

COMPORTAMIENTO POSTCOSECHA DE FRUTOS DE ILAMA (*Annona diversifolia*) EN MADUREZ COMESTIBLE ALMACENADOS EN ATMÓSFERA MODIFICADA

POSTHARVEST BEHAVIOR OF ILAMA (*Annona diversifolia*) FRUITS AT EDIBLE MATURITY STORED IN A MODIFIED ATMOSPHERE

Salvador Valle-Guadarrama^{1*}, Xóchitl G. Ruiz-Sánchez¹, Crescenciano Saucedo-Veloz², Adalberto Gómez-Cruz¹ y Lila M. Marroquín-Andrade³

¹Departamento de Ingeniería Agroindustrial y ³Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Carr. México-Textcoco km 38.5, 56230, Chapingo, Edo. de México, México. ²Fruticultura, Colegio de Postgraduados, Carr. México-Textcoco km 36.5, 56230, México, México.

*Autor para correspondencia (svalleg@taurus.chapingo.mx)

RESUMEN

El fruto de ilama o papaya (*Annona diversifolia* Saff.) tiene potencial alto de comercialización, pero esto se limita porque su vida de anaquel es muy corta, porque los productores lo cosechan cuando llega a madurez comestible, y porque se desconoce su respuesta al uso de tecnologías para aumentar la vida útil. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del uso de atmósferas modificadas (AM) en la calidad postcosecha de frutos de ilama en madurez de consumo almacenados a 20 °C. Se realizaron almacenamientos durante 9 d en atmósfera de aire natural (AN) y en AM con polietileno de baja densidad de 33 µm de espesor. Los frutos de AM tuvieron 91 % menos pérdida de peso y mayores valores de firmeza (1.2 N), en comparación con los de AN. La respiración fue de 97.1 mL kg⁻¹ h⁻¹, sin diferencia entre tratamientos. Tampoco hubo diferencia en contenido de acidez, sólidos solubles totales y azúcares totales, cuyos valores promedio fueron de 0.20 %, 17.9 °Brix y 17.6 %, respectivamente. Sin embargo, el contenido de azúcares reductores, que varió entre 4 y 10 %, fue mayor en el material manejado en AM. La atmósfera modificada probó ser útil para reducir las velocidades de pérdida de peso y ablandamiento, lo que puede permitir un tiempo de manejo postcosecha mayor de los frutos de ilama.

Palabras clave: *Annona diversifolia*, papaya, atmósferas modificadas, calidad postcosecha.

SUMMARY

The ilama fruit or papaya (*Annona diversifolia* Saff.) has high commercialization potential, but this is limited due to its high perishability, edible maturity at harvesting, and its responses to technologies focused to extend shelf life are unknown. The objective of the work was to evaluate the effect of using modified atmospheres (MA) on the postharvest quality of ilama fruits at ripe maturity stored at 20 °C. Two treatments were evaluated during a period of 9 d: storage in MA with low density polyethylene of 33 µm thickness, and storage in natural air (NA). Fruits of MA had 91 % less weight loss and higher firmness values (1.2 N) than those of NA. The respiratory activity had an average value of 97.1 mL kg⁻¹ h⁻¹, without difference between treatments. There was not difference either in contents of acidity, total soluble solids and total su-

gars, whose average values were 0.20 %, 17.9 °Brix and 17.6 %, respectively. However, reducing sugars content, which varied between 4 and 10 %, had the highest values in material handled in MA. The modified atmosphere proved to be useful for reducing weight losses and softening rate of ilama fruits, thus allowing longer postharvest storage periods.

Index words: *Annona diversifolia*, papaya, modified atmospheres, postharvest quality.

INTRODUCCIÓN

La familia de las Anonáceas comprende alrededor de 50 géneros, entre los cuales *Annona*, *Rollinia* y *Asimina* producen frutos comestibles y los dos primeros son de importancia comercial (George y Nissen, 2003). La mayoría de las especies del género *Annona* provienen de Suramérica y América Central (Pinto, 2005); México se reconoce como centro de origen de *Annona longifolia* (Jalisco) y *A. longipes* (Veracruz), en tanto que la región del Sureste de México y Guatemala es el origen de *A. diversifolia*, *A. purpurea* y *A. scleroderma* (Ferreira y Pinto, 2005).

Las anonas son consumidas como frutos frescos, productos semi-procesados y procesados, especialmente en postres (Cordeiro *et al.*, 2005); además poseen aplicaciones medicinales (González-Trujano *et al.*, 2009) y nutraceuticas (Julián-Loeza *et al.*, 2011). Según Pareek *et al.* (2011), sus frutos se clasifican como climatéricos, con respiración que puede tener comportamiento mono o bifásico y ascender hasta 350 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 25-30 °C en algunas especies, con producción de etileno que puede alcanzar valores entre 46.2 y 68.5 µL kg⁻¹ h⁻¹ en algunos cultivares de chirimoya (*A. cherimola* Mill.), lo cual se traduce en un ablandamiento rápido de la pulpa que dificulta el manejo durante el transporte y la comercialización. Asimismo, estos autores señalaron que estos frutos pueden experimentar daño por frío y la temperatura mínima que resisten varía entre 7 y 15 °C en función de la especie.

El fruto de ilama o papaya (*A. diversifolia* Saff.) desarrolla peso entre 500 y 900 g. La pulpa, que puede alcanzar hasta 50 % del fruto, ostenta sabor y consistencia agradables al paladar (Julián-Loeza *et al.*, 2011; Moreno-Velázquez *et al.*, 2008). Según Julián-Loeza *et al.* (2011), este fruto posee capacidad antioxidante (IC₅₀) que varía de 1700 a 2000 µg mL⁻¹, situación que le confiere potencial de comercialización en estado fresco y procesado. Saucedo-Veloz y Arévalo-Galarza (2004) señalaron que la mayor demanda del fruto es en fresco, y que factores como estado de madurez al momento de cosecha, incidencia de pudriciones y elevado metabolismo, limitan significativamente su vida de anaquel en condiciones ambientales.

A este respecto, el criterio de cosecha de los productos regionales se identifica con el inicio de agrietamiento de la cáscara en la zona peripeduncular, como parte del fenómeno natural de dehiscencia, y se considera el índice

de mejores características de sabor y aroma del fruto. El manejo de los frutos en tal estado de madurez resulta bastante difícil, debido a su baja firmeza, alta susceptibilidad al ataque de microorganismos causantes de pudriciones, y a la falta de infraestructura de refrigeración en las zonas productoras, situación que plantea la necesidad de estudiar otras técnicas de conservación que permitan prolongar la vida postcosecha.

Se ha probado que muchos productos pueden alargar su vida de anaquel si se manejan en atmósfera modificada (AM), la cual es una técnica que usa bolsas plásticas como envase para crear un ambiente de composición gaseosa distinta a la del aire (Kader, 2002), y se caracteriza por una reducción de O₂ y elevación de CO₂ hasta niveles de equilibrio que dependen de la velocidad de respiración del producto, la permeabilidad del plástico y la temperatura, para modificar diversos procesos fisiológicos y se alargue la vida postcosecha (Kader y Saltveit, 2003). El plástico puede ser de distintos materiales, pero se prefieren los de alta permeabilidad a O₂ y CO₂ como el polietileno de baja densidad y el cloruro de polivinilo, para evitar condiciones que favorezcan la fermentación (Kader, 2002), y el primero es de mayor uso por su resistencia mecánica (Emond *et al.*, 1998).

Las AM se han probado con algunos frutos de anonas. Kader (1994) recomendó usar atmósferas a 10 °C con 5 % O₂ y 5 a 10 % CO₂ para conservar frutos de chirimoya hasta por seis semanas, aunque Wongs-Aree y Noichinda (2011) señalaron que la temperatura no debe ser inferior a 13 °C y las concentraciones de O₂ y CO₂ recomendadas para saramuyo (*A. squamosa* Linn.) y atemoya (*A. cherimola* Mill. x *A. squamosa* Linn.) son de 3 a 5 % y de 5 a 10 %, respectivamente. Palma *et al.* (1993) encontraron que después de 43 d de almacenamiento a 10 °C el uso de atmósferas con 5 % O₂ produjo frutos de chirimoya con consistencia de pulpa aún firme, y Yamashita *et al.* (2002) consiguieron alargar la vida postcosecha de frutos de atemoya de 13 a 17 d a 15 °C, mediante un envase en AM.

Como se desconoce la respuesta de los frutos de ilama en AM, es necesario estudiarla para poder impulsar una tecnología basada en esta opción, sobre todo en condiciones de temperatura ambiente. En este contexto, el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del uso de atmósferas modificadas (AM) en la calidad postcosecha de frutos de ilama almacenados a 20 °C en madurez de consumo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se usaron frutos de ilama de pulpa rosa desarrollados en

la región de Cd. Altamirano, Guerrero, México (18° 25' LN y 100° 31' LO), con peso de 567 (± 34) g y volumen de 646 (± 39) mL, cosechados en madurez comestible de acuerdo al inicio del agrietamiento de la cáscara en la zona peripeduncular.

Manejo experimental

Se evaluaron dos tratamientos a 20 (± 1) °C por 9 d: almacenamiento en atmósfera modificada (AM) en bolsas de 33 µm de espesor y área de 0.09 m², y almacenamiento en atmósfera de aire natural (AN), donde a partir de lecturas de temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo se determinó humedad relativa (HR) de 68 % (Felder y Rousseau, 2004). Se asignaron siete grupos de tres frutos para manejo en AM, y otros siete grupos para manejo en AN. A los 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 d se retiró un grupo de cada tipo de manejo, para evaluar los frutos enteros en términos de tasa respiratoria y pérdida de peso, y someter la pulpa de los mismos a medición de firmeza, acidez titulable, contenido de sólidos solubles totales (SST), concentración de azúcares totales, reductores y no reductores, y acumulación de metabolitos anaerobios.

La pérdida de peso se cuantificó con una balanza Ohaus® (USA) con precisión de 0.1 g, y se expresó como porcentaje relativo al peso inicial. La respiración se midió como velocidad de producción de CO₂ con un método estático que se basa en la masa de los frutos y en el cambio de concentración del aire en un recipiente cerrado (Mendoza y Báez, 2000). Los frutos se colocaron en recipientes herméticos de 2.4 L y se tomaron muestras del espacio de cabeza después de 1 h, las cuales se analizaron con un cromatógrafo de gases (Varian 3400CX®, USA) equipado con una columna capilar Chrompack® tipo poraplot Q, detector por conductividad térmica (TCD) y detector por ionización de flama (FID). Se usaron condiciones de 80 °C, 150 °C y 170 °C en la columna, inyector y detectores, respectivamente, con N₂ como gas de arrastre y presión en la columna de 158.5 kPa. La firmeza se midió con un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, 2005), con un aditamento cónico de 3 cm en la base y ángulo de 65° respecto al eje longitudinal, con una rutina de deformación en respuesta a la punción hasta 5 mm a velocidad de 4 mm s⁻¹. Las mediciones se hicieron en dos puntos de la zona ecuatorial de los frutos y los resultados se expresaron en newtons (N), como promedios de las dos evaluaciones.

Los sólidos solubles totales (SST) se expresaron en °Brix y se midieron en una gota de jugo de la pulpa de los frutos colocada en un refractómetro portátil Abbe® (American Optical; USA), con rango de 0 a 32 °Brix. Para determinar acidez titulable se tomaron 5 g de pulpa de cada fruto y se maceraron con 50 mL de agua destilada; posteriormente se

hizo un filtrado con tela “manta de cielo” y se tomó una alícuota de 10 mL que se tituló con una solución de NaOH 0.01N, para expresar los resultados como porcentaje de ácido cítrico (Yamashita *et al.*, 2002).

La determinación de azúcares totales, reductores y no reductores se hizo con el método 31.036 de la AOAC (1980). En forma breve, se prepararon soluciones acuosas de Fehling de CuSO_4 y tartrato de sodio-potasio-NaOH, las cuales se mezclaron en partes iguales y se estandarizaron con una solución de glucosa a 1 %. Se tomaron muestras de 20 g de los frutos para hacer un macerado con agua destilada y clarificarlas con acetato de plomo a 45 % y oxalato de potasio a 22 %. El extracto se empleó, por un lado, para titular la mezcla de soluciones de Fehling y determinar contenido de azúcares reductores con base en la estandarización con glucosa. Por otro lado, el extracto se sometió a un procedimiento de neutralización con NaOH y acidificación con HCl, para causar inversión de azúcares y usar la mezcla resultante para titular también las soluciones de Fehling, de lo cual se determinó el contenido de azúcares totales. Finalmente, a partir de la diferencia entre azúcares totales y reductores, se obtuvo el contenido de azúcares no reductores. Los resultados se expresaron en gramos por cada 100 g de muestra.

Para medir acetaldehído y etanol se usó el método de Davis y Chase (1969). Se tomaron muestras de 5 g de la pulpa de los frutos y se envasaron en viales de 37 mL, los cuales se incubaron a 60 °C en baño maría por 1 h, y la composición del espacio de cabeza se evaluó con la unidad de cromatografía de gases antes descrita, operada a 160 °C, 170 °C y 170 °C en la columna, inyector y detectores, respectivamente. Con base en la estequiometría de la ruta de la fermentación alcohólica (Taiz y Zeiger, 2006), las producciones molares de estos compuestos se sumaron para expresar contenido de metabolitos anaeróbicos en mol 100 mL^{-1} , como una medida de la actividad de fermentación hallada en los frutos.

Análisis de datos

Los tratamientos se condujeron conforme a un arreglo factorial alojado en un diseño completamente al azar, donde el tipo de empaque (AM y AN) y el tiempo (días de almacenamiento) constituyeron factores de variación. Se hizo un análisis de varianza y se aplicaron pruebas de comparación de medias mediante el estadístico de Tukey (0.05), con apoyo del programa SAS (SAS Institute, 1989). La unidad experimental fue un fruto y todas las mediciones se hicieron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de peso

El manejo en AM redujo en 91.2 % la pérdida de peso de los frutos, en comparación con el manejo en AN (Figura 1A). La pérdida fisiológica de peso en frutos se atribuye en alto grado a la transpiración que ocurre a través de estomas y lenticelas por un gradiente de presión de vapor entre el tejido y la atmósfera circundante al producto (Amarante y Banks, 2001). El comportamiento hallado en los frutos de AM sugiere que en ellos el gradiente fue pequeño, de forma que el flujo de vapor de agua hacia el entorno fue también pequeño. En contraste, la HR en el ambiente de los frutos manejados en AN fue de 68 %, lo que implica la presencia de un déficit de presión de vapor de 748 Pa (Felder y Rousseau, 2004), y a este hecho se atribuye la mayor pérdida de peso acumulada durante el almacenamiento.

Firmeza

El material tuvo firmeza inicial de $1.38 (\pm 0.47) \text{ N}$. No hay reportes de esta propiedad en frutos de ilama, pero para frutos como chirimoya y saramuyo se han reportado valores entre 27 y 34 N en madurez fisiológica y cambios hasta de 1 a 5 N durante la maduración (Pareek *et al.*, 2011). En el presente trabajo, la consistencia de pulpa se mantuvo con mayor valor ($P \leq 0.05$, Cuadro 1) en los frutos manejados en AM que en los frutos de AN (1.2 y 0.7 N, respectivamente) (Figura 1B). La tendencia durante el almacenamiento fue decreciente, pero no se detectaron cambios significativos de la firmeza durante el transcurso de los días ($P > 0.05$) y tampoco hubo interacción entre los factores de empaque y tiempo de almacenamiento (Cuadro 1).

Las anonas son frutos climatéricos (Pareek *et al.*, 2011) y Moreno-Velázquez *et al.* (2008) mostraron que el postclimaterio en frutos de ilama se asocia con agrietamiento de la cáscara en la zona peripeduncular, agrietamiento que ya se observaba en el material del presente trabajo desde el inicio del experimento. Por ello, los valores de firmeza observados correspondieron a modificaciones en el postclimaterio, en un proceso normal tendiente a la senescencia, pero aun en esta condición los resultados indican que la estrategia de embolsado en AM permitió un retraso en el proceso de senescencia y conservar la consistencia de la pulpa.

Respiración y producción de metabolitos anaerobios

La respiración fluctuó entre 50 y 150 $\text{mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a lo largo del almacenamiento (Figura 1C), con promedio de 99.3 $\text{mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ en los frutos de AM y de 94.8 $\text{mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ en los

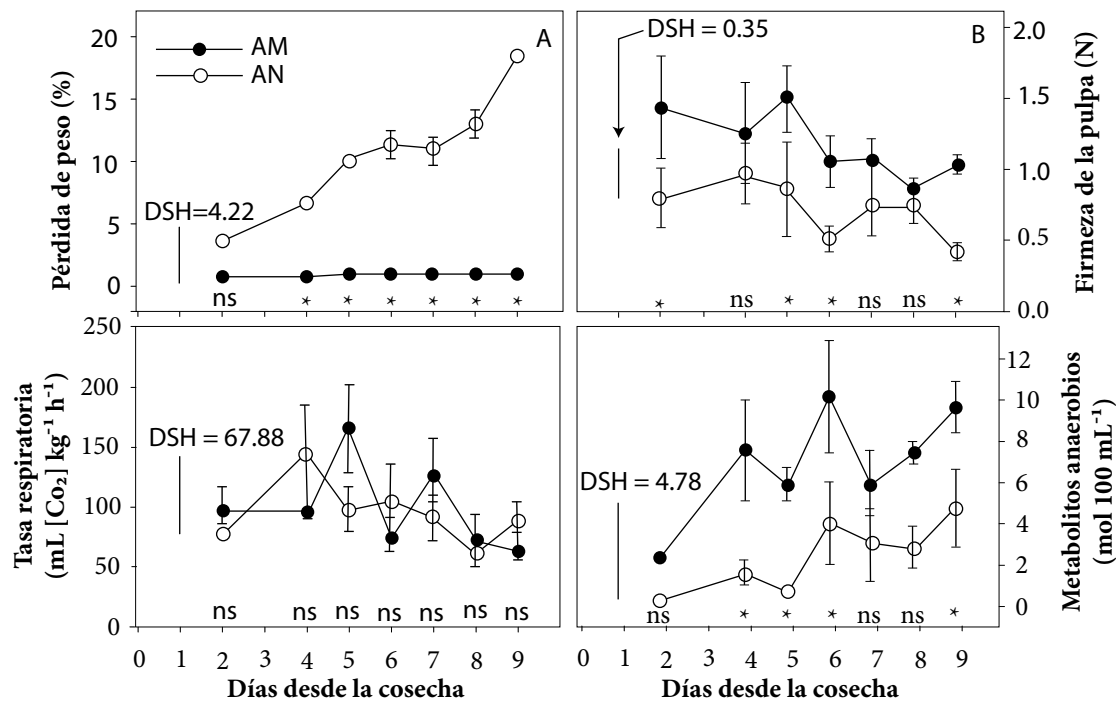


Figura 1. Pérdida de peso acumulada (A), firmeza de pulpa (B), velocidad de respiración (C) y producción de metabolitos anaerobios (D) en frutos de ilama en madurez de consumo almacenados en atmósfera modificada (AM) y en aire natural (AN). La notación * y ns indica diferencia significativa y no significativa, respectivamente, entre frutos de AM y AN, basada en la diferencia significativa honesta (DSH; Tukey, 0.05). La barra en cada punto corresponde al error estándar.

Cuadro 1. Cuadrados medios de características de frutos maduros de ilama almacenados por 9 d en dos ambientes (atmósfera modificada y aire natural) a 20 °C.

Fuente de variación	gl	PP	FI	RE	MF	SST	ACI	RBA	AZT	AZR	AZN
Ambiente (A)	1	975.2 **	2.20 **	209.57 ns	218 x 10 ⁶ **	10.00 ns	0.0182 ns	1762.1 ns	2.54 ns	28.88 *	14.28 ns
Tiempo (T)	6	34.9 **	0.21 ns	3471.32 ns	25 x 10 ⁶ **	13.63 ns	0.0033 ns	720.4 ns	9.29 ns	15.33 **	37.87 **
A x T	6	31.2 **	0.06 ns	2456.61 ns	3 x 10 ⁶ ns	15.21 ns	0.0197 ns	5664 ns	47.57 **	2.05 ns	42.86 ns
CV (%)		24.5	48.4	56.86	55.43	12.48	58.47	38.12	20.41	28.44	29.75

CV = coeficiente de variación; gl = grados de libertad; PP = pérdida de peso; FI = firmeza; RE = respiración; MF = metabolitos de la fermentación; SST = sólidos solubles totales; ACI = acidez; RBA = relación °Brix/acidez; AZT = azúcares totales; AZR = azúcares reductores; AZN = azúcares no reductores; ns = diferencia no significativa; *, ** = diferencia significativa a $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente.

de AN, sin diferencia entre tipos de empaque, ni entre días (Cuadro 1). Los valores hallados coincidieron con el reporte de Moreno-Velázquez *et al.* (2008), quienes identificaron que frutos de ilama del Estado de Guerrero, México, tuvieron un aumento súbito de la respiración hasta 127 mL kg⁻¹ h⁻¹ entre 58 y 78 d después de antes (DDA) y luego un descenso a aproximadamente 80 mL kg⁻¹ h⁻¹ entre 79 y 99 DDA.

En la actividad fermentativa de los frutos se detectaron diferencias causadas por el tipo de empaque y por el tiempo

de almacenamiento (Cuadro 1), que fue mayor ($P \leq 0.05$) en los frutos de AM (Figura 1D), aunque la producción de metabolitos fermentativos en el material de AN también se consideró alta. Además de etanol y acetaldehído, la ruta de la fermentación alcohólica produce CO₂ (Taiz y Zeiger, 2006) y por ello la actividad respiratoria de los frutos pudo deberse en parte a este hecho.

En litchi (*Litchi sinensis* Sonn.), cereza (*Prunus avium* L.) y aguacate (*Persea americana* Mill.) se observaron comportamientos similares, como reportaron Pesis *et*

al. (2002), Petracek *et al.* (2002) y Burdon *et al.* (2007), respectivamente, quienes observaron que la producción de metabolitos de la anaerobiosis puede ocurrir en estos materiales aun en condiciones aeróbicas externas. Al respecto, Pereira *et al.* (2009) mostraron que en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) se produce un aumento de la resistencia difusiva de gases a medida que el tejido se ablanda con la maduración, lo cual limita el flujo de O₂ hacia el interior.

Asimismo, Valle-Guadarrama *et al.* (2011) encontraron que la concentración de O₂ se reduce dentro de frutos de aguacate a medida que se reduce la concentración del gas en el exterior y también conforme avanza la maduración, con lo cual se estimula la actividad fermentativa. En el presente trabajo, la condición de tejido blando pudo haber favorecido la actividad fermentativa en ambos tratamientos (AM y AN), al dificultar el flujo de O₂ hacia el interior, pero la mayor actividad observada en los frutos de AM pudo ser resultado del efecto adicional de baja concentración de O₂ al interior de las bolsas de envase.

Sólidos solubles totales, acidez y azúcares

No se encontró diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos ni entre días de almacenamiento en contenido de SST, acidez titulable y relación °Brix/acidez (Cuadro 1, Figuras 2A, 2B y 2C). Los frutos tuvieron entre 17.4 y 18.3 °Brix, contenido de SST que es mayor al rango de 13.0 a 14.8 °Brix hallado por Moreno-Velázquez *et al.* (2008) en frutos de ilama desarrollados en el Estado de Guerrero, México, lo que muestra el efecto que pueden tener las condiciones ambientales o la heterogeneidad que puede encontrarse en la especie. El contenido de acidez varió entre 0.18 y 0.22 %, similar al valor de 0.17 % reportado por Julián-Loeza *et al.* (2011) para frutos de ilama de pulpa rosa desarrollados en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. El contenido de azúcares totales fue en promedio de 17.3 y 17.8 % en los frutos de AN y AM, respectivamente, sin diferencia ($P > 0.05$) entre los dos grupos ni entre días de almacenamiento (Cuadro 1, Figura 2D); estas magnitudes son mayores a los valores de 12.7 y 12.3 % reportados por Moreno-Velázquez *et al.* (2008) y Julián-Loeza *et al.* (2011), respectivamente, para un estado de madurez semejante.

En el caso de azúcares no reductores tampoco se encontró diferencia entre tipos de manejo (AM y AN), y en ambos tratamientos dichos azúcares disminuyeron ($P \leq 0.05$)

a medida que transcurrió el tiempo (Cuadro 1, Figura 2F), lo cual fue congruente con un aumento de los azúcares reductores (Figura 2E). En el caso de azúcares totales se detectó interacción significativa ($P \leq 0.05$) entre los factores de tipo de ambiente y tiempo de almacenamiento, pero ello correspondió más bien a un comportamiento irregular y sin tendencia de los frutos. Sin embargo, el contenido de azúcares reductores del material manejado en AM fue en general mayor ($P \leq 0.05$) al del manejado en AN, aunque en la comparación de medias en algunos días específicos no se aprecia con claridad este hecho (Figura 2E).

Moreno-Velázquez *et al.* (2008) encontraron que la cosecha de ilama a los 85 d después de anthesis garantiza frutos con altos contenidos de azúcares totales, reductores y SST. Sin embargo, dicho criterio no está difundido ni es aceptado entre los productores de la especie, quienes hacen la cosecha al inicio de la dehiscencia natural de la cáscara en la zona peripeduncular, estado denominado como madurez de consumo. En el presente trabajo los frutos presentaban este estado desde el inicio del almacenamiento, y a ello se atribuye la ausencia de cambios característicos en azúcares totales y SST de frutos de anonas (Pareek *et al.*, 2011).

Por su parte, Yamashita *et al.* (2002) mostraron que el fruto de atemoya tiene vida útil de 4 d a 25 °C, la cual puede extenderse hasta 13 d con refrigeración a 15 °C y hasta 17 d con la combinación de refrigeración y manejo en AM. En el caso de ilama no hay trabajos publicados que muestren los beneficios de un manejo refrigerado, pero los datos del presente trabajo señalaron que el uso de atmósferas modificadas puede constituir una alternativa de manejo, pues contribuyó a reducir las velocidades de pérdida de peso y de ablandamiento. Sin embargo, es necesario mejorar el manejo de índices de cosecha en las zonas productoras, con el fin de conseguir mayores periodos de almacenamiento.

CONCLUSIONES

La aplicación de atmósferas modificadas (AM) a 20 °C es útil para reducir las velocidades de pérdida de peso y ablandamiento en frutos de ilama, lo que puede permitir márgenes mayores de comercialización. Asimismo, en la condición de madurez comestible la respiración no resulta alterada y la AM no modifica los contenidos de sólidos solubles totales, acidez y azúcares totales, pero incrementa el nivel de azúcares reductores.

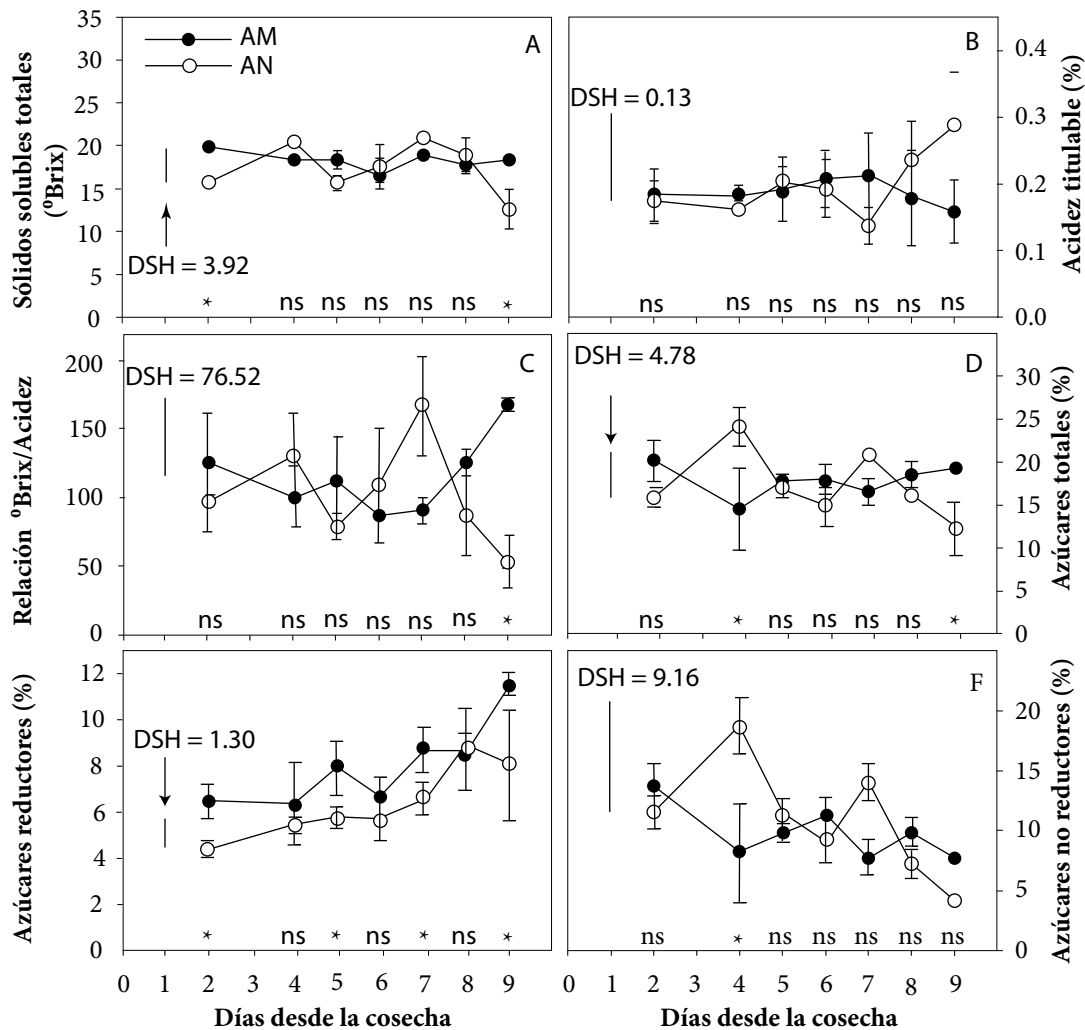


Figura 2. Contenido de sólidos solubles totales (A), acidez titulable (B), relación °Brix/acidez (C), azúcares totales (D), azúcares reductores (E) y azúcares no reductores (F) en frutos de ilama en madurez de consumo almacenados en atmósfera modificada (AM) y en aire natural (AN). La notación * y ns indica diferencia significativa y no significativa, respectivamente, entre frutos de AM y AN, basada en la diferencia significativa honesta (DSH; Tukey, 0.05). La barra en cada punto corresponde al error estándar.

BIBLIOGRAFÍA

- Amarante C, N H Banks (2001) Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. Hort. Rev. 26:161-237.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1980) Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th ed. AOAC. Washington, USA. pp:515-518.
- Burdon J, N Lallu, C Yearsley, D Burmeister, D Billing (2007) The kinetics of acetaldehyde and ethanol accumulation in 'Hass' avocado fruit during induction and recovery from low oxygen and high carbon dioxide conditions. Postharv. Biol. Technol. 43:207-214.
- Cordeiro M C R, A C de Q Pinto, S R M de Andrade (2005) Usos. In: Annona Species. J T Williams, R W Smith, A Hughes, N Haq, C R Clement (eds). International Centre for Underutilised Crops. University of Southampton, UK. pp:39-45.
- Davis P L, W G Chase (1969) Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of head space. HortScience 4:117-119.
- Emond J B, K Y Chau, J K Brecht, M O Ngadi (1998) Mathematical modeling of gas concentration profiles in modified atmosphere bulk packages. Transact. ASAE 41:1075-1082.
- Felder M, W Rousseau (2004) Principios Elementales de los Procesos Químicos. 3a ed. Ed. Limusa Wiley. México. 712 p.
- Ferreira F R, A C de Q Pinto (2005) Genetic resources. In: Annona Species. J T Williams, R W Smith, A Hughes, N Haq, C R Clement (eds). International Centre for Underutilised Crops. University of Southampton, UK. pp:46-52.
- George A P, R J Nissen (2003) Annonaceous fruits. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. 2nd ed. Maroochy Horticultural Research Station, Nambour, Queensland, Australia. pp:239-243.
- González-Trujano M E, L López-Meraz, A Reyes-Ramírez, M Aguilón, A Martínez (2009) Effect of repeated administration of *Annona diversifolia* Saff. (ilama) extracts and palmitone on rat amygdala kindling. Epilepsy and Behavior 16:590-595.

- Julián-Loeza A P, N F Santos-Sánchez, R Valadez-Blanco, B S Sánchez-Guzmán, R Salas-Coronado (2011)** Chemical composition, color, and antioxidant activity of three varieties of *Annona diversifolia* Safford fruits. *Indust. Crops Prod.* 34:1262-1268.
- Kader A A (2002)** Modified atmosphere during transport and storage. *In: Postharvest Technology of Horticultural Crops.* A A Kader (ed). University of California, Agriculture and Natural Resources, Davis, California. pp:135-144.
- Kader A A (1994)** Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. *In: Postharvest Handling of Tropical Fruits: Proc. International Conference Held at Chiang Mai, Thailand.* B R Champ, E Highley, G I Johnson (eds). ACIAR Proc. 50. pp:239-249.
- Kader A A, M E Saltveit (2003)** Respiration and gas exchange. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables.* J A Bartz, J K Brecht (eds). Gainesville, Florida. University of Florida. pp:7-29.
- Mendoza W A M, R Baéz S (2000)** Medición de la tasa respiratoria por sistema cerrado en melón cantaloupe. *Hort. Mex.* 8:158-163.
- Moreno-Velázquez D, C Saucedo-Veloz, L Arévalo-Galarza, C B Peña-Valdivia, M Soto-Hernández, B Cruz-Lagunas (2008)** Cambios bioquímicos, biofísicos y fisiológicos durante el crecimiento y maduración del fruto de ilama (*Annona diversifolia* Saff.). *Agrociencia* 42:407-414.
- Palma T, D W Stanley, J M Aguilera, J P Zoffoli (1993)** Respiratory behavior of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) under controlled atmospheres. *HortScience* 28:647-649.
- Pareek S, E M Yahia, O P Pareek, R A Kaushik (2011)** Postharvest physiology and technology of annona fruits. *Food Res. Internat.* 44:1741-1751.
- Pereira T, A P S Gomes, A I Goncalves, M da Cunha, O J Goncalves, S M Gomes, H Vargas (2009)** Gas diffusion in 'Golden' papaya fruit at different maturity stages. *Postharv. Biol. Technol.* 54:123-130.
- Pesis E, O Dvir, O Feygenberg, A R Ben, M Ackerman, A Lichter (2002)** Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage or litchi fruit. *Postharv. Biol. Technol.* 26:157-165.
- Petracek P D, D W Joles, A Shirazi, A C Cameron (2002)** Modified atmosphere packaging of sweet cherry (*Prunus avium* L., cv. 'Sams') fruit: metabolic responses to oxygen, carbon dioxide, and temperature. *Postharv. Biol. Technol.* 24:259-270.
- Pinto A C de Q (2005)** Origin and distribution. *In: Annona Species.* J T Williams, R W Smith, A Hughes, N Haq, C R Clement (eds). International Centre for Underutilised Crops. University of Southampton, UK. pp:17-20.
- SAS Institute (1989)** SAS/STAT User's Guide. Version 6, Cary, NC, USA: SAS Institute Inc. 846 p.
- Saucedo-Veloz C, M L Arévalo-Galarza (2004)** Fisiología pre y postcosecha de algunos frutos exóticos de México con potencial de comercialización. *Rev. Chapingo S. Ing. Agropec.* 7:11-13.
- Stable Micro Systems (2005)** TA.XT2 Operating Manual. Version 6.1 and 7.1. United Kingdom. 89 p.
- Taiz L, E Zeiger (2006)** Plant Physiology. 4th ed. Sinauer Associates Inc. Publishers. USA. 650 p.
- Valle-Guadarrama S, M Morales-Cabrera, C B Peña-Valdivia, B Mora-Rodríguez, I Alia-Tejagal, J Corrales-García, A Gómez-Cruz (2011)** Oxidative/fermentative behavior in the flesh of "Hass" avocado fruits under natural and controlled atmosphere conditions. *Food Bioproc. Technol.* DOI:10.1007/s11947-011-0747-8.
- Wongs-Aree C, S Noichinda (2011)** Sugar apple (*Annona squamosa* L.) and atemoya (*A. cherimola* Mill. × *A. squamosa* L.). *In: Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits.* Vol. 4: Mangosteen to White Sapote. E M Yahia (ed). Woodhead Publishing Limited. Cambridge, United Kingdom. pp:399-426.
- Yamashita F, L H Da Silva M, L De Azevedo M, C M De Almeida S (2002)** Effects of packaging and temperature on postharvest of atemoya. *Rev. Bras. Frutic.* 24:658-660.