

CARACTERIZACIÓN POSCOSECHA DE SELECCIONES DE ZAPOTE MAMEY (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) PROCEDENTES DEL SOCONUSCO, CHIAPAS

Postharvest characterization of selections of Mamey Sapote (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) Selections from Soconusco, Chiapas

¹Juan Manuel Villarreal-Fuentes, ^{2*}Iran Alia-Tejagal, ³Emilio Hernández, ⁴Clara Pelayo-Zaldivar, ⁵Omar Franco-Mora

¹Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV. Universidad Autónoma de Chiapas. Entronque Carr. Costera y Estación Huehuetán, Chiapas. México.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
 *iran.alia@uaem.mx

³Programa Moscafrut SAGARPA-IIICA, subdirección de Desarrollo de Métodos-Chiapas.

⁴Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Distrito Federal, México.

⁵Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México.

Nota científica **recibido:** 18 de marzo de 2014, **aceptado:** 14 de agosto de 2014

RESUMEN. Frutos de seis selecciones (S) de zapote mamey del Soconusco, Chiapas; fueron cosechados en madurez fisiológica y madurados en condiciones ambientales (23 °C y 70 % de HR) por 12 d. Las selecciones presentaron valores máximos de respiración de 31 y 44 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ con producción de etileno entre 175.9 y 375.5 μL kg⁻¹ h⁻¹. Las selecciones S1 y S2 mantuvieron la mayor firmeza (≤20 N) después de seis días de evaluación, menor contenido de fenoles totales (0.5-0.6 mg g⁻¹ de peso fresco) y mejores parámetros de color en pulpa (L*=53, C*= 46 y h= 55). El contenido de sólidos solubles en madurez de consumo fue de 17.5 a 23 °Brix y el contenido de los azúcares de 122 a 196 mg g⁻¹ en madurez de consumo en las selecciones evaluadas, sin detectar diferencias significativas entre ellas. Se concluye que las selecciones S1 y S2 mostraron las mejores características de poscosecha.

Palabras clave: Calidad de fruta, respiración, etileno, color, fenoles, firmeza, sólidos solubles.

ABSTRACT. Fruits from six selections (S) of mamey sapote were harvested in the Soconusco, Chiapas at a mature stage and ripened at room temperature (23 °C and 70 % R. H.) for 12 d. The fruits from the six selections showed maximum respiration and ethylene rates between 31 and 44 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, and 225 and 550 μL kg⁻¹ h⁻¹, respectively. Fruits from selections S1 and S2 kept flesh firmness for longer (≤ 20 N), lowest content of phenolic compounds (0.5-0.6 mg g⁻¹ fresh weight) and the best color parameters (L* = 61, C* = 46 and h = 55). Soluble solids content was between 17.5 y 23 °Brix and total sugars was 122 y 196 mg g⁻¹ at ripe stage of selections evaluated with no significant differences. We conclude the S1 and S2 selections had the best postharvest characteristics.

Key words: Fruit quality, respiration, ethylene, colors, fruit phenolics, firmness, total soluble solids

INTRODUCCIÓN

El zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn), es una especie cultivada en la zona tropical de México y es probable que las zonas originales de distribución se localicen en los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas (Pennington y Sarukhán 2005). En México, durante el 2012, se

reportaron 1 612.5 ha establecidas de esta especie y los principales estados productores son Yucatán, Guerrero, Chiapas y Tabasco (SIAP 2014). El fruto se consume en fresco y es muy apreciado por sus características sensoriales (Pennington y Sarukhán 2005). Al respecto Alia et al. (2007) indican que tiene un contenido alto de vitaminas A y C (0.22 g kg⁻¹ y 0.05 g kg⁻¹, respectivamente), minerales

como el Ca y K (0.4 y 2.26 g por 100 g de porción comestible) y energía (5,066 a 5,610 kJ kg⁻¹), con cantidades importantes de carotenoides (3.7 mg 100 g⁻¹ de peso fresco de beta caroteno) y fenoles (646 mg kg⁻¹ de peso fresco), los cuales, debido a su capacidad antioxidante, podrían asociarse con la prevención de algunas enfermedades crónicas (Alia et al. 2005b, Torres et al. 2011, Yahia et al. 2011).

La mayoría de las plantaciones en México provienen de semilla (pie franco), lo que ocasiona que los rendimientos sean bajos, y que los frutos no tengan la calidad deseada (Villegas y Mora 2008). Es una especie de polinización cruzada con amplia variabilidad en formas, tamaño de fruto, color de pulpa y de semilla, número de semillas por fruto, época de cosecha, entre otras características fenotípicas (Espinosa et al. 2009), mientras que Gaona et al. (2008) encontraron alta variabilidad en atributos físicos y químicos de frutos en madurez de consumo con peso de entre 323.8 y 531.7 g, contenido de sólidos solubles de 16.9 a 30.2 %, azúcares totales entre 78.2 y 2.4 mg g⁻¹ y matiz (parámetro h de color) de la pulpa naranja de 66.9 a 73.2 grados. En México se han identificado cerca de 30 genotipos, pero son poco conocidos y la mayoría no han sido evaluados a nivel de huertas comerciales (Espinosa et al. 2009). Para el estado de Chiapas y en particular para la región del Soconusco, se tiene una gran diversidad de material genético que ha sido poco estudiado (Villarreal et al. 2010).

La maduración del fruto es un proceso genéticamente programado y coordinado, que involucra cambios fisiológicos, bioquímicos y sensoriales que conducen a la obtención de características óptimas para su consumo (Brady 1987). Conocer la fisiología y bioquímica de la maduración del fruto, es indispensable para el desarrollo de tecnologías de poscosecha y para mantener la vida útil y calidad del producto (Valero y Serrano 2010). Actualmente, se cuenta con reportes de cambios que ocurren durante la maduración de los frutos de algunas selecciones de zapote mamey procedentes de los estados de Guerrero (Télez et al. 2009) y Tabasco (Domínguez et al. 2010). Debido a que no se han realizado estos estudios con genotipos del estado de Chiapas, el objetivo de la presente inves-

tigación fue evaluar el comportamiento poscosecha de seis selecciones de zapote mamey proveniente de la región del Soconusco, para identificar las que tienen mejor características que faciliten su manejo y comercialización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron 40 frutos de zapote mamey por cada uno de los árboles seleccionados previamente por Villarreal et al. (2010) en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas, México, ubicado a una altura de 320 m, 14° 56' 20" LN y 92° 10' 05" LO. Los árboles contaban con edades entre 22 y 28 años y circunferencia de tronco de 30 a 43 cm a una altura de 120 cm. En la región, el tipo de vegetación es de selva baja perennifolia y el sistema de cultivo es asociado (frutales, ornamentales y maderables). El tipo de suelo es arcillo-arenoso de 1.5 m de profundidad y pH de 6.5 (Villarreal et al. 2010). Los frutos se cosecharon en madurez fisiológica siguiendo para su identificación el criterio del productor, que consiste en la verificación de una coloración rosa-naranja en la pulpa (Alia et al. 2005a), se seleccionaron por ausencia de defectos físicos y se transportaron al Laboratorio de Poscosecha de la Subdirección de Desarrollo de Métodos del Programa Moscafrut SAGARPA-IICA, ubicado en Metapa de Domínguez, Chiapas, México. A su llegada al laboratorio los frutos se acomodaron en charolas de plástico para su maduración en condiciones ambientales (23 ± 2 °C y 70 ± 5 % de humedad relativa), las cuales se colocaron al azar en el cuarto de maduración. A los frutos se les determinó la forma y el peso, durante el proceso se cuantificaron los siguientes parámetros: pérdida de peso (%), velocidad de respiración (mL CO₂ kg⁻¹h⁻¹), producción de etileno (μL kg⁻¹h⁻¹), firmeza (N), color de la pulpa (L*, C* y h), contenido de sólidos solubles totales (°Brix), fenoles totales (mg g⁻¹ de peso fresco) y azúcares totales (mg g⁻¹ de peso fresco).

La pérdida de peso se determinó todos los días con una balanza digital en 10 frutos de cada selección durante 12 d y se reportó en por ciento con respecto al valor inicial. La respiración, me-

dida por la emanación de CO₂, y la producción de etileno se evaluaron por el método estático de espacio de cabeza. Dos frutos, seleccionados al azar, se colocaron en un recipiente cerrado de 1 L, después de una hora se tomó una muestra de 6 mL del espacio de cabeza con una jeringa hipodérmica y se guardó en un tubo vacutainer hasta su análisis. Se corrió 1 mL de esta muestra en un cromatógrafo de gases Varian Modelo 3400 equipado con una columna capilar (conteniendo Poraplot Q como fase estacionaria) y con detectores de conductividad térmica y de ionización de flama para la cuantificación del CO₂ y etileno, respectivamente. En el cromatógrafo de gases se usó helio como gas de arrastre, y la temperatura del puerto de inyección, horno y detectores fue de 150, 80 y 170 °C, respectivamente. Se analizaron 5 repeticiones para cada muestra.

El color se midió en la pulpa, en dos puntos opuestos de la zona ecuatorial de los frutos con un Colorímetro Universal (Milton Roy) en escala CieLab (L*, a*, b*); con estos datos se determinaron el ángulo de matiz ($H^* = \tan^{-1} b^* / a^*$) y la cromaticidad ($C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$), el valor de L* correspondió a la luminosidad (McGuire 1992). La firmeza de pulpa se midió en dos áreas sin piel opuestas de la zona ecuatorial de los frutos con un texturómetro universal Humboldt, evaluando la distancia de penetración de un puntal cónico de 200 g colocado verticalmente en el área de estudio por cinco segundos; los datos en libras fuerza (lbf) se transformaron a Newtons (N). La cuantificación de fenoles y azúcares totales se realizó con la metodología descrita por Alia *et al.* (2005 a, b), en tanto que el contenido de sólidos solubles totales (SST), expresados como °Brix, se cuantificarán con un refractómetro digital (ATAGO® PR-1) a partir del macerado de 10 g de pulpa en 100 mL de agua destilada.

Para el análisis de los datos se realizó un análisis de varianza de una sola vía y la comparación múltiple de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$). Se utilizó el paquete estadístico SAS® V. 9.2. para el análisis de los datos (Castillo 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso y forma de los frutos

Los frutos de las selecciones S1 y S2 fueron los más pequeños (entre 511.2 y 558.2 g), su forma correspondió a la ovalada, las selecciones S3 y S4 mostraron tamaño intermedio (576.2 y 585.8 g) de redondos, mientras que las selecciones S5 y S6 fueron los de tamaño mayor (entre 641 y 818.6 g) de forma redonda. Al respecto, Carrara *et al.* (2002) agruparon variedades de zapote mamey en tres categorías: pequeño (300-500 g), mediano (500-700 g) y grande (>700 g), sugiriendo que los frutos de tamaño pequeños y medianos son más apreciados para consumo en fresco. Por lo que las primeras cinco selecciones se encuentran dentro de la categoría mediana por lo que tienen potencial para consumo en fresco.

Velocidad de respiración y producción de etileno

En los frutos de todas las selecciones (S1 a S6) se observaron fases de preclimaterio, climaterio y posclimaterio en respiración y producción de etileno (Figura 1), estas fases del climaterio fueron reportadas por Téllez *et al.* (2009) en frutos provenientes del estado de Guerrero, México. Los valores máximos de CO₂ y etileno se observaron entre los días seis y siete después de la cosecha (Figura 1), con una velocidad de 31.5 a 44.6 mL CO₂ kg⁻¹h⁻¹ para respiración y de 175.9 a 375.5 μL kg⁻¹h⁻¹ para producción de etileno, lo que coincide con la madurez de consumo (Figura 1). No se detectaron diferencias en las cantidades de CO₂ y los días para alcanzar el máximo de producción del gas ($p \leq 0.05$; datos no mostrados). Según Nakasone y Paull (1998), la respiración y vida de almacenamiento están relacionadas, por lo que los frutos con velocidades de respiración alta y tiempos cortos de aparición del climaterio tienen una vida poscosecha corta. En nuestro estudio los valores de respiración fueron menores a los reportados por otros autores en zapote mamey (77 a 200 mL CO₂ kg⁻¹h⁻¹) (Téllez *et al.* 2009, Martínez *et al.* 2008), lo que sugiere que los frutos de las selecciones estudiadas pueden tener una mayor vida de anaquel.

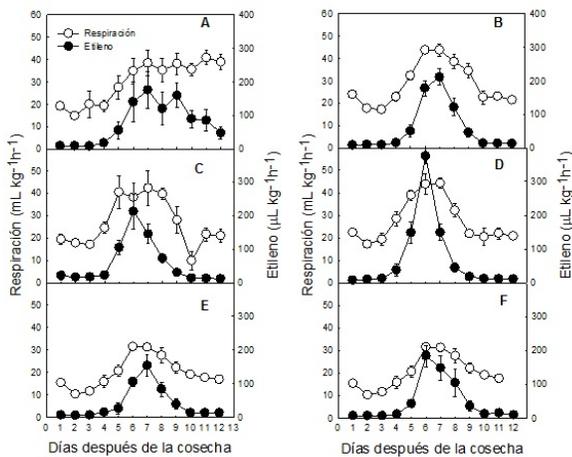


Figura 1. Producción de etileno y velocidad de respiración en frutos de seis selecciones de zapote mamey: S1 (A), S2 (B), S3 (C), S4 (D), S5 (E) y S6 (F) de la región del Soconusco, Chiapas. Cada punto representa la media de cinco observaciones y su error estándar.

Figure 1. Ethylene production and respiration rate in fruit of six selections in sapote mamey: S1 (A), S2 (B), S3 (C), S4 (D), S5 (E) and S6 (F) of the Soconusco, Chiapas. Each point represents the average of five replications and the error standard.

La producción de etileno de las selecciones evaluadas, fue similar a lo reportado por Téllez *et al.* (2009) para la selección Pardo ($222.7 \mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) y a lo indicado por Martínez *et al.* (2008) para materiales criollos (380 a $650 \mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$). La selección (S4) presentó la mayor producción de etileno con $375.5 \mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ($p \leq 0.05$) con respecto a las otras cinco selecciones estudiadas que mostraron valores menores a $311.2 \mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (Figura 1) y que las sitúan dentro de los genotipos con menor respiración y producción de etileno, lo que sugiere menor velocidad de deterioro (Kader y Yahia 2011).

Pérdida de peso

Se detectaron diferencias ($p \leq 0.05$) en pérdida de peso entre selecciones al llegar a la madurez de consumo, las selecciones S3 y S4 mostraron la mayor pérdida de peso fisiológica (7.5 a 8.7 %), las S1 y S2 tuvieron pérdida intermedia (6.6 y 7.4 %) y las S5 y S6 la menor pérdida (5.6-6.9 %) (Figura 2A). Algunos de estos valores están dentro del intervalo de 7.4 a 10.2 % reportado en otros trabajos (Gómez *et al.* 2009, Alia *et al.* 2005 a)

para pérdida de peso en frutos de zapote mamey. La pérdida fisiológica de peso se atribuye al proceso de transpiración (Wills *et al.* 2007), además de la estructura específica de la cutícula del fruto que ofrece resistencia a la pérdida de agua (Valero y Serrano 2010).

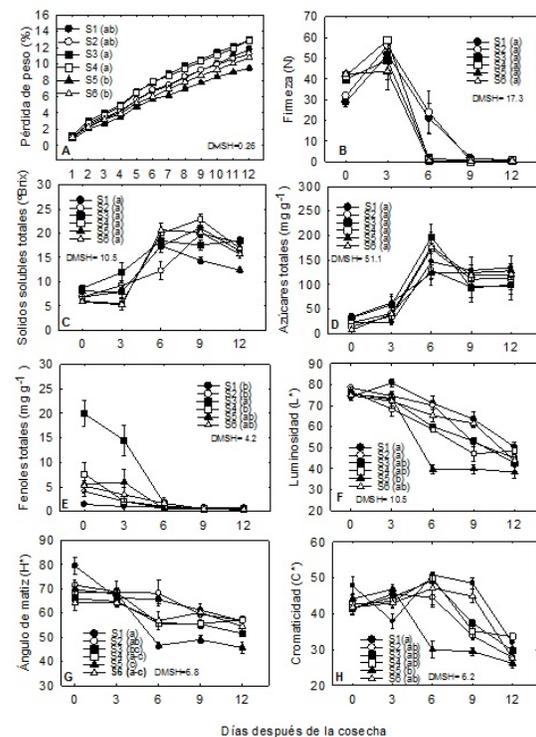


Figura 2. Comportamiento de algunas variables físicas, fisiológicas y químicas durante la maduración de frutos de seis selecciones de zapote mamey procedentes de la región del Soconusco, Chiapas. Cada punto representa la media de 6 ó 10 repeticiones y su error estándar. Letras iguales indican similitud estadística entre las selecciones de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Figure 2. Behaviour of some physical, physiological and chemical factors during sapote mamey fruit ripening in six selections of the Soconusco, Chiapas. Each point shows the mean of 6 to 10 replications and its standard error. Similar letters indicate non statistical differences according to the DLSH.

Firmeza

La firmeza inicial de las selecciones varió entre 28 y 41 N (Figura 2B), al sexto día los frutos de las selecciones S3 a S6 tuvieron valores entre 0.8 y 1.7 N, similares a los reportados para madurez de consumo en zapote mamey (Alia *et*

al. 2005a); por el contrario, las selecciones S1 y S2 mostraron valores mayores (21 a 23 N) al sexto día de evaluación (Figura 2B), lo cual podría estar relacionado con una mayor resistencia al manejo poscosecha. En zapote mamey la pérdida de firmeza durante la maduración se atribuye a la pérdida de agua por transpiración, a la degradación de pectinas de las paredes celulares del tejido parenquimático que constituye la pulpa y a la hidrólisis del almidón almacenado (Alia et al. 2007). Este último cambio explica las correlaciones negativas y significativas obtenidas en SST vs. firmeza ($r=-0.80$) y firmeza vs. azúcares totales ($r = -0.61$).

Contenido de Sólidos solubles totales

El contenido de SST al inicio del almacenamiento de los frutos fue de 6.0 a 8.6 °Brix, alcanzando entre 17.5 y 23.0 °Brix en madurez de consumo (Figura 2C). Al respecto, Martínez et al. (2008) reportaron valores de 5.6 °Brix al inicio y de 21.7 °Brix en frutos en madurez de consumo. Mientras que Torres et al. (2011) indicaron que el contenido de SST se modificó de 17.0 a 28.0 °Brix, en tanto que Téllez et al. (2009) reportaron que la selección Pardo cambió de 12.0 a 32.0 °Brix. La menor concentración de SST encontrada en las selecciones evaluadas, con lo reportado con otros autores pone de manifiesto la gran variabilidad existente en SST entre selecciones de diferentes regiones de procedencia, que se pueden atribuir al genotipo, al ambiente y al manejo agronómico.

Contenido de Azúcares solubles totales

Los azúcares totales aumentaron de 7 a 32 mg g⁻¹ al inicio del almacenamiento y de 122 a 196 mg g⁻¹ al sexto día de evaluación (Figura 2D). Algunos autores mencionan que la concentración de azúcares totales aumenta hasta cuatro veces con la maduración (Alia et al. 2005a, Martínez et al. 2006); en el presente trabajo los incrementos fueron mayores en un intervalo de 6 a 17 veces. Por otra parte el análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre las selecciones evaluadas y la concentración en la etapa de madurez de consumo. El aumento en la concentración de azúcares se atribuye a una disminución en el contenido de almidón (Alia

et al. 2007). La mayor síntesis de azúcares en las selecciones evaluadas, se puede atribuir a características propias de los materiales, ya que Alia et al. (2007) indican cambios entre 2 y 10 veces en la concentración de azúcares durante la maduración de frutos de mamey.

Fenoles totales

La concentración inicial de fenoles totales fue diferente entre selecciones ($p \leq 0.05$), la selección S3 mostró los mayores valores, en tanto que S1 y S2 los más bajos (Figura 2E). Los fenoles disminuyeron significativamente de 1.4 a 19.9 mg g⁻¹ en madurez fisiológica a 0.7 mg g⁻¹ en madurez de consumo. Se ha reportado una disminución de fenoles totales de 2.5 a 0.2 mg g⁻¹ con la maduración de consumo en frutos de zapote mamey (Torres et al. 2011). En este sentido, Alia et al. (2005b) reportaron una disminución de 1.6 a 0.6 mg g⁻¹ en frutos de zapote mamey. Por otra parte, Alia et al. (2005b) indicaron que la concentración de fenoles totales es considerablemente alta en zapote mamey y que junto con una mayor actividad de la enzima polifenoloxidasa (PPO, EC.1.14.18.1) son responsables del oscurecimiento de la pulpa durante la maduración, confirmando así la relación previamente reportada entre biodegradación de fenoles y el fenómeno de oscurecimiento en zapote mamey (Alia et al. 2005b). Lo anterior sugiere que las investigaciones acerca de nuevas selecciones con un potencial bajo de oscurecimiento, se debe enfocar hacia la presencia de sustratos con menor afinidad a la PPO, o bien hacia la búsqueda de contenidos bajos de sustratos fenólicos afines a la enzima PPO (Palma-Orozco et al. 2011). Otro aspecto relacionado con los compuestos fenólicos en el fruto de zapote mamey, es que la astringencia disminuye conforme el fruto madura, debido a la condensación o polimerización de los compuestos fenólicos e incremento en la concentración de catequinas (Torres et al. 2011). A pesar de las reacciones de polimerización, en el mismo estudio se afirma que la actividad antioxidante de los fenoles permanece sin cambios durante la maduración, hecho que resulta de interés para el consumidor, quien se beneficia con la ingesta de frutos con alta actividad antioxidante.

Color

En el zapote mamey los valores bajos de L^* de la pulpa indican un color más oscuro, lo cual afecta negativamente su comercialización en fresco. La luminosidad (L^*) de la pulpa de los frutos disminuyó de 74-78 en madurez fisiológica a valores entre 39 y 53 en madurez de consumo (Figura 2F) lo que coincide con el oscurecimiento de la pulpa durante el proceso de maduración. Los frutos de la selección S5 tuvieron los valores de luminosidad menores, y por lo tanto el mayor oscurecimiento, después de 6 d de maduración (Figura 2F). Contrariamente, las selecciones S1, S2 y S4 que mantuvieron valores altos de L^* (entre 42 y 53) después de 9 d de evaluación. En el presente trabajo se encontró una correlación positiva, aunque baja, entre la concentración de fenoles y el parámetro de color L^* ($r=0.43^*$): a medida que la concentración de fenoles disminuye durante la maduración, los valores de luminosidad también lo hacen con el oscurecimiento de la pulpa.

En cuanto al matiz o parámetro de color hue (h), la aceptación de los frutos por los consumidores es mayor cuando el color de la pulpa tiende al rojo, por lo cual los valores de h menores de 65° son preferidos. Los valores de h indicaron colores de pulpa tendientes al naranja (63 a 79°) en la cosecha (Figura 2G), seis días después las selecciones S1 y S2 mostraron valores entre 65 y 68° , mientras que las selecciones S3 a S6 exhibieron valores de h con mayor tendencia al rojo (55°), y dentro de ellas la S5 mostró el valor más bajo (46°) (Figura 2 E). Al respecto, Martínez *et al.* (2008) reportaron cambios en el matiz del 23.4 % durante la maduración de frutos de zapote mamey, mientras que en el presente trabajo los valores de matiz cambiaron en un 14.4 ± 4.0 %, con excepción de la selección S5 que mostró cambios de 32 %. En otros estudios, se han reportado valores de matiz en el intervalo de 42.2 a 81° (Torres *et al.* 2011, Téllez *et al.* 2009, Gaona *et al.* 2008, Domínguez *et al.* 2010), lo que indica una gran variabilidad en las tonalidades de la pulpa

de zapote mamey en la madurez de consumo.

Respecto a la cromaticidad (C^*), que se refiere a la saturación del color y cuyos valores altos indican un color vívido y valores bajos un color opaco, variaron entre 41.4 y 47.8 al momento de la cosecha en las selecciones estudiadas. Las selecciones S1 a S4 y la S6 se mantuvieron sin cambio durante cuatro días, en tanto que la selección S5 disminuyó significativamente a valores de 30 (Figura 2H). En esta última selección, después de nueve y 12 d, la cromaticidad disminuyó a valores entre 26 y 33, resultando un color de pulpa opaco. Las selecciones S1 y S6 mantuvieron los valores más altos hasta los 9 días de evaluación. Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por otros autores, en donde las variaciones en matiz son bajas y que las mayores variaciones en el color de la pulpa del zapote mamey se registran en luminosidad (L^*) y cromaticidad (C^*) (Figura 2 F y H).

Los resultados mostraron diferencias significativas entre las selecciones de zapote mamey en peso y forma, producción de etileno, pérdida de peso, fenoles totales, luminosidad y cromaticidad. Las selecciones S1 y S2, mostraron las mejores características poscosecha: tamaño pequeño y forma ovalada; menor producción de etileno; una pérdida de peso reducida, menor contenido de compuestos fenólicos; y respecto al color de la pulpa, los valores de luminosidad y cromaticidad fueron mayores indicando que el oscurecimiento es menor y la pureza del color fue mayor, finalmente los valores de matiz fueron con mayor cercanía al rojo, lo que en su conjunto resulta en una apariencia de la pulpa más atractiva para los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACYT por la beca (56693) otorgada para realizar estudios de posgrado.

LITERATURA CITADA

- Alia TI, Colinas LMT, Martínez DMT, Soto HRM (2005a) Daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn) I. Cambios en volátiles, firmeza y azúcares totales. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 17-24.
- Alia TI, Colinas LMT, Martínez DMT, Soto HRM (2005b) Daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn) II. Cambios en fenoles totales y actividad enzimática. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 25-32.
- Alia TI, Villanueva AR, Pelayo ZC, Colinas LMT, VLM, Bautista BS (2007) Postharvest physiology and Technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn). *Postharvest Biology and Technology* 42: 285-297.
- Brady C J (1987) Fruit Ripening. *Annual Review of Plant Physiology* 38: 155-178.
- Carrara S, Ledesma N, Wasieleski J, Campbell RJ (2002) Morphological diversity of sapote mamey at Fairchild Tropical Garden, Florida, USA. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 46: 32-34.
- Castillo MLE (2012) Introducción al SAS[®] para Windows. Tercera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 296 p.
- Domínguez B, Martínez MA, Alia TI (2010) Caracterización de la maduración en ecotipos de zapote mamey (*Pouteria sapota*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 11: 122-129.
- Espinosa ZS, Villarreal FJM, Villegas MA, Mora AA (2009) El zapote mamey. In: De Coss FME, Ruiz BC, Moreno MJL, Cabrera AME, Díaz VVM, Pérez QN, Pinsón REP (eds.). *Frutas del Trópico*. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. pp: 325-344.
- Gaona GA, Alia TI, López MV, Andrade RM, Colinas LMT, Villegas TO (2008) Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) en el suroeste del estado de Morelos. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14: 41-47.
- Gómez JR, Nieto ÁD, Téliz OD, Mora AJA, Martínez DMT, Vargas HM (2009) Evaluación de la calidad e incidencia de hongos en frutos refrigerados de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn). *Agrociencia* 43: 37-48.
- Kader AA, Yahia EM (2011) Postharvest biology of tropical and subtropical fruits. In: Yahia EM (ed.) *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. V. 1: Fundamental Issues. Woodhead Publishing. Cambridge, UK. pp: 79-111.
- Martínez MA, Alia TI, Colinas LMT (2006) Refrigeración de frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] cosechados en diferentes fechas en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29 (Número Especial 2): 51-57.
- Martínez MA, Alia TI, Valle GS, Colinas LMT, López MV, Bautista BS, Andrade RM, Villegas TOG, Guillén SD (2008) Comportamiento de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) en atmósferas con bajo O₂ y moderado CO₂. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31 (Número Especial 3): 53-59.
- McGuire RG (1992) Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27:1254-1255.
- Nakasone YH, Paull ER (1998) *Tropical Fruits*. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. 445 p.
- Palma-Orozco G, Ortiz-Moreno A, Dorantes-Álvarez L, Sampedro JG, Nájera H (2011) Purification and partial biochemical characterization of polyphenol oxidase from mamey (*Pouteria sapota*). *Phytochemistry* 72: 82-88.

- Pennington DT, Sarukhán J (2005) Árboles tropicales de México. Manual para la Identificación de las Principales Especies. 3a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 524 p.
- SIAP (2011) Cierre de la Producción agrícola por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx>. Fecha de consulta el 20 de diciembre de 2011.
- Téllez PP, Saucedo VC, Arévalo GML, Valle GS (2009) Maduración de frutos de mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) tratados con 1 metilciclopropeno y refrigeración. *CyTA-Journal of Food* 7: 45-51.
- Torres RA, Salinas MY, Valle GS, Alia TI (2011) Soluble phenols and antioxidant activity in mamey sapote (*Pouteria sapota*) fruits. *Food Research International* 44: 1956-1961.
- Valero D, Serrano M (2010) *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. CRC Press-Taylor & Francis. Boca Raton, Florida, USA. 270 p.
- Villarreal FJM, Espinosa ZS, Moreno MJL, Alia TI, Franco MO (2010) Caracterización bromatológica del zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) en el Soconusco, Chiapas. In: Estrada-Botello MA, Osorio-Osorio R, Brito Manzano NP, Sánchez-Hernández R. (eds.) *Tópicos Selectos en Agronomía Tropical*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. pp: 211-216.
- Villegas MA, Mora AA (2008) Propagación de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn). In: Alia TI, Villegas MA, López MV, Andrade RM, Acosta DCM, Villegas TOG, Guillén SD (eds.). *El Zapote Mamey en México: Avances de Investigación*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. pp: 1-16.
- Wills R, McGlasson B, Graham D, Joyce D (2007) *Postharvest An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals*. UNSW Press - CABI. Australia. 227 p.
- Yahia ME, Gutiérrez-Orozco F, Arvizu de LC (2011) Phytochemical and antioxidant characterization of mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) fruit. *Food Research International* 44: 2175-2181.