

# CALIDAD EN FRUTOS DE CARAMBOLA (*Averrhoa carambola* L.) COSECHADA EN CUATRO ESTADOS DE MADUREZ

J. Siller-Cepeda<sup>1</sup>; D. Muy-Rangel; M. Báez-Sañudo; R. García-Estrada; E. Araiza-Lizarde

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad-Culiacán. Carretera a Eldorado Km. 5.5  
Culiacán, Sinaloa. C. P. 80129. MÉXICO. Correo-e: jsiller@ciad.edu.mx (\*Autor responsable)

## RESUMEN

La calidad de frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) cosechados en cuatro estados de madurez fue evaluada bajo condiciones de simulación de mercadeo a 20 °C durante 10 días. Los estados de madurez fueron separados en función del color de cáscara: Madurez I (verde), Madurez II (verde-amarillo), Madurez III (amarillo) y Madurez IV (naranja, maduro). Inicialmente se determinó peso, diámetro y longitud. Diariamente se evaluó pérdida de peso, color en cáscara, producción de CO<sub>2</sub> y etileno. Cada dos días se analizaron acidez titulable, contenido de sólidos solubles y firmeza. Los frutos de mayor diámetro y peso fueron del estado de madurez IV. Al día de corte y durante el almacenamiento, los valores de ángulo de matiz (° Hue) diferenciaron claramente el color de los cuatro estados de madurez. La luminosidad y cromaticidad de la cáscara fueron mayores en los frutos maduros. La pérdida de peso acumulada durante el almacenamiento varió entre estados de madurez desde 5.1 % en los frutos de madurez III, hasta 6.7 % en los frutos de Madurez I. La firmeza disminuyó durante el almacenamiento. Los frutos verdes fueron los más firmes después de 10 días de almacenamiento (1.5 kg fuerza), mientras que los más blandos fueron los anaranjados (0.4 kg fuerza). Los frutos cosechados en estado verde, presentaron un contenido inicial de sólidos solubles y acidez titulable de 4.89 °Brix y 0.808 %, respectivamente, contra 6.7 °Brix y 0.412 % en frutos maduros. No se observaron cambios significativos en acidez y sólidos solubles en los frutos de los diferentes estados de madurez durante el almacenamiento. La producción de CO<sub>2</sub> y etileno incrementó de manera significativa en los frutos cosechados en los estados de madurez III y IV reduciendo la vida de anaquel. No se detectó producción de etileno en los frutos cosechados en los estados de madurez I y II.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** poscosecha, calidad, madurez, etileno

## QUALITY OF CARAMBOLA (*Averrhoa carambola* L.) FRUITS HARVESTED AT FOUR STAGES OF MATURITY

### ABSTRACT

The quality of carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruits harvested at four stages of maturity was evaluated under simulated marketing conditions at 20 °C for 10 days. Stages of maturity were separated as a function of external skin color: Maturity I (green), Maturity II (green-yellow), Maturity III (yellow), and Maturity IV (orange, ripe). Fruit weight, height, and length were determined initially. Post-harvest changes in weight loss, skin color, CO<sub>2</sub> production, and ethylene were monitored daily. Every two days we analyzed titratable acidity, soluble solids content, and firmness. Fruit size and weight were higher for fruits harvested at maturity stage IV. At harvest, and during storage, Hue values clearly helped to differentiate color among the four maturity stages. Skin color luminosity and chromaticity values were higher on ripe fruits. Cumulative weight loss during storage varied among ripening stages from 5.1 % on fruits harvested at Maturity III, up to 6.7 % on fruits harvested at Maturity I. Fruit flesh firmness decreased during storage. Green harvested fruits were firmer (1.5 kg force) than orange harvested fruits (0.4 kg force) after 10 days of storage. At harvest time, total soluble solids and titratable acidity of green fruits were 4.89 °Brix and 0.808 %, respectively, while orange fruits presented values of 6.7 °Brix and 0.412 %. No significant changes were observed on acidity and soluble solids content during storage time among different maturity stages. CO<sub>2</sub> and ethylene production increased significantly at Maturities III and IV, reducing fruit shelf life. No ethylene was detected on fruits harvested at maturity stages I and II.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** star fruit, quality, maturity, postharvest.

## INTRODUCCIÓN

La carambola es originaria de Asia y aunque la literatura no precisa el lugar exacto, se considera que proviene de las regiones de Malasia, Indochina e Indone-

sia (Nakasone y Paull, 1999). La carambola (*Averrhoa carambola* L.) pertenece a la familia *Oxalidaceae*, y es un fruto considerado como exótico por su distintiva forma de estrella en la sección transversal, su particular sabor y su color. Estas características le han proporcionado un

mercado potencial considerable para combinarse en ensaladas y bebidas, además de su consumo como fruto fresco y procesado (Campbell, 1965; Morton, 1987). En los últimos años, se han incrementado los volúmenes producidos de esta fruta, Taiwán es el principal productor con una superficie de 3,100 hectáreas (Green, 1987). El oeste de Malasia ha cuadruplicado sus volúmenes, produciendo en 1989 alrededor de 10,830 t y para 1995 alcanzó volúmenes de 44,445 t (FAO, 1998). En México, el cultivo comercial de esta especie existe desde hace más de 10 años, en Morelos, Veracruz, Chiapas y Sinaloa (Salinas-Hernández *et al.*, 2003). En estos lugares, la carambola también es conocida con el nombre de cuadrado o fruto estrella.

El uso del fruto es a veces un factor en la selección. La fruta fresca y las rebanadas con procesamiento mínimo deberán preferiblemente tener una relación azúcar:ácido alta. Los frutos ácidos son preferidos en Taiwán para el procesamiento de jugos (O'Hare, 1997). De la misma manera, el dulzor y la acidez del fruto depende del país de consumo, ya que los países asiáticos prefieren el fruto más dulce en relación a los países europeos (Galan y Menini, 1991). Estas características de acidez y dulzor en la carambola están en función de la especie y de la región donde se cultiva. El contenido de azúcares puede variar desde el 5 hasta el 13 % (Knight, 1989). La acidez se expresa como porcentaje de ácido oxálico (por ser el más abundante) y en los azúcares sobresalen la glucosa, fructosa y sacarosa (Kader, 2002a). Para alcanzar las características de calidad aceptables del fruto, como peso, dulzor y color, entre otras, se han desarrollado programas de mejoramiento genético para obtener híbridos, liberando una gran cantidad de cultivares mejorados, las cuales se pueden identificar principalmente por la uniformidad de su estructura, su dulzor y por su sabor (Knight, 1989).

En México, la información generada en manejo poscosecha de esta fruta es escasa. Pérez-Tello *et al.* (2001) realizaron investigaciones enfocadas al efecto de la temperatura de almacenamiento sobre los cambios enzimáticos y fisiológicos relacionados al daño por frío. Otros estudios han trabajado con atmósferas modificadas y bajas temperaturas para la conservación del fruto fresco (Salinas-Hernández *et al.*, 2003).

La fruta de carambola en poscosecha es poco tolerante al daño mecánico, debido principalmente a su forma, características cuticulares y su elevado contenido de humedad (91.4 %) (Neog y Mohan, 1991). La madurez es determinada por la experiencia, desarrollo de color y porcentaje de azúcares. La cosecha está basada en las necesidades del mercado; el mínimo estado es el verde-maduro (Brown *et al.*, 1985). La concentración de azúcares se eleva y la acidez disminuye conforme el color se desarrolla cuando maduran en el árbol (Campbell y Koch, 1989; Watson *et al.*, 1988). Cuando alcanzan el desarrollo completo de color (anaranjado), las alas de los frutos son

muy frágiles y son fácilmente dañadas durante el manejo (Oslund y Davenport, 1983). Por tal razón, los frutos son cosechados comercialmente en el rompimiento de color, o cuando los frutos son verde-amarillo y pueden tener una más larga vida de anaquel (Campbell y Koch, 1989). Según Mitcham y McDonald (1991), la fruta debe consumirse en un estado de madurez avanzado, cerca a la senescencia, ya que el fruto desarrolla el color de la cáscara en un amarillo intenso, que se caracteriza por obtener el mayor contenido de azúcares y alto porcentaje de jugo. De igual manera, Wan y Lam (1984), citan que la carambola en estado maduro, presenta mejor calidad que en estado inmaduro, ya que los sólidos solubles y la acidez no cambian durante el almacenamiento. Sin embargo, estas características de madurez en el fruto acortan su vida de anaquel e incrementan la susceptibilidad a daños por manejo. Esto ocasiona como consecuencia manchas oscuras y el medio propicio para el desarrollo de patógenos como *Colletotrichum gloeosporoides* y *Phomopsis vexans* reportados en cultivares manejados en México (García-Estrada *et al.*, 1995).

Con la meta de determinar la época más propicia para la recolección de frutos que permita disminuir daños físicos y prolongue la vida de anaquel conservando la calidad comercial, los objetivos de este estudio estuvieron enfocados a determinar los cambios físicos, químicos y fisiológicos que ocurren en frutos de carambola cosechados en cuatro estados de madurez.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del experimento se utilizaron 100 frutos de carambola cosechados en cada estado de madurez. Madurez I, fruta con color de cáscara verde oscuro; Madurez II, verde claro; Madurez III, amarillo y Madurez IV, naranja provenientes del campo experimental del INIFAP ubicado en Aguaruto, Culiacán, Sinaloa, México. La fruta se colocó en cajas con almohadillas entre ellas para evitar daño mecánico durante el transporte. Las frutas fueron almacenadas bajo condiciones de simulación de mercadeo a 20 °C y 85 % de humedad relativa por 10 días. Al inicio del experimento se determinaron las variables de peso, diámetro y longitud del fruto. Diariamente se registró la pérdida de peso, el color de la cáscara y el comportamiento fisiológico (producción de CO<sub>2</sub> y evolución de etileno), y cada dos días se evaluaron los parámetros de firmeza, pH, acidez titulable (% ácido oxálico) y sólidos solubles totales (°Brix).

### Peso, Diámetro y Longitud

El peso se evaluó directamente en una balanza analítica Sartorius BP Modelo 4100 (Edgewood, NY), mientras que el diámetro y longitud fueron evaluados con un vernier milimétrico (Mituyoto, Japón) y una cinta métrica.

Se usaron 20 frutos para analizar cada estado de madurez.

### Pérdida de Peso

Se registró diariamente el peso del fruto desde el inicio hasta el final del estudio en una balanza analítica Sartorius BP Modelo 4100 (Edgewood, NY). Se determinó la relación del porcentaje de pérdida de peso en función del peso inicial de los frutos menos el peso registrado diariamente multiplicado por 100 (Díaz-Pérez, 1998).

### Firmeza

Esta variable se evaluó en cuatro puntos diferentes de los frutos de carambola. Para su determinación, se utilizó un penetrómetro Chatillon DFG-50 (North Caroline, USA) con un punzón de 8 mm de diámetro. Los valores se expresaron como los kg-fuerza necesarios para penetrar la fruta, de acuerdo a lo propuesto por Bourne (1980).

### Color de Cáscara

El color externo fue evaluado en la parte ecuatorial de cada fruto con cinco repeticiones, tomando una lectura en cada costilla del fruto. Esta variable fue medida utilizando un colorímetro portátil Minolta modelo CR-300 (New Jersey, USA), registrando valores de luminosidad (L), cromaticidad (C) y ángulo de matiz ( $^{\circ}$ Hue) (Minolta, 1993; McGuire, 1992).

### CO<sub>2</sub> y Etileno

Los frutos de carambola fueron colocados en frascos de vidrio herméticamente cerrados y conectados a un tren de respiración con abastecimiento continuo de aire. Utilizando una jeringa, se tomaron muestras del aire de un ml de la manguera de salida y se inyectaron en un cromatógrafo de gases Varian, Modelo 3,300 (Walnut Creek, CA.) equipado con dos detectores: uno de conductividad térmica para determinar CO<sub>2</sub> y el otro de ionización de flama para evaluar etileno. Estas determinaciones se realizaron siguiendo la metodología propuesta por Báez *et al.* (1997).

### Acidez Titulable y Sólidos Solubles

Ambos parámetros se realizaron siguiendo las metodologías descritas por la AOAC (1998). Se licuaron 50 g de muestra en 50 ml de agua destilada y se filtró para obtener el extracto. Para la acidez titulable, se tomaron alícuotas de 10 ml del extracto, las cuales fueron valoradas con NaOH 0.1N hasta un pH de 8.2, utilizando un titulador automático Mettler modelo DL21 (Switzerland). Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido oxálico. Los sólidos solubles se determinaron directamente del extracto utilizando un refractómetro Abbe modelo Leica Mark II (Buffalo, NY), expresando los resultados como grados Brix ( $^{\circ}$ Brix).

### Análisis Estadístico

Todas las variables fueron analizadas utilizando el programa estadístico SAS (Cary N.C., USA), utilizando un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (estados de madurez). En los casos de diferencia estadística en el ANOVA, las medias fueron separadas utilizando la prueba de Tukey con un 5 % de probabilidad (SAS, 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En promedio los frutos presentaron un diámetro de 4.5 cm, una longitud de 7.9 cm y un peso de 55.9 g (Cuadro 1). No se observaron diferencias significativa en diámetro y longitud de los frutos cosechados en los estados de madurez I, II y III, sin embargo, los frutos cosechados en el estado IV mostraron diferencias significativas en peso y diámetro con respecto al resto de los frutos (Cuadro 1). Campbell y Koch, (1989) han mostrado que para alcanzar la madurez comercial (verde amarillo), los frutos toman 65 y 60 días para los cultivares Arkin y Golden Star, respectivamente, y que el tamaño del fruto en ese estado es altamente variable (5.1 a 10.3 cm de longitud). Ellos indicaron que el tamaño del fruto no es un indicador confiable de madurez. En este estudio, los frutos verde amarillo presentaron longitudes de 8.2 cm, sin diferencia al cosechar el fruto en un estado más maduro. A pesar de estar en ese intervalo de longitud, nuestros frutos obtuvieron menor peso que los frutos reportados en otros estudios (Campbell y Koch, 1989).

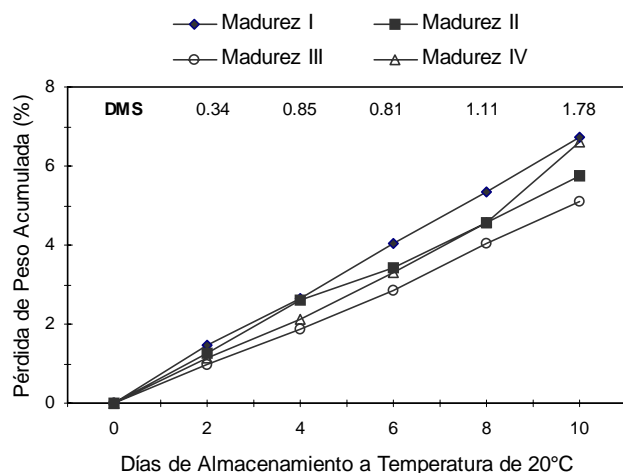
**CUADRO 1. Diámetro, longitud y peso en carambolas (*Averrhoa carambola* L.) cosechadas en diferentes estados de madurez en Culiacán, Sinaloa, México (1999).**

Estado de Madurez	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Peso (g)
I Verde	4.0 b <sup>2</sup>	7.8 a	49.7 c
II Verde-amarillo	4.3 b	8.2 a	54.6 b
III Amarillo	4.2 b	7.9 a	57.6 b
IV Anaranjado	5.5 a	7.9 a	61.9 a
Promedio	4.5	7.9	55.9

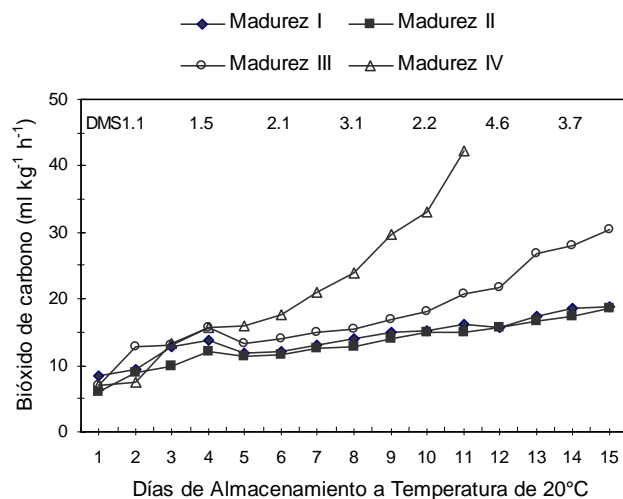
<sup>2</sup>Valores con letras iguales por columna no presentan diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

Los frutos cosechados en el estado de madurez III presentaron la menor pérdida de peso durante todo el estudio, contrario a los frutos cosechados en el estado de Madurez I (verde) que presentaron la mayor pérdida de peso (Figura 1). Al final del estudio, los frutos cosechados en los estados de madurez I y IV obtuvieron los máximos valores de pérdida de peso alcanzando un 6.3 %, no encontrando diferencia significativa con el resto de los frutos (Figura 1). Los resultados de este estudio son muy similares a los porcentajes de pérdida de peso reportados por Pérez-

Tello (2001) quienes trabajaron con el cv. Yau, mostrando a los 10 días pérdidas de peso cercanos al 7 %. La pérdida de agua es un problema importante durante el almacenamiento y puede conducir al encafecimiento de la epidermis (Nakasone y Paull, 1999). En los frutos cosechados en el estado de madurez IV se observó que después de 8 días de almacenamiento se desarrolló el encafecimiento de la epidermis en las alas, lo cual redujo la calidad del fruto, y predispuso a la presencia de enfermedades, incrementando la tasa de respiración de estos frutos (Figura 2) y acortando su vida de anaquel. Kenney y Hull (1986) reportaron que frutos de carambola cosechados en estado maduro y almacenados a 22 °C presentaron características no comerciales después de 14 días, por una excesiva deshidratación, desarrollo de manchas oscuras y enfermedades, similar a lo observado en este estudio.



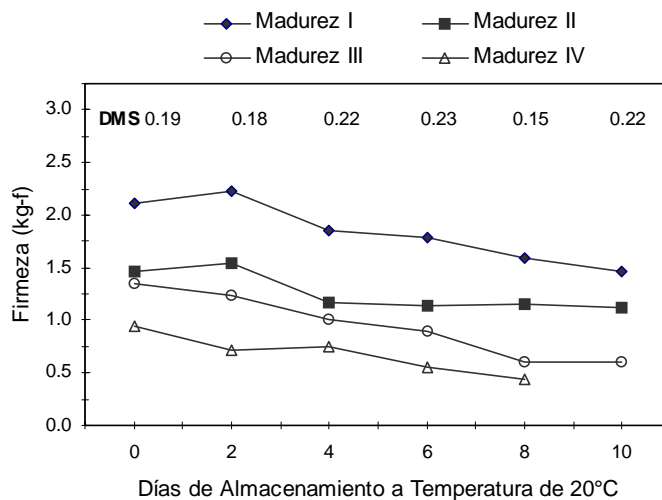
**FIGURA 1.** Pérdida de peso en frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) cosechados en cuatro diferentes estados de madurez y almacenados durante 10 días a 20 °C. DMS: Diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).



**FIGURA 2.** Producción de bióxido de carbono en frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) cosechados en cuatro diferentes estados de madurez y almacenados a 20 °C. DMS: Diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

En los cuatro estados de madurez la firmeza de los frutos presentó una tendencia a disminuir durante los 10 días de almacenamiento, alcanzando a perder hasta un 40 % de firmeza en comparación al valor inicial. Pérez Tello *et al.* (2001) presentaron patrones similares de pérdida de firmeza en frutos del cv. Yau cuando es almacenado a 20 °C y reportan un 63 % de disminución de la firmeza en un periodo de 30 días de almacenamiento. Estos valores son mayores que los encontrados en este experimento estudio, sin embargo ellos utilizaron un punzón de mayor diámetro (10 mm) para medir firmeza. Los frutos cosechados en madurez I (verde) fueron los más firmes, sucediendo lo contrario con los frutos cosechados en estado de madurez IV (naranja) (Figura 3). Estas diferencias se presentaron durante todo el estudio en los cuatro estados de madurez evaluados. Es probable que estas pérdidas sean debido a la actividad de las enzimas responsables del ablandamiento de los frutos en las etapas de desarrollo que afectan la integridad de la pared celular. Kwek y Ghazali (1986), observaron una relación inversa entre la firmeza del fruto y la actividad de la enzima poligalacturonasa, mostrando que la actividad fue mayor en fruto completamente maduro. Otros estudios más recientes han reportado que la actividad de poligalacturonasa (PG), enzima relacionada con el ablandamiento de los frutos, se incrementa durante la maduración de las frutas de carambola, mostrando que a mayor madurez del fruto existe una mayor actividad de PG y por lo tanto, una mayor pérdida de firmeza (Ghazali y Siew-Peng, 1993).

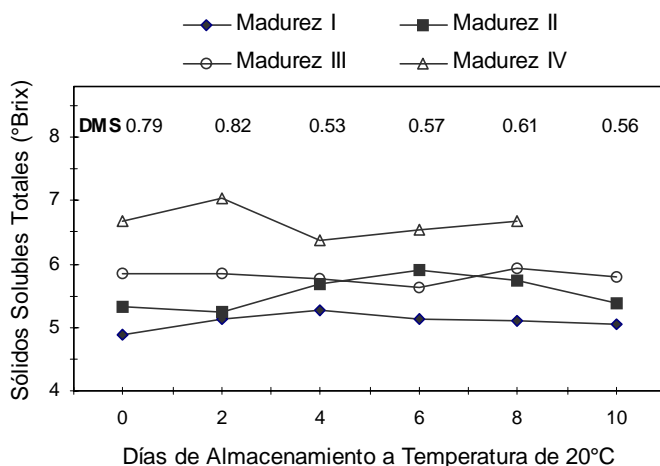
Durante el periodo de estudio (10 días), el porcentaje de pérdida de firmeza detectado en frutos del mismo estado de madurez es más evidente en los frutos cosechados en amarillo (madurez III) y naranja (madurez IV). En estos últimos, la firmeza osciló entre 0.9 y 0.4 kg fuerza durante todo el periodo de almacenamiento.



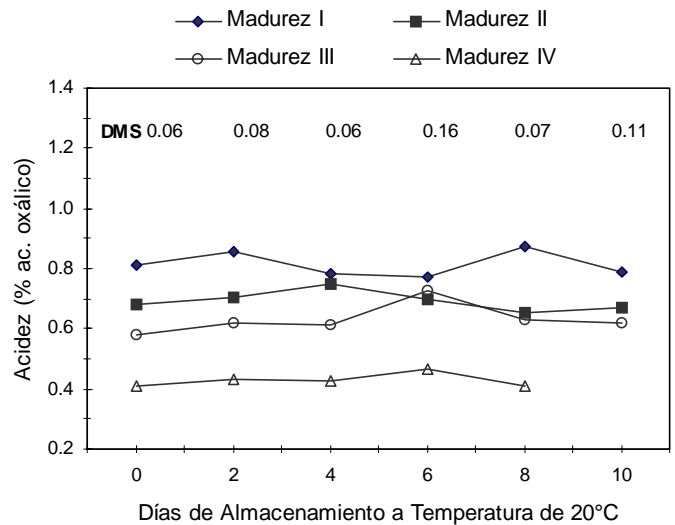
**FIGURA 3.** Firmeza en frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) cosechados en cuatro diferentes estados de madurez y almacenados durante 10 días a 20 °C. DMS: Diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Al momento de la cosecha existió una diferencia en el contenido de sólidos solubles entre los cuatro estados de madurez. Los frutos cosechados en el estado de madurez IV mostraron el mayor contenido de sólidos solubles con valor promedio de 6.7 °Brix, mientras que las frutas cosechadas en el estado de madurez I presentaron valores de 4.8 °Brix (Figura 4). No se presentaron cambios significativos en el contenido de sólidos solubles durante el almacenamiento en los cuatro estados de madurez. Diversos autores han reportado que la concentración de sólidos solubles totales permanece casi constante durante el almacenamiento (Wan y Lam, 1984; Campbell y Koch, 1989; Neog y Mohan, 1991), pero que existe variación en función de los cultivares (Wangner *et al.*, 1975). El contenido de sólidos solubles varía también con los estados de madurez. Valores de sólidos solubles totales de 5.7, 5.5, 6.4 y 7.3 % han sido reportados en frutos de carambola del cv. Arkin para los estados de madurez verde, verde-amarillo, amarillo y naranja, respectivamente (Nakasone y Paull, 1999). Estos valores son muy similares a los encontrados en este estudio para los mismos estados de madurez, pero muy por debajo de los valores reportados para cultivares dulces como la 'B-10', 'B-17' y 'Fwang Tung', los cuales alcanzan entre 9 y 12, 15 a 18 y 9.2 a 12.6 %, respectivamente (Nakasone y Paull, 1999).

El porcentaje de acidez titulable no presentó cambios significativos durante el almacenamiento en ninguno de los cuatro estados de madurez evaluados (Figura 5). Los frutos en estado de madurez I (verde) presentaron los valores más altos con 0.8 %, mientras que los frutos maduros (naranja) obtuvieron valores de 0.4 %. Nakasone y Paull (1999), reportaron que el cv. Arkin presentó valores de 6.9, 6.5, 5.4 y 5 meq·100 ml<sup>-1</sup> para frutos verde, verde-amarillo, amarillo y naranja, respectivamente, valores muy similares a los encontrados en nuestro estudio. Campbell *et al.* (1985), reportaron que la concentración de ácidos orgánicos



**FIGURA 4.** Contenido de sólidos solubles en frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) cosechados en cuatro diferentes estados de madurez y almacenados durante 10 días a 20 °C. DMS: Diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).



**FIGURA 5.** Acidez titulable en frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) cosechados en cuatro diferentes estados de madurez y almacenados durante 10 días a 20 °C. DMS: Diferencia Mínima Significativa (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

en el cv. Arkin permaneció constante cuando el fruto fue almacenado a 5 °C, pero disminuyó gradualmente cuando fue almacenado a 10 °C. Por el contrario, Wan y Lam (1984), reportaron que el contenido de ácido oxálico disminuyó inicialmente en el cv. B-10 durante el almacenamiento entre 5 y 20 °C, pero luego permaneció casi constante. La fruta de la carambola se encuentra clasificada como no climatérica (Oslund y Davenport, 1983; Kader, 2002b), debido a que no muestra un incremento pronunciado en respiración y producción de etileno durante poscosecha, así como tampoco cambios significativos en su composición química, lo cual se corrobora con este estudio.

Los frutos en estado de madurez I y II presentaron un patrón de respiración típico de frutos no climatéricos con valores en un intervalo entre 6 y 13 ml·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> (Figura 5). Similar a estos resultados, Wan y Lam (1984) y, Oslund y Davenport (1983) han reportado que los frutos de carambola muestran un patrón de respiración no climatérico. Además, ellos han demostrado que el uso de tratamientos con etileno no estimula el incremento de CO<sub>2</sub> por efecto de la respiración. Los frutos cosechados en los estados de madurez III y IV presentaron un incremento en la producción de CO<sub>2</sub> durante el periodo de almacenamiento, siendo más marcado en los frutos más maduros (naranja). Diversos estudios han reportado un incremento en la respiración de frutos maduros, similar a la información encontrada en este estudio. Estos incrementos fueron atribuidos o asociados a la presencia de enfermedades o la senescencia de los tejidos (Lam y Wan, 1983; Oslund y Davenport, 1983). En nuestro caso, los frutos cosechados en estados III y IV presentaron daños mecánicos en las alas, tejido senescente y presencia de enfermedades, lo cual ocasionó el incremento en la tasa de respiración observado.

Solamente se observó la presencia de etileno en los frutos cosechados en los estados de madurez III y IV después de 9 y 6 días, respectivamente. La producción menor de  $4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  de  $\text{C}_2\text{H}_4$  (Figura 6), similar a lo reportado por Oslund y Davenport (1983). La producción de etileno es generalmente baja y gradualmente incrementa sobre el tiempo debido a la presencia de patógenos (Oslund y Davenport, 1981). En frutos de carambola completamente maduros, los altos niveles de  $\text{CO}_2$  y de etileno fueron atribuidos a la actividad de microorganismos o a la senescencia del tejido (Oslund y Davenport, 1983; Lam y Wan, 1983). Al igual que en este estudio, Pesis *et al.* (1990), encontraron que frutos de carambola 'Golden Star' sólo mostraron una evolución de etileno y  $\text{CO}_2$  después de que los frutos alcanzaban el color amarillo. Además, ellos observaron el desarrollo de *Botrytis cinerea*, como la principal enfermedad poscosecha en los frutos. En México, García-Estrada *et al.* (1995) han reportado el desarrollo de patógenos como *Colletotrichum gloeosporoides* y *Phomopsis vexans* en frutos almacenados.

Al inicio y al final del experimento, los frutos en estado de madurez II, III y IV no mostraron diferencia significativa en los valores de luminosidad y cromaticidad. Los frutos cosechados en el estado de Madurez I (verde) siempre fueron más luminosos y con una menor saturación de color (Cuadro 2). El ángulo de matiz, tonalidad o color verdadero ( $^\circ\text{Hue}$ ), reflejó claramente el color de cáscara de los frutos, mostrando que al momento de cosecha los frutos fueron seleccionados de manera adecuada encontrando diferencia significativa entre los cuatro estados de madurez. Los frutos cosechados en estado de madurez I, mostraron valores de  $111.5^\circ\text{Hue}$  (color verde), mientras que los frutos cosechados en estado de madurez IV presentaron valores

de  $81.2^\circ\text{Hue}$  (color naranja intenso). Al final del estudio todos los frutos cosechados en los cuatro estados de madurez presentaron una disminución del valor  $^\circ\text{Hue}$ , cambiando su color inicial (Cuadro 2). Los frutos cosechados en el estado de madurez III, alcanzaron el color naranja a los 6 días posteriores a su cosecha (datos no mostrados) y los frutos del estado de madurez I y II pudieron desarrollar un color igual al de madurez II y III respectivamente hasta los 10 días después de su corte. Los frutos de la madurez IV, mostraron al segundo día de corte el desarrollo de manchas oscuras y la presencia de enfermedades, perdiendo de manera drástica la calidad de la fruta.

**CUADRO 2.** Variables de color evaluadas al momento de corte y después de 10 días a  $20^\circ\text{C}$  en frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) cosechados en cuatro estados de madurez.

Estado de Madurez	Día cero			Día 10		
	L	C	$^\circ\text{Hue}$	L	C	$^\circ\text{Hue}$
I Verde	37.5 b <sup>2</sup>	23.6 a	111.5 a	41.5 a	21.2 a	101.4 ab
II Verde-amarillo	39.9 a	21.9 b	100.2 b	42.1 a	22.3 b	92.2 bc
III Amarillo	39.7 a	22.4 b	93.8 c	42.2 a	22.8 b	87.9 c
IV Anaranjado	40.8 a	22.6 b	81.2 d	41.3 a	21.8 b	79.9 d

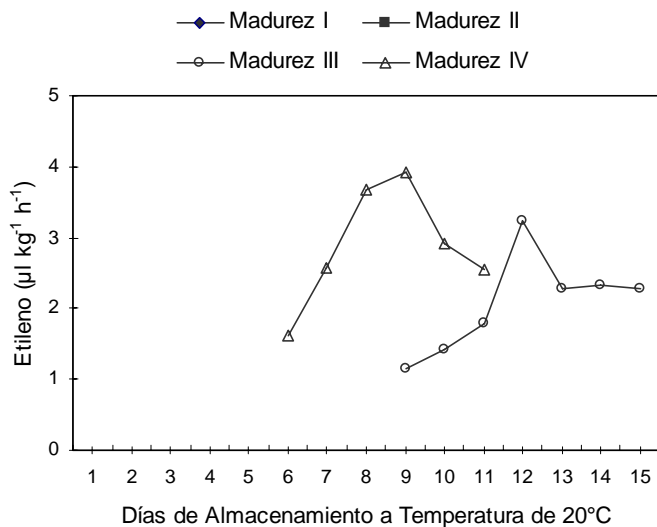
<sup>2</sup>valores con letras iguales por columna no presentan diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

L: Luminosidad; C: Cromaticidad;  $^\circ\text{Hue}$ : Ángulo de matiz.

## CONCLUSIONES

Ninguna de las frutas cosechadas en sus cuatro estados de madurez mostraron cambios químicos durante el almacenamiento. Las frutas cosechadas en el estado de madurez I (verde) se deshidratan más y no mejoraron sus características físicas (color) durante el almacenamiento, por lo que no se recomienda que deban cosecharse en este estado de madurez. Los frutos cosechados en los estados de madurez II (verde-amarillo) y III (amarillo) mostraron características de calidad físicas aceptables (color de cáscara y firmeza), y aunque no cambiaron sus características químicas, son menos ácidas que las cosechadas en el estado de madurez I (verde). Cosechar frutos de carambola en estado de madurez II y III tiene la ventaja de proporcionar una mayor resistencia al daño mecánico durante el manejo poscosecha, reducciones en la pérdida de agua, así como prolongar la vida de anaquel de los frutos.

Aunque los frutos de carambola cosechados en su estado de madurez IV (naranja) presentan el mayor contenido de sólidos solubles, tienen la desventaja de mostrar una corta vida de anaquel y ser más susceptibles al desarrollo de enfermedades.



**FIGURA 6.** Producción de etileno en frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) cosechados en cuatro diferentes estados de madurez y almacenados a  $20^\circ\text{C}$ .

## LITERATURA CITADA

- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis. 14<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C., USA. CD Rom.
- BÁEZ, M. A.; SILLER, J.; HEREDIA, B.; ARAIZA, E.; GARCÍA, R. S.; MUY, M. D. 1997. Fisiología poscosecha de frutos de chicozapote (*Achras sapota* L.) durante condiciones de mercadeo. Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Horticulturae 41: 209-214.
- BOURNE, M. C. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. HortScience 15(1): 51-57.
- BROWN, B. I.; WONG, L. S.; WATSON, B. J. 1985. Use of plastic film packaging and low temperature storage for postharvest handling of rambutan, carambola and sapodilla. Proceedings of the Postharvest Horticultural Workshop, Melbourne, Australia. pp. 272-286.
- CAMPBELL, C. W. 1965. The 'Golden Star' carambola. Florida Agricultural Experiment Station Circular S/173.
- CAMPBELL, C. A.; KOCH, K. 1989. Sugar/acid composition and development of sweet and tart carambola fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science 114(3): 255-457.
- CAMPBELL, C. W.; KNIGHT, R. J.; OLSZACK, R. 1985. Carambola production in Florida. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 98: 145-149.
- DÍAZ PÉREZ, J. C. 1998. Transpiration rates in eggplant fruit as affected by fruit and calyx size. Postharvest Biology and Technology 13: 45-49.
- FAO. 1998. FAOSTAT, Data base. FAO, Rome, Italy.
- GALÁN, S. V.; MENINI U. G. 1991. La carambola y su cultivo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Roma, Italia. pp.15-48.
- GARCÍA-ESTRADA, R.; BÁEZ, M.; SILLER, J.; DÍAZ, J.; MUY, M.; ARAIZA, E. 1995. Identificación de enfermedades poscosecha en frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) cultivados en el valle de Culiacán. Memorias del VI Congreso Nacional de Horticultura de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A. C. p. 106.
- GHAZALI, H. M.; SIEW-PENG, K. 1993. Changes in polygalacturonase activity and texture during ripening of star fruit. ASEAN Food Journal 8(4): 153-156.
- GREEN, J. G. 1987. Carambola production in Malasia and Taiwan. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 100: 275-278.
- KADER, A. 2002a. Starfruit: Carambola. Produce Facts. Postharvest Technology Research Information Center. UC Davis. California, USA. pp. 1-3.
- KADER, A. 2002b. Postharvest biology and technology: An overview, pp. 39-47. In Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Pub. 3311.
- KENNEY, P.; HULL, L. 1986. Effects of storage condition on carambola quality. Proceeding of the Florida State Horticultural Society 99: 222-224.
- KNIGHT, R. J. Jr. 1989. Carambola cultivars and improvement programs. Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Horticulture 33: 72-78.
- KWEK, S. P.; GHAZALI, H. M. 1986. Poligalacturonase activity during ripening of starfruit (*Averrhoa carambola*), pp. 139-148. In: Seminar on Advances on Food Research in Malaysia. MOHAMED, S.; AZUDIN, M. N.; KARIM, M. I. A. (eds.), 6-7 May, 1986. University Pertanian. Selangor, Malaysia
- LAM, P. F.; WAN, C. K. 1983. Climateric nature of the carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruit. Pertanika 6(3): 44-47.
- McGUIRE, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27(12): 1254-1255.
- MINOLTA. 1993. Caracterización precisa del color (control del color desde la percepción sensorial a la instrumentación). E-537205. Minolta. Alemania. 21 p.
- MITCHAM, E. J.; McDONALD, R. E. 1991. Characterization of ripening of carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruit. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 104: 104-108.
- MORTON, J. F. 1987. Carambola, pp. 125-128. In: Fruits of Warm Climates. MORTON, J. F. (ed.). Florida, Flair Books. Miami, Florida, USA.
- NEOG, M.; MOHAN, N. K. 1991. Growth and development of carambola (*Averrhoa carambola* L.). South Indian Horticulture 39(4): 174-178.
- NAKASONE, H. Y.; PAULL, R. E. 1999. Carambola. pp. 132-148. In: Tropical Fruits. NAKASONE, H. Y.; PAULL, R. E. (eds.). Biddles Ltd, Guilford and King's Lynn. UK.
- O'HARE, T. J. 1997. Carambola. pp. 295-307. In: Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. MITRA, S. K. (ed). Biddles Ltd, Guilford and King's Lynn. UK.
- OSLUND, C. R.; DAVENPORT, T. L. 1981. No climacteric in the star fruit *Averrhoa carambola*. HortScience 16: 424 (abstract).
- OSLUND, C. R.; DAVENPORT, T. L. 1983. Ethylene and carbon dioxide in ripening fruit of *Averrhoa carambola*. HortScience 18: 229-230.
- PÉREZ-TELLO, G. O.; SILVA-ESPINOZA, B. A.; VARGAS-AISPURO, I.; BRICEÑO-TORRES, B. O.; MARTÍNEZ-TELLEZ, M. A. 2001. Effect of temperature on enzymatic and physiological factors related to chilling injury in carambola fruit (*Averrhoa carambola* L.). Biochemical and Biophysical Research Communications 287: 846-851.
- PESIS, E.; MARINANSKY, R.; WEKSLER, A. 1990. Postharvest studies with carambola fruits intended for export. Institute for Technology and Storage Agricultural Products. Special Publication No. 248. The Volcani Center, Bet Dagan, Israel. 106 p.
- SALINAS-HERNÁNDEZ, R. A.; REYES-ASCENCIO, D.; MARTÍNEZ-MORENO, E. 2003. Frigoconservación y aplicación de atmósferas modificadas en la conservación en fresco de frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Memoria de Resúmenes del X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, IX Congreso Nacional y II Internacional de Horticultura Ornamental. Universidad Autónoma de Chapingo, 20-24 de Octubre. p. 259.
- SAS Institute Inc. 1985. SAS for linear models. A guide to ANOVA and GLM Procedures. Cary, North Carolina, USA. 231 p.
- WAN, C. K.; LAM, P. F. 1984. Biochemical changes, use of polyethylene bags and chilling injury of carambola (*Averrhoa carambola* L.) stored at various temperatures. Pertanika 7(3): 39-46.
- WAGNER, C. J.; BRYAN, W. L.; BERRY, R. E.; KNIGHT, R. J. 1975. Carambola selection for commercial production. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 88: 466-469.
- WATSON, B. J.; GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J.; BROWN, B. I. 1988. Carambola: a star on the horizon. Queensland Agriculture Journal 114: 45-51.