

FRIGOCONSERVACIÓN Y ATMÓSFERAS MODIFICADAS EN FRUTOS DE AGUACATE MÍNIMAMENTE PROCESADO

J. A. Zarazúa-Escobar¹; Ma. T. Martínez-Damián^{1¶}; Ma. T. Colinas-León¹;
A. F. Barrientos-Priego¹; J. J. Aguilar-Melchor².

¹Posgrado en Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. (¶Autor responsable).

²Fundación Salvador Sánchez-Colín CICTAMEX, S. C. Ignacio Zaragoza Núm. 6. Coatepec Harinas, Estado de México. C. P. 51700. MÉXICO

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos atmósferas modificadas, una generada por polietileno de baja densidad lineal y el uso de Vacum 300, a dos temperaturas de almacenamiento 5 y 20 °C, así como el uso de antioxidantes (β -tocoferol, ácido L-ascórbico y butilhidroxi-tolueno) en la prolongación de la vida de anaquel de aguacate mínimamente procesado. Se evaluó la pérdida fisiológica de peso, color, firmeza, daños por frío, potencial de oscurecimiento, compuestos fenólicos, actividad de la polifenoloxidasas, incidencia y severidad de enfermedades, y evaluación sensorial. El mejor tratamiento fue el de película para vacío, Vacum 300 con antioxidantes (β -tocoferol, ácido L-ascórbico y butilhidroxi-tolueno) almacenado a 5 °C, el cual tuvo la capacidad de mantener un aroma y apariencia aceptables en las rebanadas de aguacate. También redujo de forma considerable la pérdida fisiológica de peso, aminó los desórdenes causados por el frío y conservó al producto en perfectas condiciones (libre de hongos) a lo largo de 13 días.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Persea americana* Mill., antioxidantes, procesamiento mínimo, películas plásticas.

COLDSTORAGE AND MODIFIED ATMOSPHERES IN MINIMALLY PROCESSED AVOCADO

ABSTRACT

This study had as an objective to evaluate the effect of two modified atmospheres, one generated by low linear density polyethylene and the other with the use of Vacum 300, at two storage temperatures, 5 and 20 °C, and two antioxidants (β -tocopherol, L-ascorbic acid, and butyl hydroxytoluene) in the prolongation of shelf life of minimally processed avocado. We evaluated physiological weight loss, color, firmness, chilling injury, enzymatic browning, phenolic compounds, polyphenoloxidase activity, disease incidence and severity, and sensorial evaluation. The best treatment was the vacuum film, Vacum 300, with antioxidants (β -tocopherol, L-ascorbic acid, and butyl hydroxytoluene) stored at 5 °C, which had the ability to maintain acceptable aroma and appearance of avocado slices. This treatment also reduced physiological weight loss considerably, diminished disorders caused by chilling, and preserved the product in perfect conditions (free from fungi) for 13 days.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Persea americana* Mill., antioxidants, fresh-cut, plastic film.

INTRODUCCIÓN

México es reconocido como el primer país productor de aguacate a nivel mundial, la producción nacional se estima en poco más de 797,000 t, y un consumo de 9.2 kg per cápita al año (De Grammont *et al.*, 1999).

Con el fin de evitar pérdidas postcosecha del aguacate en México, es importante considerar nuevas alternativas para conservar su calidad y vida de anaquel como son la elaboración de frutas y hortalizas mínimamente procesadas ("fresh-cut"). Este producto mantiene su frescura natural e involucra en su preparación procesos de lavado, selección,

rebanado, troceado, descorazonado, secado (en caso de ser necesario) y envasado. Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas han incrementado su presencia en el mercado en el ámbito internacional (Gorny *et al.*, 1998), debido a que ofrecen el concepto de ser preparados sin conservadores o con los mínimos indispensables para mantener sus características de frescura y aptitud para consumirse. Otros términos para tales productos son ligeramente procesado, parcialmente procesado, procesado en fresco, precortado y listo para consumirse. Este tipo de presentación ofrece varios beneficios al consumidor: elimina el tiempo de preparación del producto,

proporciona una calidad uniforme, requiere menos espacio para el almacenamiento y manejo, reduce pérdidas postcosecha por deshidratación y manipulación y conserva las características nutricionales, funcionales y de sabor, propias de los productos frescos. La introducción de frutas y hortalizas mínimamente procesadas requiere del desarrollo de nuevas técnicas de conservación, ya que durante su preparación aumentan los procesos metabólicos que causan deterioro ya que las heridas causan la producción de etileno que pueden acelerar la senescencia en tejidos vegetales y promover la maduración de frutos climatéricos como el caso de banano y kiwi (Abe y Watada, 1991); como consecuencia se ve incrementada la respiración, en el caso de frutos de kiwi pelados y cortados; la respiración se duplica comparado con el fruto entero, sin embargo, las bananas maduras no fueron afectadas por el cortado y pelado (Watada *et al.*, 1990). En el caso de fresas rebanadas respiraron a tasas elevadas comparados con el fruto entero durante el almacenamiento de 7 días a 2.5 °C y posteriormente transferidas a 20 °C por un día (Rosen y Kader, 1989). El impacto de esta respuesta puede reducirse mediante el uso de temperaturas bajas antes del procesamiento y con un estricto control de la temperatura después del mismo (Saltveit, 1998). Aunado a esto, el empleo de atmósferas modificadas ayuda a prolongar la vida de anaquel (Greengras, 1995), de aquí que se tenga como objetivo de estudiar los procesos fisiológicos y biofísicos que caracterizan el proceso de maduración-senescencia en aguacate 'Hass' mínimamente procesado y su relación con la exposición a bajas temperaturas (5 y 20 °C) en atmósferas modificadas, mediante el uso de dos películas plásticas: polietileno de baja densidad lineal y una para vacío denominada Vacuum 300, así como el uso de antioxidantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, el material utilizado fueron frutos cv. Hass en madurez fisiológica provenientes de un huerto establecido en la Fundación Sánchez-Colín CICTAMEX, S. C. ubicado en Coatepec Harinas, Estado de México, México, la selección de los frutos se realizó por tamaño. Los frutos fueron trasladados inmediatamente al laboratorio en donde se dejaron madurar en una cámara permaneciendo seis días a una temperatura de 25 °C, posteriormente los frutos fueron desinfectados con hipoclorito de sodio a pH 7.0 (100 ml·litro⁻¹ durante 10 minutos) y enseguida se procedió al escurrido y secado en toallas de papel de estraza. Se obtuvieron rebanadas sin cáscara, las cuales se colocaron en inmersión en una solución con antioxidantes (0.6 g de β-tocoferol + 0.8 g de ácido ascórbico + 0.4 g de butilhidroxi-tolueno por litro) durante 10 minutos y finalmente se empacaron en charolas de unicel cubiertas con dos tipos de películas plásticas: polietileno de baja densidad lineal (PLDL) y aplicando vacío

con la película Vacuum 300, para la cual se utilizó una máquina doméstica de vacío marca Foodsaver Vacuum Kitchen.

Los tratamientos fueron los siguientes:

1. PLDL sin antioxidante almacenado a 20 °C.
2. PLDL con antioxidante almacenado a 20 °C.
3. Vacuum 300 sin antioxidante almacenado a 20 °C.
4. Vacuum 300 con antioxidante almacenado a 20 °C.
5. PLDL sin antioxidante almacenado a 5 °C.
6. PLDL con antioxidante almacenado a 5 °C.
7. Vacuum 300 sin antioxidante almacenado a 5 °C.
8. Vacuum 300 con antioxidante almacenado a 5 °C.

Todos los tratamientos fueron almacenados entre 90 a 95 % de humedad relativa durante los 13 días siguientes, realizándose observaciones cada dos días.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado, mientras que el diseño de tratamientos fue un factorial 2³ (correspondiendo a dos temperaturas, dos películas plásticas y la aplicación o no de antioxidante). La unidad experimental consistió de una charola con seis rebanadas de aguacate con un peso similar, alrededor de los 190 g, utilizándose cuatro repeticiones para cada tratamiento.

Las variables evaluadas fueron:

Pérdida fisiológica de peso calculada en función de la diferencia entre el peso inicial y el final dependiendo de los días de registro.

Para registrar el color se consideró los parámetros L registrando los cambios en la brillantez, el ángulo Hue ($\tan^{-1} b/a$) para la cuantificación del cambio en el color y del índice de saturación $(a^2+b^2)^{1/2}$ para determinar la pureza del color (Anónimo, 1994).

La actividad de polifenoloxidasas se realizó por el método de Jinwei y Paull (1997), donde a partir de 1 g de pulpa se extrajo la enzima con 5 ml de buffer Tris-HCl 125 mM pH 7.0 con 1 % de polivinilpirrolidona (PVP), 10 % de glicerina y 10 mM de ácido ascórbico. El extracto se centrifugó a 10,000 x g por 10 minutos a 4 °C, del sobrenadante se tomaron 200 ml para realizar la reacción con 60 mM de catecol (tomándose la lectura inicial), posteriormente se calentó a 40 °C para tomar la lectura final. El cambio de absorbancia a 490 nm. Una unidad de la actividad de la enzima fue definida como un cambio de una unidad de absorbancia por minuto.

La evaluación sensorial se efectuó desde el inicio y hasta el final del período de almacenamiento, seleccionando los mejores tratamientos correspondientes a cada día de evaluación; realizándose un análisis descriptivo cuantitativo (QDA). Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza, en donde se evaluó la preferencia del producto por los consumidores y para el análisis estadístico de los atributos generados en el QDA, se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado con arreglo en bloques. Para la interpretación estadística de los resultados se empleó el método no paramétrico de Friedman descrito por Daniel *et al.* (1979).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida fisiológica de peso

A diferencia de los tratamientos con vacío, en el uso de películas plásticas la temperatura fue el factor principal que influyó en el comportamiento de la pérdida fisiológica de peso (PFP), manifestándose mayor PFP a mayor temperatura empleada. Este hecho observado el noveno día de almacenamiento a 20 °C con el tratamiento de PLDL sin antioxidante que registró un 7.03 % de PFP (Figura 1), puede ser explicado de acuerdo a los resultados de Beaudry *et al.* (1992), quienes estudiaron el efecto de la temperatura y presión parcial de O₂ sobre la respiración y pérdidas de peso en arándano mínimamente procesado en empaque de polietileno de baja densidad, encontrando que a mayor temperatura hubo un incremento de la respiración y la pérdida de peso.

Resultados similares fueron encontrados por Morales-Castro *et al.* (1994), quienes estudiaron el efecto de distintas temperaturas y diferentes concentraciones de O₂ y CO₂ sobre la respiración de elote mínimamente procesado y

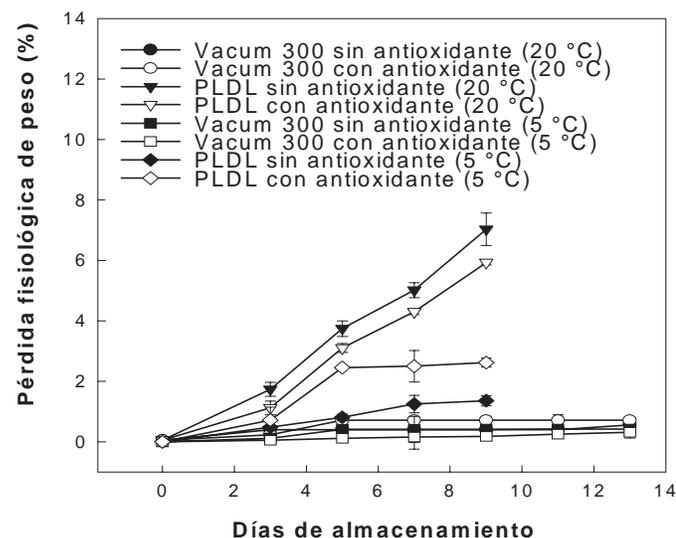


FIGURA 1. Pérdida fisiológica de peso en aguacate 'Hass' mínimamente procesado almacenado a diferentes temperaturas y películas plásticas. Medias \pm error estándar.

encontraron que la velocidad de respiración se duplicó al incrementar la temperatura en 10 °C.

Color

El cambio de color medido por el ángulo Hue (q) presentó tendencias decrecientes con respecto al valor inicial (q = 134.44); en especial en aquellos tratamientos almacenados a 20 °C mismos que no mostraron diferencias significativas (Figura 2).

En este sentido los tratamientos de PLDL con antioxidante y Vacum 300 con antioxidante almacenados durante nueve días a 20 °C presentaron un cambio del valor inicial a $\theta = 71.05$ y 69.96 , respectivamente; siendo el mejor tratamiento el de PLDL sin antioxidante almacenado a 20 °C con $\theta = 114.53$; en tanto que para el día trece al igual que en el caso anterior no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, pudiendo concluir que no existe efecto entre las películas, ya que éstas no afectaron el color, medido éste como ángulo Hue.

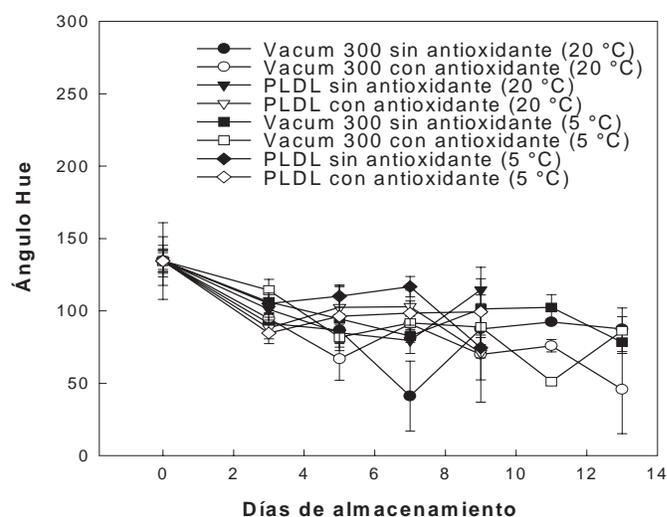


FIGURA 2. Cambio en el ángulo Hue en aguacate Hass mínimamente procesado almacenado a diferentes temperaturas y películas plásticas. Medias \pm error estándar.

Una vez que se conoce el color del aguacate mínimamente procesado mediante el ángulo Hue, es conveniente observar la pureza de los colores obtenidos, por lo que con respecto a la condición inicial del índice de saturación (28.92), se encontraron diferencias significativas en los tratamientos de vacío almacenados durante trece días a 20 y 5 °C, siendo Vacum 300 sin antioxidante a 20 °C y Vacum 300 con antioxidante a 5 °C los mejores tratamientos con 36.06 y 33.57 de índice de saturación, respectivamente (Figura 3).

Lo que indica que la película para vacío proporcionó mayor pureza del color del aguacate mínimamente

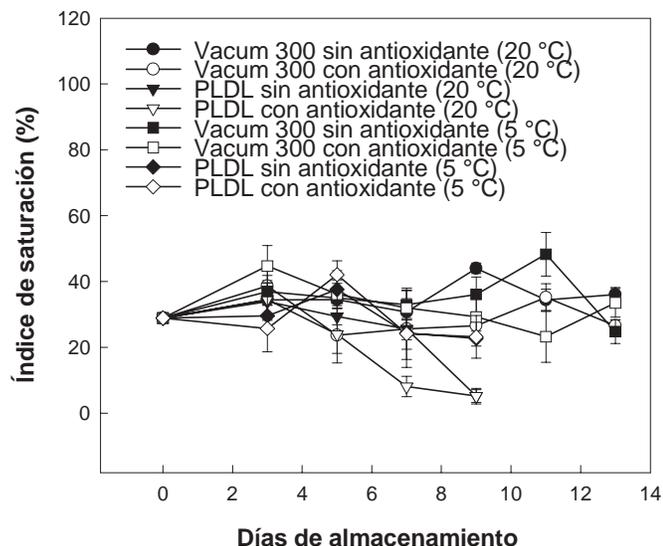


FIGURA 3. Cambios en el índice de saturación en aguacate 'Hass' mínimamente procesado almacenado a diferentes temperaturas y películas plásticas. Medias \pm error estándar.

procesado a lo largo del período de almacenamiento, contribuyendo a mantener el color y apariencia agradables para el consumidor.

Por último y para el valor "L", se encontraron diferencias significativas con respecto al valor inicial (53.87 %) entre los tratamientos que permanecieron trece días en almacenamiento a 20 y 5 °C, para la película Vacum 300, se observó efecto del antioxidante sobre la brillantez encontrando diferencias significativas entre los tratamientos, siendo los mejores el de Vacum 300 sin antioxidante a 20 y 5 °C con 67.01 y 65.87 %, respectivamente (Figura 4).

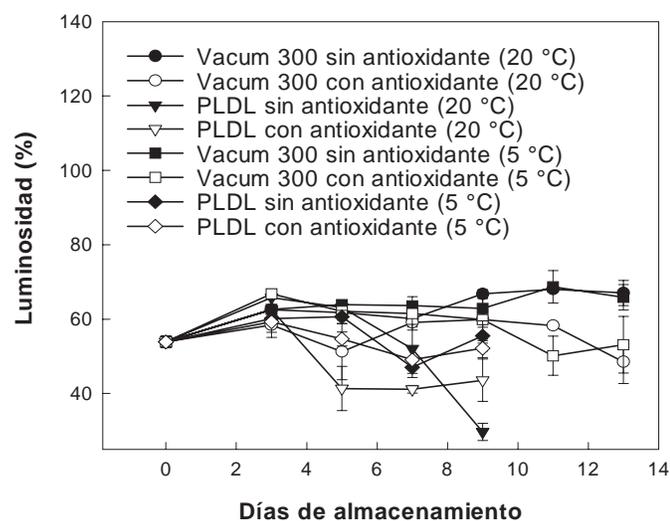


FIGURA 4. Cambios en la luminosidad en aguacate mínimamente procesado almacenado a diferentes temperaturas y películas plásticas. Medias \pm error estándar.

Lo cual indica que al adicionar antioxidante al aguacate mínimamente procesado se ve incrementado su brillo, con lo que el producto se conservó aceptable durante el período de almacenamiento (13 días) con las mismas características. En el presente trabajo se pudo observar que las coordenadas de cromaticidad CIE (índice de saturación y brillantez), ubican al estado inicial del aguacate mínimamente procesado con un color amarillo muy claro. Para la película PLDL con y sin antioxidante a 20 °C de un color amarillo muy grisáceo y para PLDL con y sin antioxidante a 5 °C con un color amarillo grisáceo. Para los frutos con la película Vacum 300 sin antioxidante a 20 y 5 °C, amarillo claro y para Vacum 300 con antioxidante a 20 y 5 °C un color amarillo intenso lo que hace a éste último tratamiento el que confiere mayor calidad de color al producto almacenado.

Polifenoloxidasas

La actividad de la polifenoloxidasas en el aguacate mínimamente procesado conservado en películas Vacum 300, fue menor que en los tratamientos con PLDL (Figura 5), encontrando diferencia significativa entre los tratamientos sobre la actividad de la enzima, siendo los tratamientos de Vacum 300 con y sin antioxidante almacenados durante nueve días a 5 °C con 723.55 y 577.84 U·g⁻¹·min⁻¹, respectivamente; los que presentaron menor actividad de la enzima, comparativamente con los tratamientos de la película PLDL (polietileno de baja densidad lineal), en donde los niveles de actividad de la enzima fueron muy superiores. Es de esperarse el hecho de que en la medida que el aguacate mínimamente procesado se encuentra más expuesto a temperaturas altas (10 a 20 °C), se ablanda con mayor rapidez (Pantastico, 1984), además de que se ha propuesto que la actividad de la polifenoloxidasas se encuentra íntimamente relacionada con el daño físico ocurrido por la exposición a bajas temperaturas, causando desorden celular, debido a la unión entre la polifenoloxidasas y el sustrato (fenoles) ocasionando la degradación de compuestos fenólicos, síntoma característico de este tipo de estrés (Underhill, 1992).

En cuanto a los tratamientos de vacío que se almacenaron trece días, existe diferencia significativa entre ellos, al tiempo en que se hizo evidente el efecto de la temperatura sobre la actividad de la polifenoloxidasas; de manera que los mejores tratamientos, que registraron la menor actividad de la enzima fueron Vacum 300 con y sin antioxidante almacenados a 5 °C con 396.21 y 386.23 U·g⁻¹·min⁻¹, respectivamente.

Lelyveld *et al.* (1984), encontraron que el oscurecimiento de la pulpa de aguacate está asociado con el incremento de la actividad de polifenoloxidasas y peroxidasa, no cambiando las concentraciones de fenoles y de fenilalaninamonialasa. Los resultados obtenidos en su trabajo sugieren que el almacenamiento a bajas

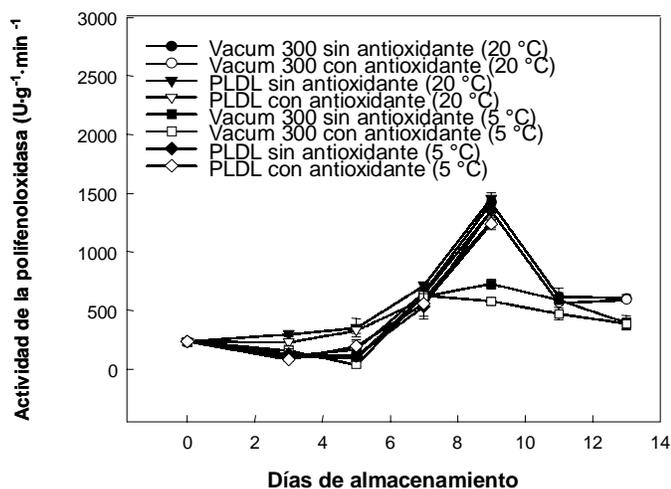


FIGURA 5. Actividad de la polifenoloxidasas en aguacate mínimamente procesado almacenado a diferentes temperaturas y películas plásticas. Medias \pm error estándar.

temperaturas predispone el oscurecimiento del mesocarpio y que éste se presenta después por condiciones de anaerobiosis.

Evaluación sensorial

De todos los tratamientos almacenados a 5 °C, sobresalieron los tratamientos con Vacum 300 con y sin antioxidante, con los que se obtuvieron mejores características en los atributos color y apariencia; en cuanto a consistencia y aroma no se encontró diferencia significativa y en el atributo sabor. El mejor tratamiento fue el de Vacum 300 sin antioxidante, con lo que a esta temperatura de almacenamiento los tratamientos que tuvieron mayor aceptación por parte de los consumidores fueron los de Vacum 300 con y sin antioxidante (Figura 6).

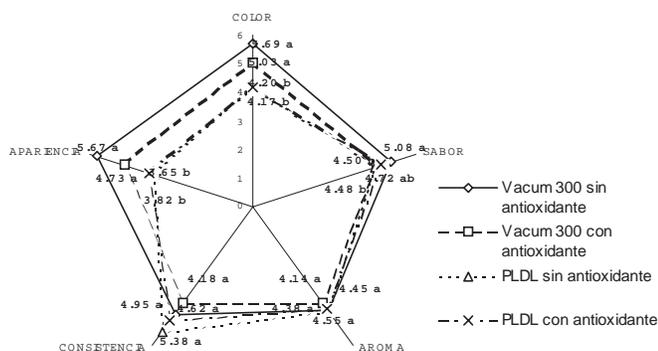


FIGURA 6. Atributos sensoriales de aguacate mínimamente procesado almacenado con diferentes películas plásticas a 5 °C. PLDL indica polietileno de baja densidad lineal. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Friedman a una $P \leq 0.05$.

De esta manera y para los tratamientos almacenados a 20 °C (Figura 7), encontramos diferencia significativa en los atributos color, apariencia y sabor, siendo el tratamiento con Vacum 300 sin antioxidante el que presentó las mejores características en estos atributos; es decir, que fue el tratamiento que tuvo más aceptación por parte de los consumidores; así mismo no se encontró diferencia significativa en el atributo consistencia, mientras que para el atributo aroma el mejor tratamiento fue el de PLDL sin antioxidante; así pues, de los tratamientos aplicados a temperatura ambiente el mejor fue Vacum 300 sin antioxidante.

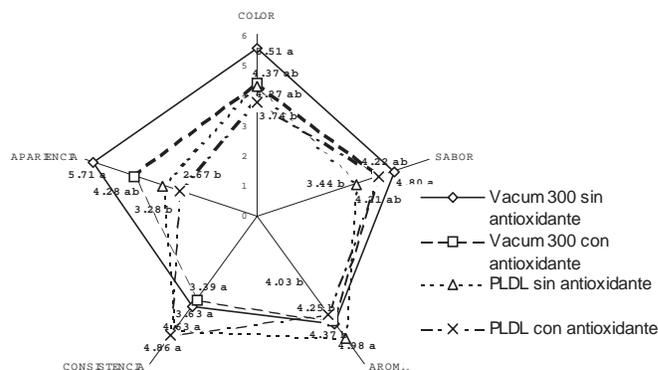


FIGURA 7. Atributos sensoriales de aguacate mínimamente procesado almacenado con diferentes películas plásticas a 20 °C. PLDL indica polietileno de baja densidad lineal. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Friedman a una $P \leq 0.05$.

CONCLUSIÓN

La película para vacío (Vacum 300) combinada con una temperatura de 5 °C y una mezcla de antioxidantes (600 mg-litro⁻¹ de β -tocoferol, 800 mg-litro⁻¹ de ácido L-ascórbico y 400 mg-litro⁻¹ de butilhidroxi-tolueno a pH 7.0) tuvo la capacidad de mantener características sensoriales aceptables (color y apariencia) en las rebanadas de aguacate mínimamente procesado almacenado durante 13 días, preservando e incrementando el color característico de la pulpa del aguacate al final del período de almacenamiento con respecto al estado inicial. Dicho tratamiento, redujo notablemente la pérdida fisiológica de peso (PPF), y disminuyó considerablemente la actividad de la enzima polifenoloxidasas.

LITERATURA CITADA

- ABE, K.; WATADA, A. E. 1991. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruit and vegetables. *J. Food Sci.* 56: 1493-1496.
- ANÓNIMO. 1994. *Precise Color Communication*. Minolta. Osaka, Japan. 47 p.
- BEAUDRY, R.; CAMERON, A.; SHIRAZI, A.; DOSTAL-LANGE, D. 1992. Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit: effect of

- temperature on package O₂ y CO₂. J. Am. Soc. Hort. Sci. 117: 436-441.
- DANIEL, W. W. 1979. Bioestadística. Traducción PÉREZ, CASTELLANOS, J. H. Editorial Limusa, S.A. D. F., México. 485 p.
- DE GRAMMONT, H. C.; GÓMEZ-CRUZ, M. A.; GONZÁLEZ, H.; RINDERMANN, S. R. 1999. Agricultura de Exportación en Tiempos de Globalización. Red de Investigaciones Socioeconómicas en Hortalizas, Frutas y Flores, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agricultura y la Agroindustria Mexicana (CIESTAAM), Instituto de Investigaciones Sociales, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) y Juan Pablos, S. A. D. F., México. pp. 50-82.
- GORNY, J. R.; GIL, M. I.; KADER, A. A. 1998. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut pears. Acta Hort. 464: 231-236.
- GREENGRAS, J. 1995. Films para Envasado en Atmósfera Modificada. Ediciones A. Madrid Vicente. Madrid, España. 280 p.
- JINWEI, D.; PAULL, R. E. 1997. Comparison of leaf susceptibility to enzymatic blackening in *Protea neriifolia* R. Br. *Leucosperson* 'Rachel'. Postharvest Biology and Technology 11: 101-106.
- LELYVELD, L. J. VAN; GERISHI, C.; DIXON, R. A. 1984. Enzyme activities polyphenol related to mesocarp discoloration of avocado fruit. Phytochemistry 57: 221-226.
- MORALES-CASTRO, J.; RAO, M.; HOTCHKISS, J.; DOWNING, D. L. 1994. Modified atmosphere packaging of sweet corn on cob. J. Food Proc. Preserv. 18: 279-293.
- PANTASTICO, E. R. B. 1984. Fisiología de la Post-recolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales. Editorial Continental, S. A. D. F., México. 663 p.
- ROSEN, J. C.; KADER, A. A. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. J. Food Sci. 54: 656-659.
- SALTVEIT, M. E. 1998. Fresh-cut product biology, pp. 67-74. In: Fresh-cut Products: Maintaining Quality and Safety. UC Davis Postharvest Hort. Series No. 10. Davis, USA.
- UNDERHILL, S. J. R. 1992. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp browning. Trop. Sci. 32: 305-312.
- WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. Food Technol. 20: 116-122.