($p < 0.05$, DMS de Fisher).

Textura

En las figuras 1a y 1b se ilustran los cambios en la firmeza de melones expuestos a dos tipos de almacenamiento (refrigeración y combinado) durante 21 días, tratados con una película de ALG-HPMC-PAR. Se observa que los melones cubiertos con la película comestible fueron más firmes que los frutos sin aplicación de la cubierta en los dos tipos de almacenamiento ($P < 0.05$), con una pérdida de textura de 51% en frutos almacenados en frío por 21 días, y de 61% en melones después del periodo de almacenamiento combinado (21 días de almacenamiento en refrigeración y 3 días a temperatura ambiente). La textura de frutas y vegetales está directamente relacionada con la composición y características de la pared celular, la cual está estrechamente relacionada con el grado de madurez del fruto (Oms-Oliu *et al.*, 2007, 301; Giongo *et al.*, 2013, 480), indicativo para que la firmeza mayor de los melones cubiertos con la película comestible sea atribuida a que dichos frutos mantuvieron su integridad celular en el tejido durante el almacenamiento (Toivonen y Brummell, 2008, 1). Estos resultados coinciden con los publicados por Pérez-Gago *et al.* (2002, 2903), Fan *et al.* (2009, 84), Valero *et al.* (2013, 1), y Meza-Velázquez *et al.* (2013, 259) quienes reportan una conservación de la textura de diversas frutas y hortalizas mediante la aplicación de cubiertas a base de alginato, así como de HPMC.





Figuras 1a y 1b. Cambios de textura (%) de frutos de melón cubiertos con la película comestible de alginato-hidroxipropilmetilcelulosa parafina (P), y no cubiertos o control (C), almacenados en refrigeración (a 5°C y 95% Hr) (A), o sujetos a almacenamiento combinado (almacenamiento en refrigeración a 5°C y 95% Hr seguido de almacenamiento a temperatura ambiente a 25°C y 21-25% Hr)(B). Diferentes letras sobre las barras de valores de tratamientos (control y película) indican diferencia significativa en cada periodo de tiempo de almacenamiento ($P < 0.05$, DMS de Fischer).

Índice de daños por frío (IDF)

En las figuras 2a y 2b se muestran los valores promedio de daños por frío y deterioro de melones expuestos a dos tipos de almacenamiento (refrigeración y combinado) durante 21 días, tratados con una película de ALG-HPMC-PAR. Los resultados muestran que los melones no cubiertos presentaron un índice de daños por frío (IDF) mayor (~3.8) en comparación con los frutos cubiertos (~2.3) al ser almacenados a 5 °C ($P < 0.05$). Asimismo, los frutos no cubiertos estuvieron más deteriorados después del almacenamiento combinado que los melones cubiertos con la película ALG-HPMC-PAR ($P < 0.05$), los cuales mantuvieron una apariencia considerada comercialmente aceptable después de los 21 días de refrigeración seguidos de 3 días de almacenamiento a temperatura ambiente. El almacenamiento a bajas temperaturas es uno de los métodos más comunes para conservar frutas y hortalizas, pero muchos frutos, como el melón Cantaloupe, son susceptibles a sufrir daños por frío (Artes y Artes-Hernández, 2003, 299). Los resultados del presente estudio concuerdan con lo reportado por Pérez-Gago *et al.* (2002, 2903) y Meza-Velázquez *et al.* (2013, 259), quienes encontraron que el uso de una película de comestible de HPMC disminuyó el daño por frío en mandarina y melón Cantaloupe, respectivamente. Lo anterior comprueba las ventajas de la aplicación de la película comestible de alginato-hidroxipropilmetilcelulosa-parafina para mantener la calidad de este fruto en condiciones de

almacenamiento de refrigeración y a temperatura ambiente.

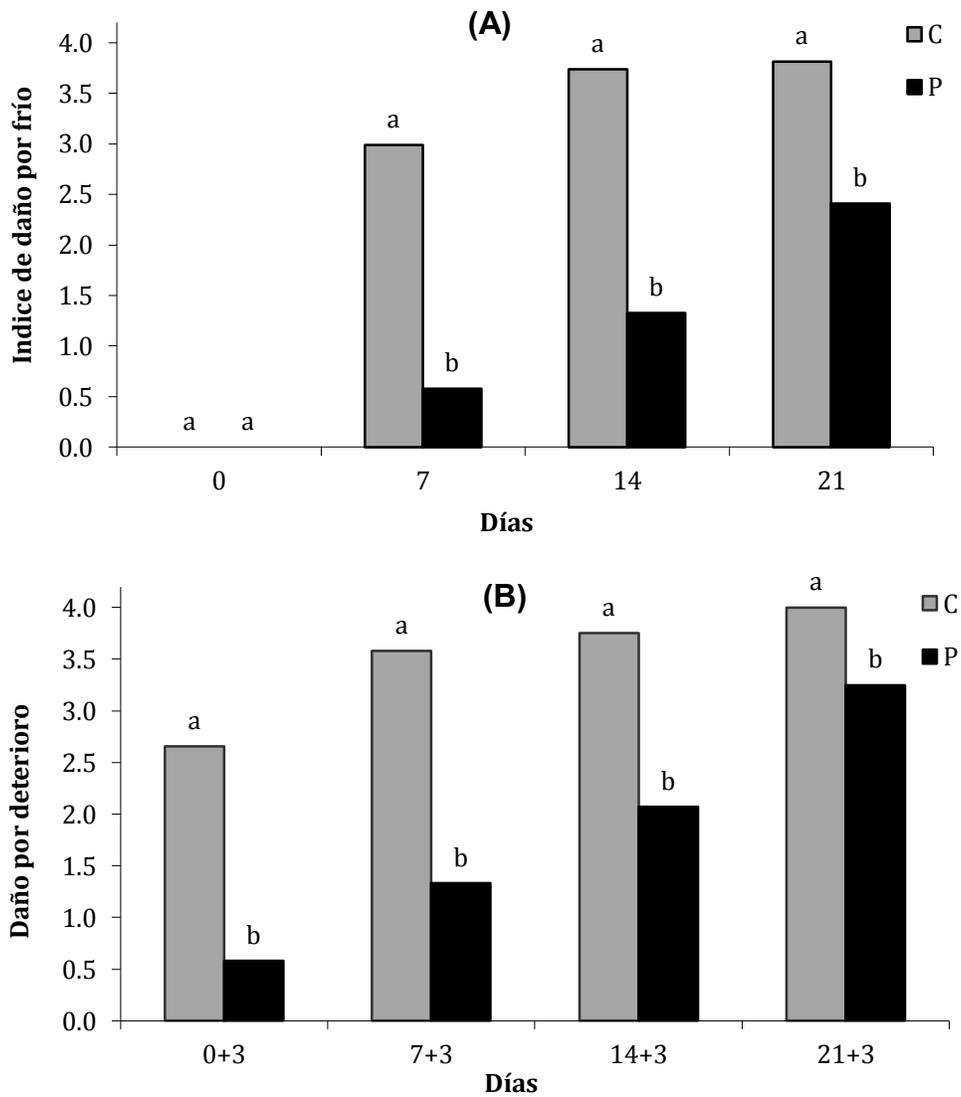


Figura 2a y 2b. Valores promedio del índice de daños por frío y deterioro de frutos de melón cubiertos con la película comestible de alginato-hidroxiopropilmetilcelulosa-parafina (P), y no cubiertos o control (C), almacenados en refrigeración (a 5°C y 95% Hr) (A), o en almacenamiento combinado (almacenamiento en refrigeración a 5°C y 95% Hr seguido de almacenamiento a temperatura ambiente a 25°C y 21-25% Hr) (B). Diferentes letras sobre las barras de valores de tratamientos (control y película) indican diferencia significativa en cada periodo de tiempo de almacenamiento ($P < 0.05$, DMS de Fischer).

Pérdida de peso

En la figura 3 se ilustra el porcentaje de pérdida de peso de melón Cantaloupe, con y sin película de ALG-HPMC-PAR, almacenado por 21 días en refrigeración. Los resultados indican que la aplicación de la cubierta a base de alginato-HPMC-parafina redujo la pérdida de peso de los

melones en comparación con los frutos control ($P < 0.05$), los cuales perdieron hasta el 51 % de su peso después de 21 días de almacenamiento. Los productos hortofrutícolas, incluyendo el melón, poseen un alto contenido de agua, y están expuestos a la pérdida de dicha humedad en sus tejidos por transpiración y/o respiración (Eitenmiller *et al.*, 1985, 136; Fan *et al.*, 2009, 84), resultando en la pérdida de peso del producto. Los resultados del presente estudio concuerdan con los publicados por Navarro-Tarazaga *et al.* (2008, 9502) y Velickova *et al.* (2013, 80). La pérdida de peso menor de los melones cubiertos con la película comestible de ALG-HPMC-PAR contribuye a que se reduzcan los cambios en otros parámetros sensoriales indicadores de la calidad de este producto, como la textura y apariencia del fruto (Saladie *et al.*, 2007, 1012; Fan *et al.*, 2009, 84).

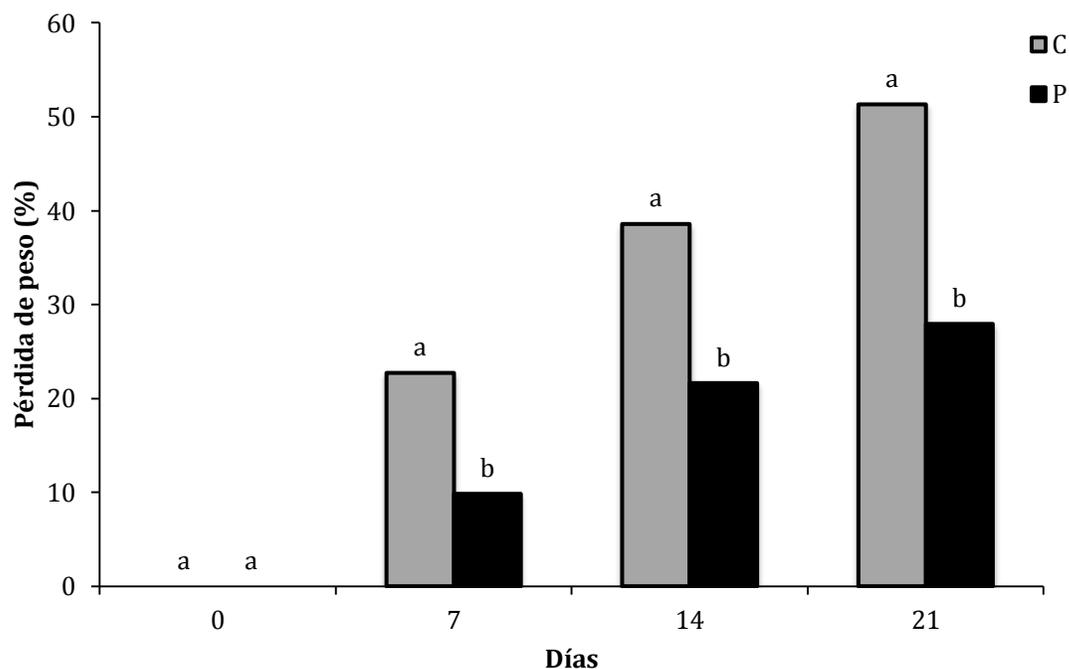


Figura 3. Valores promedio del porcentaje de pérdida de peso de frutos de melón cubiertos con la película comestible de alginato-hidroxiopropilmetilcelulosa parafina (P), y no cubiertos o control (C), almacenados en refrigeración (a 5 °C y 95 % Hr) durante 21 días. Diferentes letras sobre las barras de valores de tratamientos (control y película), indican diferencia significativa en cada periodo de tiempo de almacenamiento ($P < 0.05$, DMS de Fisher).

Conclusiones

La aplicación de una cubierta comestible de alginato-HPMC-parafina sobre frutos de melón Cantaloupe entero, promovió un mantenimiento de la calidad de este fruto tanto almacenado en

frio como en condiciones de temperatura ambiental después de su periodo de refrigeración. Los frutos de melón cubiertos con la película comestible resultaron ser más firmes y perdieron menos peso, lo cual es atribuido a la modificación del ritmo respiratorio del fruto por la permeabilidad selectiva de la cubierta a los gases y humedad. Además, la cubierta comestible contribuyó a que el melón almacenado en refrigeración presentara daños menores por frío, lo cual es una ventaja adicional de la aplicación de esta película comestible. Se concluye que la aplicación de la cubierta comestible a base de alginato-HPMC-parafina es una alternativa recomendable para preservar la calidad de frutos de melón durante su almacenamiento a baja temperatura y en condiciones de almacenamiento comercial a temperatura ambiente. Estudios relacionados con otras frutas y hortalizas deben ser considerados para tener un entendimiento mayor de los efectos de películas comestibles sobre la calidad y cambios fisiológicos de los mismos.

Agradecimientos

Se agradece al Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI) del Gobierno Mexicano por el soporte financiero en la realización del presente estudio (clave del Proyecto T/PROFOCIE-2014-10MSU0010C-08). Así mismo, la autora Reyes-Avalos, agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por el apoyo económico otorgado en la realización de sus estudios de Posgrado (número de registro 562690).

Referencias

Arnon, H.; Granit, R.; Porat, R., Poverenov, E. 2015. Development of polysaccharides-based edible coatings for citrus fruits: A layer-by-layer approach. *Food Chem.* 166:465–472.

Artés, F. y Artés-Hernández, F. 2003. Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. En: López A, Esnoz A, Artés F. (Editores). *Avances en Ciencias y Técnicas del Frío*. España: UPCT y SECYTEF. 299-310 pp.

Beaulieu, J.C.; Ingram, D.A.; Lea, J.M.; Bett-Garber, K.L. 2004. Effects of harvest maturity on the sensory characteristics of fresh-cut Cantaloupe. *J. Food Sci.* 69:250-258.

Bonilla, J.; Atare, L.; Vargas, M.; Chiralt, A. 2012. Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations. *J. Food Eng.* 110:208–213.

Bonilla, J.; Atarés, L.; Vargas, M.; Chiralt, A. 2013. Properties of wheat starch film-forming dispersions and films as affected by chitosan addition. *J. Food Eng.* 114:303–312.

Braccini, I. and Pérez, S. 2001. Molecular basis of Ca²⁺ induced gelation in alginates and pectins: the egg-box model revisited. *Biomacromolecules.* 2:1089-1096.

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.

Edelmann, H.G.; Neinhuis, C.; Bargel, H. 2005. Influence of hydration and temperature on the rheological properties of plant cuticles and their impact on plant organ integrity. *J. Plant Growth Regul.* 24: 116–126

Eitenmiller, R.R., Johnson, C.D.; Bryan, W.D.; Warren, D.B.; Gebhardt, S.E. 1985. Nutrient composition of Cantaloupe and Honeydew melons. *J. Food Sci.* 50:136-138.

Fabra, M.J.; Talens, P.; Gavara, R.; Chiralt, A. 2012. Barrier properties of sodium caseinate films as affected by lipid composition and moisture content. *J. Food Eng.* 109:372–379

Falguera, V.; Quintero, J.P.; Jiménez, A.; Aldemar-Muñoz, J.; Ibarz, A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends Food Sci. Tech.* 22:292-303.

Fan, Y.; Xu, Y.; Wang, D.; Sun, J.; Sun, L.; Zhang, B. 2009. Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria ananassa*) preservation quality. *Postharvest Biol. Tec.* 53:84–90.

FAOSTAT (2013) FAO statistical database. Food and Agricultural Organization of the United Nations. <http://faostat3.fao.org/home/E> (03 de noviembre de 2016).

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.

Genskowsky, E.; Puente, L.A.; Pérez-Alvarez, J.A.; Fernandez-Lopez, J.; Muñoz, L.A.; Viuda-Martos, M. 2015. Assessment of antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with maqui berry (*Aristotelia chilensis*). *Food Sci. Technol-LEB.* 64:1057-1062.

Giongo, L.; Poncetta, P.; Loretto, P.; Costa, F. 2013. Texture profiling of blueberries (*Vaccinium* spp.) during fruit development, ripening and storage. *Postharvest Biol Tec.* 76:34–39.

Gómez-Estaca, J.; Montero, P.; Fernández-Martín, F.; Gómez-Guillén, M.C. 2009. Physico-chemical and film-forming properties of bovine-hide and tuna-skin gelatin: a comparative study.

J. Food Eng. 90:480–486.

Han, C.; Zuo, J.; Wang, Q., Xu, L.; Zhai, B.; Wang, Z.; Dong, H.; Gao, L. 2014. Effects of chitosan coating on postharvest quality and shelf life of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) during storage. *Sci. Horticulture-Amsterdam*. 166:1–8.

Lima, A.M.; Cerqueira, M.A.; Souza, B.W.S.; Santos, E.C.M.; Teixeira, J.A.; Moreira, R.A.; Vicente A.A. 2010. New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits – Influence on fruits gas transfer rate. *J. Food Eng.* 97:101–109.

Meza Velázquez, J.A.; Alanís Guzmán, G.; García Díaz, C.L.; Fortis Hernandez, M.; Preciado Rangel, P. y Esparza-Rivera, J.R. 2013. Effect of a film of hydroxypropyl methylcellulose-paraffin in Cantaloupe melon (*Cucumis melo*) stored in cold. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4:259-271.

Millán-Trujillo, F.R.; López-Plá, S.; Roa-Tavera, V.; Soledad-Tapia, M. y Cava, R. 2001. Estudio de la estabilidad microbiológica del melón (*Cucumis melo* L) mínimamente procesado por impregnación al vacío. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 51:173-179.

Monedero, M.F.; Fabra, M.J.; Talens, P.; Chiralt, A. 2009. Effect of oleic acid–beeswax mixtures on mechanical, optical and water barrier properties of soy protein isolate based films. *J. Food Eng.* 91:509–515.

Montero-Calderón, M.; Rojas-Graü, M.A.; Martín-Belloso, O. 2008. Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biol. Tec.* 50:182-189.

Navarro-Tarazaga, M.L.; Sothornvit, R.; Perez-Gago, M.B. 2008. Effect of plasticizer type and amount on hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible film. *J. Agr. Food Chem.* 56:9502-9509.

Nishiyama, K.; Guis, M.; Rose, J.C.; Kubo, Y.; Bennett, K.A.; Wangjin, L. 2007. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melon. *J. Exp. Bot.* 58:1281–1290.

Olivas, G.I.; Mattinson, D.S. and Bárboza-Canovas, G.V. 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed “Gala” apples. *Postharvest Biol. Tec.* 45:89-96.

Oms-Oliu, G.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O. 2007. Effect of ripeness on the shelf life of fresh-cut melon preserved by modified atmosphere packaging. *Eur. Food Res. Technol.* 225:301-

311.

Paul, V. and Pandey, R. 2014. Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability. A review. *J. Food Sci. Tech.* 51(7):1223–1250

Pérez-Gago, M.B.; Rojas, C.; 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.

Ramdas, M.; Paul, W.; Dileep, K.J.; Anitha, Y.; Sharma, C.P. 2000. Lipoinulin encapsulated alginate-chitosan capsules: intestinal delivery in diabetic rats. *Journal of Microencapsul.* 17:405-411.

Raybaudi-Massilia, R.M.; Rojas-Graü, M.A.; Mosqueda-Melgar, J.; Martín-Belloso, O. 2008. Comparative study on essential oils incorporated into an alginate-based edible coating to assure the safety and quality of fresh-cut Fuji apples. *J. Food Protect.* 71:1150-1161.

Saladie, M.J.; Matas, J.A.; Isaacson, T.; Jenks, M.A.; Goodwin, S.M.; Niklas, K.J.; Xiaolin R.; Labavitch, J.M.; Shackel, K.A.; Fernie, A.R.; Lytovchenko, A.; O'Neill, M.A.; Watkins, C.B.; Rose, J.K.C. 2007. A Reevaluation of the key factors that influence tomato fruit softening and integrity. *Plant Physiol.* 144:1012–1028.

SAS Institute Inc. 2005. SAS/STAT User's Guide, version 8, Fourth Ed. Vol. 1 and 2. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.

Tapia, M.S.; Rojas-Graü, M.A.; Carmona, A.; Rodríguez, E.J.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O. 2008. Use of alginate and gellan based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food hydrocolloid.* 22:1493-1503.

Toivonen, P.M.A. and Brummell, D.A. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biol. Tec.* 48:1-14.

Valero, D.; Díaz-Mula, H.M.; Zapata, P.J., Martínez-Romero, D.; Castillo, S.; Serrano, M. 2013. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biol. Tec.* 77:1–6.

Velickova, E.; Winkelhausen, E.; Kuzmanova, S.; Alves, V.D.; Moldão-Martins, M. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *Food Sci. Technol-LEB.* 52:80-92

Vigneault, C.; Bart, J.A.; Sargent, S.A. 2000. Postharvest decay risk associated with hydrocooling tomatoes. *Plant Dis.* 84:1314-1318.