

MANEJO DE FRUTOS DE AGUACATE 'HASS' EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS EN POSTCOSECHA

Valle-Guadarrama, Salvador; Espinosa-Cruz, Carlos Cristóbal; Martínez-Damián, María Teresa

Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco de Mora, Estado de México 56230, México. Correo-e: svalleg@taurus.chapingo.mx

Resumen

Las atmósferas modificadas (AM) son sistemas de conservación de productos hortofrutícolas en postcosecha que usan películas plásticas como envase. El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.) 'Hass' en condiciones de refrigeración y atmósfera modificada en postcosecha. El uso de sistemas de AM con cuatro y dos microperforaciones de 200 µm fue adecuado para manejar los frutos a 18 y 5°C, respectivamente, pues se redujo pérdida de peso, velocidad de ablandamiento, velocidad de cambio de color y actividad fermentativa, con relación a un almacenamiento en aire normal.

Palabras clave adicionales: *Persea americana* Mill., microperforado, refrigeración.

POSTHARVEST HANDLING OF 'HASS' AVOCADO FRUIT IN MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING

Abstract

Modified atmosphere packaging (MAP) is a preservation system of horticultural products in postharvest that uses plastic films as envelope. The objective of this work was to evaluate the behavior of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) fruit under refrigeration and modified atmosphere conditions in postharvest. The use of MAP systems with four and two micro-perforations of 200 µm was adequate to handle fruit at 18 and 5°C, respectively, as weight loss, softening rate, color change rate, and fermentative activity were reduced, in relation to normal air storage.

Additional keywords: *Persea americana* Mill., microperforation, refrigeration.

Introducción

En México se encuentra el 25% de la superficie mundial cultivada de aguacate (*Persea americana* Mill.) y se genera hasta el 33% de la producción total de fruta (Téliz y Marroquín, 2007). El fruto de aguacate se consume principalmente en fresco y la refrigeración es el principal método de conservación (Pérez et al., 2004). Sin embargo, hay regiones productoras que carecen de infraestructura para manejo a baja temperatura, lo que crea la necesidad de explorar otras estrategias. Al respecto, se ha demostrado que las atmósferas modificadas tienen potencial para alargar la vida útil en postcosecha de este fruto (Hertog et al., 2003).

Las atmósferas modificadas (AM) se generan con envases cuyas paredes o fronteras se forman de películas plásticas. En el interior se coloca el material biológico a conservar, que

interacciona con la mezcla de gases que le rodea y, derivado de su actividad respiratoria, consume oxígeno (O_2) y produce (bióxido de carbono (CO_2)). Por otro lado, todos los plásticos son permeables a los gases en diferente grado y en forma selectiva, de forma que, en un sistema AM ocurre un intercambio gaseoso entre los ambientes interno y externo del envase. Estos dos tipos de interacción generan la modificación de la mezcla gaseosa que rodea al producto, lo que origina el nombre de esta tecnología. Al cabo de cierto tiempo, las velocidades de consumo o producción de los componentes gaseosos por parte del fruto se igualan con las velocidades de intercambio a través del polímero, y entonces la composición gaseosa dentro del envase alcanza un valor constante, llamado concentración de régimen estacionario o concentración de equilibrio (Mangaraj et al., 2009; Rodríguez-Félix et al., 2005). Existe abundante evidencia empírica que ha mostrado que el manejo de productos hortofrutícolas en atmósfera modificada puede causar alargamiento de la vida de anaquel, pues a medida que baja la concentración de O_2 y se eleva la de CO_2 se produce reducción de la tasa de producción y acción de etileno (C_2H_4), reducción en la degradación de clorofila y síntesis de antocianinas y carotenoides, reducción del proceso de ablandamiento, retardo en pérdida de acidez e incremento de la resistencia a daños por frío (Kader, 2002).

Las AM son sistemas sencillos de implementar, pero comúnmente difíciles de controlar. La razón de esto es que, aunque el material plástico que envuelve al producto permite intercambio de oxígeno y dióxido de carbono con el exterior, si la actividad respiratoria causa consumo de O_2 y producción de CO_2 a mayor velocidad, pueden generarse condiciones de reducción excesiva del primero y elevación excesiva del segundo (Valle-Guadarrama et al., 2009). Todos los productos hortofrutícolas exhiben cierto valor de tolerancia a la baja disponibilidad de O_2 y alta concentración de CO_2 . Por ello, es necesario que la condición de equilibrio de O_2 en la AM resulte mayor al valor de dicha tolerancia y que la correspondiente a CO_2 resulte menor al valor que el producto soporta. Si lo anterior no ocurre se declara que la AM tiene una operación inadecuada pues se originan condiciones de fermentación (Valle-Guadarrama et al., 2013), que pueden originar el deterioro del material con mayor rapidez que si no se hubiera usado ningún método de conservación. Una manera de controlar el intercambio gaseoso enfocado a evitar condiciones de deterioro en un sistema de atmósfera modificada es el uso de microperforado, que consiste en el desarrollo de perforaciones en el envase plástico con diámetro igual o menor a $200\ \mu m$ (Monroy-Gutiérrez et al., 2013; Makino et al., 2008). En tal contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento postcosecha de frutos de aguacate 'Hass' manejados en condiciones de atmósfera modificada. Con objeto

de realizar un control del intercambio gaseoso a través del envase plástico se realizaron evaluaciones en sistemas de atmósfera modificada con microperforaciones.

Materiales y Métodos

Material vegetal

Se usaron frutos de aguacate 'Hass' en madurez fisiológica, con 192.2 g de peso y 22.2% de materia seca, que fueron cosechados en Uruapan, Michoacán, México.

Evaluación del comportamiento postcosecha de frutos

Se formaron cuatro grupos denominados T18A, T18M, T5A y T5M, que se integraron de 24 unidades experimentales (UE) de tres frutos cada una. Las UE de T18M se colocaron a 18°C dentro de recipientes de tereftalato de polietileno (PET) de 1.87 L, que tenían cuatro microperforaciones de 200 µm hechas con un alfiler. Las UE de T5M se colocaron a 5°C en recipientes de PET que tenían dos microperforaciones de 200 µm. Las UE de T18A y T5A se colocaron en charolas de unigel expuestas a aire normal a 18 y 5°C, respectivamente. El día de instalación del experimento y posteriormente cada tres o cuatro días, hasta completar 21 d a 18°C o 28 d a 5°C, respectivamente, se retiraron tres UE de cada tipo de manejo, para evaluar los frutos en términos de pérdida de peso, color de cáscara, firmeza de pulpa y contenido de metabolitos anaerobios (acetaldehído y etanol). El nivel de microperforado usado en cada condición térmica fue determinado en una fase preliminar. La pérdida de peso se expresó en porcentaje respecto al peso inicial de los frutos. El color se evaluó con un colorímetro Hunter Lab® (Mini Scan XE Plus 45/0-L, USA) y se expresó como ángulo de matiz. La firmeza se expresó en Newtons (N), como el promedio de tres determinaciones hechas en los frutos con un analizador de textura (TA-XT2i®, Stable Microsystems, UK), equipado con un aditamento esférico de 5 mm de diámetro, el cual deformó la pulpa hasta 2.5 mm a tasa de 3 mm s⁻¹. Para medir contenido de metabolitos anaerobios se adaptó el método de Davis y Chase (1969) por medio de un equipo de cromatografía de gases (Varian Star®, 3400CX, USA).

Análisis de datos

Los resultados se analizaron conforme a un arreglo factorial 2×2 alojado en un diseño completamente al azar, donde la temperatura T (18 y 5°C) y el tipo de ambiente (M: aire normal y AM con microperforado) constituyeron factores de variación. Los datos se sometieron a análisis de varianza y rutinas de comparación de medias (Tukey, 0.05).

Resultados y Discusión

Producción de metabolitos anaerobios

La temperatura (T) y el tipo de ambiente (M) afectaron significativamente la producción de metabolitos anaerobios ($P \leq 0.05$; Cuadro 1). A 18°C el manejo en aire causó producción promedio de 330.8 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$, con un incremento súbito a partir del día 16 de almacenamiento, lo cual contrastó ($P \leq 0.05$) con la producción de 132.8 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ observada en el material de AM, donde no hubo grandes variaciones (Figura 1a), lo que sugiere que los frutos de la condición térmica alta experimentaron alteración en su comportamiento metabólico. Se ha demostrado que en frutos de aguacate 'Hass' puede observarse la manifestación combinada de metabolismos aeróbico (oxidativo) y anaeróbico (fermentativo), derivado de una insuficiente provisión de O_2 , lo que propicia el incremento de la producción de compuestos de la fermentación (Valle-Guadarrama et al., 2013).

Cuadro 1. Análisis de varianza de la evaluación del efecto de la temperatura (T: 18 ó 5°C) y el tipo de ambiente (A: aire o AM) sobre el comportamiento postcosecha de frutos de aguacate 'Hass'.

FV	F _{0.05}	Valores de F			
		Met-An	PP	H*	Firm
T	3.98	5.9 *	31.5 *	25.4 *	46.0 *
M	3.98	5.4 *	530.1 *	178.8 *	98.8 *
T×M	3.98	5.2 *	257.8 *	163.4 *	13.8 *
CV (%)	--.--	89.89	52.37	9.08	18.88

FV = factor de variación; CV = coeficiente de variación; PP = pérdida de peso; Met-An = metabolitos anaerobios; Firm = firmeza; * = efecto significativo a $P \leq 0.05$.

En cambio, a 5°C no hubo diferencia en la producción de estos metabolitos entre los dos tipos de manejo (aire y AM) y los valores promedio fueron de 30.2 y 26.4 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente (Figura 1a), lo que muestra que la baja temperatura reduce de forma importante la actividad metabólica y compensa el bajo suministro de O_2 que puede producirse en un manejo en AM. En tal sentido se confirmó que las condiciones de AM con cuatro perforaciones a 18°C y las dos condiciones de manejo a 5°C con dos perforaciones mostraron características que pueden favorecer el manejo de los frutos en postcosecha, pues la actividad fermentativa que causaron fue baja.

Pérdida de peso

Esta variable también fue afectada por T y M ($P \leq 0.05$; Cuadro 1). En ambas temperaturas el manejo en aire causó los cambios más grandes de peso, que alcanzaron pérdidas de

35.9% a 18°C y de 5.7% a 5°C, que contrastaron ($P \leq 0.05$) con el valor promedio menor a 1% observado en los materiales manejados en AM, sin diferencia en éstos por efecto de temperatura (Figura 1b). La pérdida de peso en postcosecha se atribuye principalmente a transpiración causada por un déficit de presión de vapor del producto con relación a su entorno, el cual, por la baja humedad relativa se incrementó en la condición de aire natural y mayor temperatura. De hecho, el uso de películas plásticas y refrigeración se encuentra entre las estrategias sugeridas para disminuir la pérdida de peso (Ben-Yehoshua y Rodov, 2003), pues contribuyen a reducir el déficit mencionado, lo cual explica el efecto observado a 5°C y AM en el presente trabajo.

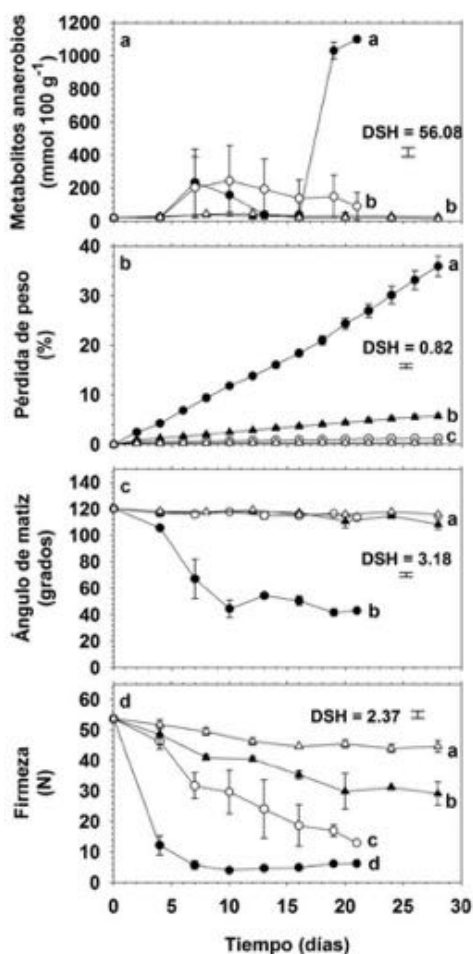


Figura 1. Producción de metabolitos anaerobios (a), variación de pérdida de peso (b), ángulo de matiz (c) y firmeza (d) en frutos de aguacate 'Hass' almacenados en atmósfera modificada (AM) a 18 y 5°C. Símbolos: (●, T18A; aire normal a 18°C), (○, T18M; AM con 4 microperforaciones a 18°C), (▲, T5A; aire normal a 5°C), (△, T5M; AM con 2 microperforaciones a 5°C). DSH es diferencia significativa honesta (Tukey, 0,05). Cada valor representa la media de tres observaciones y las barras indican error estándar. Letras minúsculas distintas indican diferencia significativa general.

Color de la cáscara

El color de cáscara es un atributo que se relaciona de manera directa con el grado de madurez en frutos de aguacate 'Hass' (Cox et al., 2004; Hertog et al., 2003; Osuna et al., 2005). En el presente trabajo esta variable se afectó por la temperatura y por el tipo de ambiente ($P \leq 0.05$; Cuadro 1). Con manejo refrigerado, ya sea en aire o en AM, y el de AM a 18°C, el color se mantuvo prácticamente sin cambios, en tanto que con manejo en aire a 18°C se observaron cambios del valor inicial de 120° hasta 42.9° al cumplirse 21 d de almacén (Figura 1c), lo cual constituye una evidencia del efecto positivo del manejo en baja temperatura y AM en el retraso de la maduración.

Firmeza

El ablandamiento es el rasgo más característico del proceso de maduración de un fruto de aguacate 'Hass' y se considera un criterio de referencia para evaluar la vida postcosecha potencial (Ochoa-Ascencio et al., 2009). En el presente trabajo la firmeza se afectó por los dos factores evaluados (T y M), entre los cuales hubo interacción significativa ($P \leq 0.05$; Cuadro 1). En todos los casos hubo reducción notable de la firmeza con el tiempo ($P \leq 0.05$), con la mayor velocidad de cambio en el manejo en aire a 18°C, seguida por los sistemas manejados en AM a 18°C, aire a 5°C y AM a 5°C, en ese orden, con diferencia significativa entre ellos (Figura 1d). En el tratamiento de aire a 18°C, los frutos resultaron blandos en 7 d, al cambiar la firmeza de 53.6 a 5.7 N en la condición de consumo, en tanto que con el manejo en AM a la misma temperatura la firmeza era aún de 16.9 N al cumplirse 19 d de almacenamiento. Por tanto, el manejo en AM con microperforado puede ser una alternativa adecuada para zonas productoras de aguacate donde no existe infraestructura de refrigeración. Por otro lado, fue evidente que el mejor tratamiento fue el que combinó refrigeración (5°C) con AM microperforada, pues la firmeza sólo cambió de 53.6 a 44.6 N en 28 d de almacenamiento.

Conclusiones

El uso de refrigeración permitió reducir cambios de peso, firmeza y color en los frutos de aguacate 'Hass', características que constituyen referentes importantes de la calidad de los mismos. Al combinar esta estrategia con sistemas de AM con microperforado las velocidades de pérdida de peso, ablandamiento y oscurecimiento de cáscara tuvieron los valores más bajos, con baja actividad fermentativa, con lo cual se probó que el manejo en

atmósfera modificada con microperforado es una alternativa viable para el manejo de frutos de aguacate 'Hass' en postcosecha.

Literatura Citada

- Ben-Yehoshua S. and V. Rodov. 2003. Transpiration and water stress. pp: 111-159. In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. Bartz J. A. and J. K. Brecht (eds). University of Florida. Gainesville, Florida.
- Cox K. A., T. K. McGhie, A. White and A. B. Woolf. 2004. Skin color and pigment changes during ripening of 'Hass' avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology* 31:287-294.
- Davis P. L. and W. G. Chase. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of head space. *HortScience* 4:117-119.
- Hertog M. L. A. T. M., S. E. Nicholson and K. Whitmore. 2003. The effect of modified atmospheres on the rate of quality change in 'Hass' avocado. *Postharvest Biology and Technology* 29:41-53.
- Kader A. A. 2002. Modified Atmosphere During Transport and Storage. pp. 135-144. In: Kader A. A. (ed). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. California: University of California, Agriculture and Natural Resources, Davis.
- Makino Y., S. Oshita, Y. Kawagoe and A. Tanaka. 2008. Simultaneous prediction of oxygen and carbon dioxide concentrations in a perforated pouch with light red tomato fruits by a mathematical model. *Transactions of the ASABE* 51:559-565.
- Mangaraj S., T. K. Goswami and P. V. Mahajan. 2009. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review. *Food Engineering Reviews* 1:133-158.
- Monroy-Gutiérrez T., S. Valle-Guadarrama, T. Espinosa-Solares, M. T. Martínez-Damián and A. Pérez-López. 2013. Effect of microperforation and temperature on quality of modified atmosphere packaged huitlacoche (*Ustilago maydis*). *CyTA – Journal of Food* 11:309-317.
- Ochoa-Ascencio S., M. L. A. T. M. Hertog and B. M. Nicolaï. 2009. Modelling the transient effect of 1-MCP on 'Hass' avocado softening: a Mexican comparative study. *Postharvest Biology and Technology* 51:62-72.
- Osuna G. J. A., J. A. Beltrán and V. V. Valdivia. 2005. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre el comportamiento postcosecha del aguacate 'Hass'. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28:1-8.
- Perez K., J. Mercado and H. Soto-Valdez. 2004. Note. Effect of storage temperature on the shelf life of Hass avocado (*Persea americana*). *Food Science and Technology International* 10:73-77.
- Rodríguez-Felix A., M. Rivera-Domínguez, and G. A. González-Aguilar. 2005. Uso de Atmósferas Modificadas y Controladas. pp. 446-474. In: González-Aguilar G.A., A. A. Gardea and F. Cuamea-Navarro (eds.). *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), México.
- Téliz O. D. and P. F. J. Marroquín. 2007. Importancia Histórica y Socioeconómica del Aguacate. pp:1-28. In: *El Aguacate y su Manejo Integrado (Segunda Edición)*. D Téliz, A Mora (eds.). Ediciones Mundi-Prensa. México.
- Valle-Guadarrama S., A. Gómez-Cruz, F. Cruz-Cruz and A Chan-Chi. 2009. Modelado de una atmósfera modificada para conservar frutos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*). *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 1: 33-38.
- Valle-Guadarrama S., M. Morales-Cabrera, C. B. Peña-Valdivia, B. Mora-Rodríguez, I. Alia-Tejagal, J. Corrales-García and A. Gómez-Cruz. 2013. Oxidative/fermentative behavior in the flesh of 'Hass' avocado fruits under natural and controlled atmosphere conditions. *Food and Bioprocess Technology* 6:272-282.