

ALMACENAMIENTO DE FRUTOS DE ZAPOTE MAMEY [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] EN ATMÓSFERA MODIFICADA

F. X. Ramos-Ramírez¹; I. Alia-Tejacal¹;
V. López-Martínez¹; M. T. Colinas-León²;
C. M. Acosta-Durán¹; A. Tapia-Delgado¹;
O. Villegas-Torres¹

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
Cuernavaca, Morelos. C. P. 62209. MÉXICO.
Correo-e: ijac96@yahoo.com.mx (¹Autor responsable).

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco,
Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

Se evaluó el almacenamiento de frutos de zapote mamey en películas plásticas para determinar su efecto en algunos cambios físicos y químicos en postcosecha. Se colectaron frutos en madurez fisiológica y se almacenaron en tres películas plásticas: Ziploc®, KleenPack® y PEAKfresh®; adicionalmente se colocaron frutos sin ninguna película plástica. Se evaluó la pérdida de peso, cambios de color (luminosidad, matiz y cromaticidad), firmeza, acidez titulable, pH, azúcares, carotenoides y fenoles totales. Los frutos testigo mostraron pérdida de peso diario de 1.9 % y maduraron ocho días después de la cosecha. Los azúcares y sólidos solubles se incrementaron durante la maduración en forma significativa; la acidez y pH no mostraron cambios significativos durante la maduración. La luminosidad y el ángulo de matiz disminuyeron durante la maduración y no se detectaron cambios significativos en la cromaticidad. Tampoco se detectaron cambios importantes en la concentración de fenoles y carotenoides totales. La utilización de películas plásticas retrasó todos los cambios observados durante la maduración de los frutos de zapote mamey, sin embargo, la película plástica KleenPack®, mostró los mejores resultados, al retrasar la maduración sin afectar significativamente la calidad de los frutos. Los resultados indicaron que es necesaria la utilización de barreras para evitar la rápida maduración y pérdida de peso en los frutos de zapote mamey en postcosecha.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Pouteria sapota*, películas plásticas, maduración, fenoles, carotenoides, firmeza, pérdida de peso.

STORAGE OF SAPOTE MAMEY FRUITS [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] IN MODIFIED ENVIRONMENT

ABSTRACT

The storage of sapote mamey fruits in plastic films was evaluated to determine the effect on some physical and chemical changes during postharvest. Sapote mamey fruits were collected at physiological maturity and stored in three plastic films: Ziploc®, KleenPack® and PEAKfresh®. Additionally, fruits without plastic films were used as control. Weight losses, color changes (brightness, chroma and hue), acidity titratable, pH, sugars, carotenoids and total phenol were evaluated. Control fruits showed daily weight losses of 1.9 % and ripened 8 days after harvest. The sugars and soluble solids increased during ripening, but the titratable acidity and pH did not show significant changes. Brightness and hue angle diminished and there were no changes in chroma. There were no important changes in phenols and total carotenoids concentrations. The use of plastic films delayed all changes observed during ripening of sapote mamey fruits. The plastic film KleenPack® showed the best results, retarding ripening without affecting the fruit quality. Results indicated that it is necessary to use barriers to avoid quick ripening and weight losses in sapote mamey fruits in postharvest.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Pouteria sapota*, plastic films, ripening, phenols, carotenoids, firmness, loss of weight.

INTRODUCCIÓN

El fruto de zapote mamey es apreciado por sus características organolépticas (Pennington y Sarukhan, 1998), pero presenta perecibilidad alta (Balerdi y Shaw, 1998), lo que limita su comercialización. Su maduración se caracteriza por disminución de la firmeza, incremento de azúcares y carotenoides totales, disminución de los fenoles totales e incremento en la actividad de enzimas como catalasa, polifenol oxidasa, peroxidasa y superóxido dismutasa (Alia *et al.*, 2005 a y b). Además, presenta grandes pérdidas de peso debidas principalmente a transpiración, lo que conlleva a una reducción del valor comercial del fruto y aceleramiento de la maduración. Diversos autores han indicado pérdidas de peso diarias entre 1.0 y 1.8 % a temperaturas y humedad relativa entre 20 a 27 °C y 60 a 75 %, respectivamente (Díaz-Pérez *et al.*, 2000; Villanueva, 2000).

Actualmente se considera como un frutal con posibilidades altas para exportar o ampliar su mercado a nivel nacional, pero se sabe poco sobre su comportamiento bajo tecnologías de conservación distintas a la refrigeración, como lo son las atmósferas modificadas que emplean películas plásticas o ceras y que en otras especies han permitido retrasar la maduración y los cambios asociados a senescencia, preservar el color, reducir la pérdida de firmeza y preservar el valor nutricional (Artés *et al.*, 2006; Yahia, 2006), pero con zapote mamey no se ha probado su utilidad.

En el estado de Morelos, México, se produce zapote mamey en Tetecala y Coatlán del Río (Villanueva *et al.*, 2000), en una superficie aproximada de 28.6 ha (Gaona-García *et al.*, 2005), lo que constituye una fuente potencial para la diversificación de la fruticultura en dicha entidad. Un mayor conocimiento sobre los cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos en frutos de zapote mamey, usando diferentes tecnologías postcosecha, puede incrementar el interés y la posible apertura de nuevos mercados, lo cual será en beneficio de los productores. En tal contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de frutos de zapote mamey almacenados en sistemas de atmósfera modificada a temperatura ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se usaron frutos de zapote mamey en madurez fisiológica, colectados en mayo de 2005 en Coatlán del Río, Morelos, México. Para recolectarlos se usó el índice del productor basado en la realización de una pequeña incisión en el ápice del fruto y la búsqueda de una coloración naranja en la pulpa (Alia *et al.*, 2005 a). Después de la cosecha los frutos se empacaron en cajas de madera o en costales de rafia y se transportaron al Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad

Autónoma del estado de Morelos, donde se acondicionaron a la temperatura del lugar por 5 horas antes de instalar el experimento.

Organización experimental

Se formaron cuatro grupos de 32 frutos. Los frutos de tres grupos se empacaron individualmente en una película plástica de alguna de las marcas Ziploc®, PEAKfresh® y KleenPack®, respectivamente, y los del grupo restante se dejaron sin empacar. A partir de entonces se hicieron evaluaciones cada cuatro días en un almacenamiento a 25.5 ± 3 °C y 29 ± 4 % HR, que duró 16 días. Se midió la firmeza, color y pérdida de peso con ocho repeticiones, mediante pruebas no destructivas en unidades experimentales formadas por un fruto. Asimismo, se midieron contenidos totales de azúcares, sólidos solubles (SST), carotenoides y fenoles por cuadruplicado, con pruebas destructivas en unidades experimentales formadas por dos frutos.

Para medir pérdida de peso, se pesaron todos los frutos antes del almacenamiento y nuevamente cada cuatro días para obtener la pérdida de agua acumulada como porcentaje, con relación al estado inicial. La firmeza se determinó en la parte media de cada fruto; para ello se eliminó una porción de la cáscara en dos lados opuestos del fruto y se midió la fuerza necesaria (N) para penetrar la pulpa con un texturómetro manual (Chatillon DF250, USA) provisto de un puntal cónico (4.7 mm de diámetro en la base). El color de la pulpa se midió con un equipo ColorTec-PCMT™ (USA) en la región ecuatorial, con el uso de una escala CIELab (L*, a*, b*) para calcular los valores de ángulo de matiz ($\tan^{-1} b^*/a^*$) y cromaticidad $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (McGuire, 1992).

Los azúcares totales se midieron con el método de antrona descrito por Alia-Tejacal *et al.* (2002), donde se usó como referencia una curva de calibración de glucosa. Para evaluar los SST se tomaron 10 g de la pulpa de dos frutos y se licuaron con 100 ml de agua destilada; posteriormente se filtraron con dos capas de manta de cielo y del filtrado se tomó una gota y se depositó en un refractómetro (PAL-1, ATAGO®, Japón), para tomar una lectura en °Brix. Con el mismo filtrado se determinó el pH de la solución con ayuda de un potenciómetro (Hanna®, Rumania) y la acidez, para lo cual se tomó una alícuota de 25 ml y se colocó en un vaso de precipitado con agitación constante; con un electrodo se evaluó la cantidad de NaOH 0.1 N necesaria para que la solución alcanzara un pH de 8.2 (Díaz-Pérez *et al.*, 2000). Los fenoles y carotenoides totales se determinaron con el método descrito por Alia-Tejacal *et al.* (2002), donde la cuantificación se apoyó con una curva estándar de ácido tánico para los primeros y una de β-caroteno para los segundos (Sigma Co.).

Análisis de datos

El experimento se condujo como un diseño completamente al azar. Se hizo un análisis de varianza y

pruebas de comparación de medias por el método de DMS ($P \leq 0.05$) por fecha de muestreo (Systat, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vida útil

La firmeza de los frutos fue de 92.1 N al inicio del experimento y de 1.9 N después de ocho días (Figura 1). Entre los cambios causados por la maduración de frutos de zapote mamey está la disminución de firmeza (Alia-Tejagal *et al.*, 2007). Villanueva *et al.* (2000) y Alia *et al.* (2005a) mencionaron que los frutos de zapote mamey en madurez de consumo tienen valores entre 1 y 5 N y según Díaz-Pérez *et al.* (2000) y Arenas-Ocampo *et al.* (2003), el fenómeno se asocia con pérdida de agua, síntesis de carbohidratos libres a partir de carbohidratos de reserva y aumento de enzimas que actúan sobre la pared celular. El uso de las películas plásticas retrasó la pérdida de firmeza (Figura 1); así, en el día 12 los frutos almacenados en PEAKfresh®, Ziploc® y KleenPack® mostraron valores entre 21 y 32 N (Figura 1). Kader (1980), indicó que la pérdida de firmeza en manzana es reducida por atmósferas con bajo contenido de O_2 y alto de CO_2 , limitando la rotura de las cadenas de pectina al reducirse la actividad de enzimas pécticas. Después de 16 días los frutos de zapote mamey almacenados en PEAKfresh® y Ziploc® mantuvieron valores de firmeza entre 16 y 28 N, pero se detectó olor de fermentación (datos no mostrados), mientras aquellos almacenados en KleenPack® disminuyeron a siete N sin problemas de maduración. La utilización de películas plásticas para la conservación de frutas ocasiona un cambio en las condiciones gaseosas del entorno inmediato del producto como consecuencia de su metabolismo, generalmente la atmósfera interna se empobrece en O_2 y

enriquece en CO_2 y si esto ocurre en exceso se pueden causar desórdenes fisiológicos relacionados con maduraciones anormales (Romojaro *et al.*, 1996). Por eso, es necesario realizar estudios donde se profundice el efecto de la concentración de gases en la atmósfera modificada sobre la maduración del fruto de zapote mamey.

Cambios físicos y químicos

En promedio, la pérdida de peso diaria en los frutos de zapote mamey fue de 1.9 % (Figura 2). En esta especie la rapidez de maduración del fruto a altas temperaturas ocurre de manera paralela a la pérdida acelerada de agua (Díaz-Pérez *et al.*, 2000). Con base en otros trabajos (Saucedo-Veloz *et al.*, 2001; Alia *et al.*, 2005a) se infiere que este comportamiento es normal, ya que se han reportado valores entre 1.0 y 1.1 % a 20 ± 2 °C.

El uso de películas plásticas redujo la pérdida de peso en 66, 89 y 93 %, respecto del testigo, respectivamente, con KleenPack®, Ziploc® y PEAKfresh® (Figura 1). Con base en estos resultados, se deduce que la humedad relativa fue mayor en los empaques de PEAKfresh® y Ziploc® en relación a KleenPack®. Alcantara *et al.* (2002) determinó pérdidas de peso menores en frutos de chicozapote (*Manilkara sapota*) almacenados en películas plásticas de PVC en relación a otros donde no se colocó película plástica. Se considera que pérdidas de peso superiores a 5 % causan un deterioro en la calidad visual del fruto. Como en zapote mamey las pérdidas de peso son superiores a 15 % cuando se almacenan en atmósfera natural (Figura 2), el uso de barreras plásticas puede ayudar a disminuir la pérdida de agua.

La luminosidad (L^*) en los frutos de zapote mamey fue de 66.0 al iniciar el experimento y de 57.5 al final (Figura

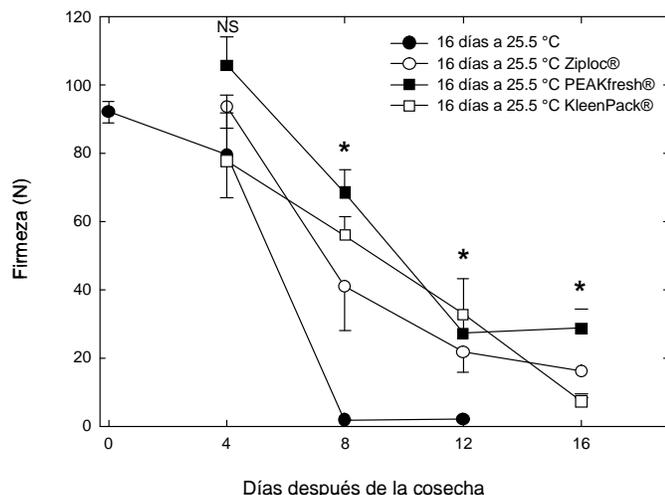


FIGURA 1. Comportamiento de la firmeza en frutos de zapote mamey almacenados en diferentes películas plásticas. Cada punto representa la media de 8 observaciones \pm error estándar. NS: no significativo; *: Significativo ($P \leq 0.05$).

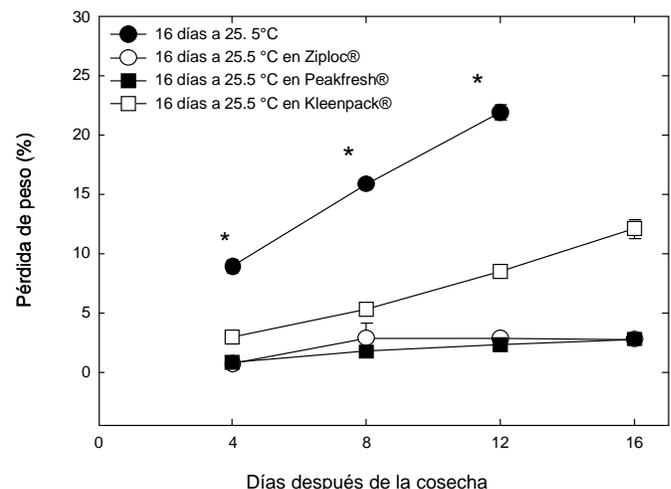


FIGURA 2. Efecto del almacenamiento en películas plásticas sobre la pérdida de peso en frutos de zapote. Cada punto representa la media de 8 observaciones \pm error estándar. *: Significativo ($P \leq 0.05$).

3 A), lo cual coincidió con los valores indicados por Díaz-Pérez *et al.* (2000), quienes explicaron que los valores de luminosidad disminuyen debido a un oscurecimiento gradual de la pulpa. También fueron congruentes con el reporte de Alia-Tejacal *et al.* (2002), quienes encontraron correlaciones significativas de la luminosidad con los fenoles totales, probablemente relacionados con el oscurecimiento de la pulpa. En el presente estudio la luminosidad se relacionó positivamente con la concentración de fenoles totales ($r = 0.88^*$). Por otro lado, se encontró correlación positiva entre los valores de L^* y pérdida de peso ($r = 0.95^*$) lo que sugiere que la condición hídrica influye en la luminosidad y podría usarse como referencia de la cantidad de pérdida de agua.

Después de 16 días de almacenados los frutos cubiertos con KleenPack® alcanzaron valores menores de luminosidad que los frutos almacenados en Ziploc® y PEAKfresh®, donde después del mismo periodo de evaluación presentaron valores promedio entre 64.0 y 65.8 y éstos fueron similares a los valores iniciales (Figura 3 A). Estos últimos tratamientos indujeron menor pérdida de peso, lo que confirma la asociación alta entre estas dos variables y el proceso de maduración en el zapote mamey.

La cromaticidad de la pulpa de los frutos de zapote mamey mostró pocos cambios durante la postcosecha de los frutos testigo (Figura 3 B), tampoco se detectó efecto en esta variable por las películas plásticas evaluadas (Figura 3 B). Al respecto, Díaz-Pérez *et al.* (2000) indicaron que existe poca variación de la cromaticidad durante la maduración de los frutos de zapote mamey. Con relación al ángulo de matiz, en los frutos testigo en madurez de consumo se ubicó entre rojo y amarillo ($H^* = 48.2^\circ$). Diversos autores han indicado que el ángulo matiz de la pulpa de zapote mamey en madurez de consumo, fluctúa entre 44 y 55° (Díaz-Pérez *et al.*, 2000; Alia-Tejacal *et al.*, 2002). Recientemente, Gaona-García *et al.* (2008) encontraron en materiales de la región de estudio valores entre 61.0 y 81.1° , lo que indica gran variación de tonalidades en la pulpa de estos frutos, y se cree que a esto se debe la variación observada en el presente estudio. De acuerdo con Díaz-Pérez *et al.* (2000) y Alia-Tejacal *et al.* (2002), el ángulo de matiz no se modifica en forma importante con la maduración, lo cual fue consistente con los resultados de este estudio (Figura 3 C). Por otro lado, se observó el efecto del tipo de película usada. Los casos de Ziploc® y PEAKfresh® no causaron cambios significativos respecto a los valores iniciales y fueron diferentes de aquellos frutos almacenados con KleenPack® (Figura 3 C) después de 16 días.

Durante la maduración los azúcares totales se incrementaron cuatro veces con relación al estado inicial (Cuadro 1). Alia-Tejacal *et al.* (2002, 2005 a), encontraron resultados semejantes. Las diferencias en la concentración de azúcares probablemente se debe a la variación de los materiales criollos de la región y también a la época de cosecha (Gaona-García *et al.*, 2008). En los frutos almacenados en PEAKfresh® y Ziploc® la acumulación de

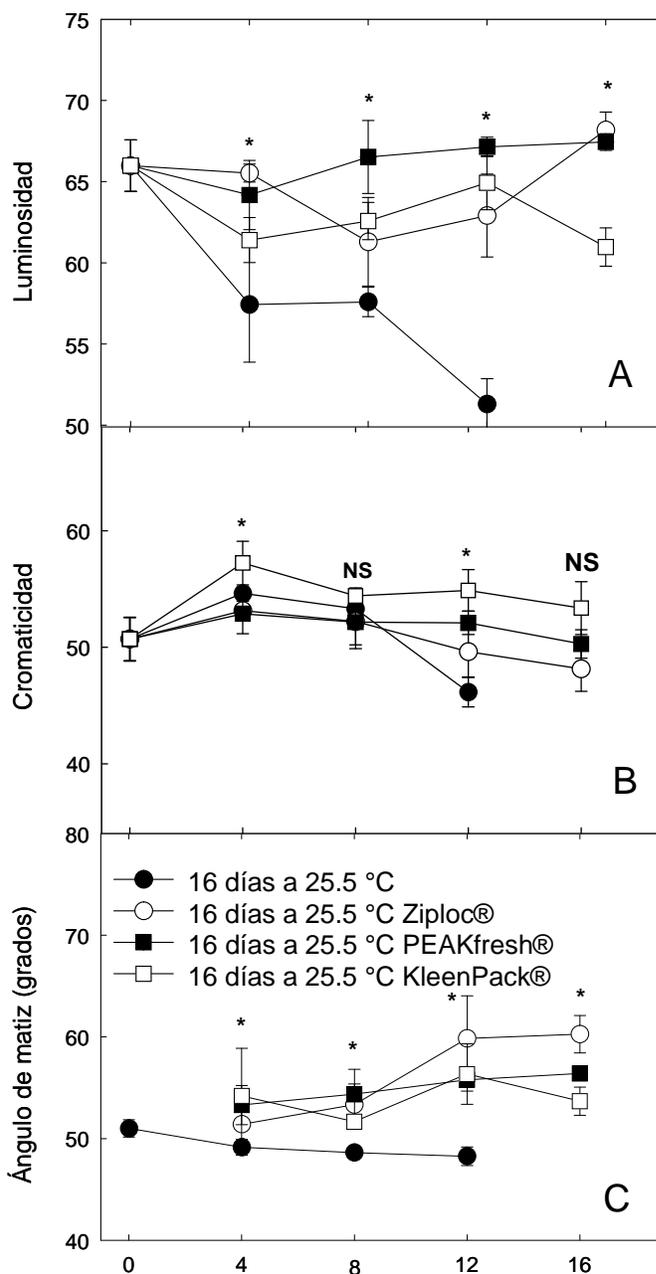


FIGURA 3. Comportamiento de los componentes del color de la pulpa de frutos de zapote mamey almacenados en diferentes películas plásticas. Cada punto representa la media de 8 observaciones \pm error estándar. NS: no significativo; *: significativo ($P \leq 0.05$).

azúcares totales se inhibió, lo que pudo ser causado por una atmósfera de composición distinta al aire en el interior del empaque. Por otro lado, los frutos almacenados en KleenPack®, presentaron valores cercanos a $100 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de azúcares totales después de 16 días (Cuadro 1). Los SST se incrementaron cuatro veces aproximadamente entre madurez fisiológica y madurez de consumo en los frutos testigo de ambos periodos (Cuadro 1). Díaz-Pérez *et al.* (2000) y Villanueva *et al.* (2000) reportaron valores entre 32.4 y 34.0°Brix , en frutos de la misma región de estudio. En

CUADRO 1. Efecto del almacenamiento bajo películas plásticas en la concentración de azúcares totales (mg·g⁻¹) de frutos de zapote mamey.

| Tratamiento | Día de evaluación | | | | |
|-------------|-------------------|----------------------|---------|----------|--------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| Testigo | 45.5 | 100.9 a ^z | 161.6 a | 188.5 a | — |
| Ziploc® | | 30.12 ab | 52.7 b | 41.40 bc | 4.3 b |
| PEAKfresh® | | 32.81 b | 46.0 b | 2.85 c | 10.8 b |
| KleenPack® | | 55.6 ab | 48.5 b | 92.52 b | 72.6 a |
| DMS | | 61.2 | 81.3 | 103.1 | 35.2 |

^zValores con la misma letra dentro de cada experimento y columna son iguales de acuerdo con la prueba de DMS a una $P \leq 0.05$.

este estudio los valores máximos fueron de 19.8°, en tanto Gaona-García *et al.* (2008) reportaron valores entre 8.5 y 36.8 °Brix para 19 materiales de zapote mamey, también de la misma región, y las diferencias podrían deberse a la gran variabilidad de los materiales disponibles. Los sólidos solubles generalmente se relacionan con la dulzura del fruto, sin embargo, en algunas especies no existe esta correlación, porque se evalúan otros componentes como aminoácidos, fenoles, ácidos orgánicos, entre otros (Kader *et al.*, 2003); a pesar de esto, los valores altos de azúcares en zapote mamey hacen de este fruto una buena fuente de carbohidratos para quien los consume.

El almacenamiento en la película plástica de KleenPack®, retrasó la acumulación de sólidos solubles; después de 16 días los valores fueron similares a los frutos testigo en madurez de consumo (Cuadro 2). En contraste, los frutos almacenados en PEAKfresh® y Ziploc® presentaron acumulación baja de sólidos solubles (entre 85 y 70 %) menos que en los frutos testigo en la madurez de consumo, lo cual es sintomático de una afectación de la maduración por estas películas.

La acidez se incrementó durante la maduración de los frutos (Cuadro 3). Se ha reportado que en frutos de zapote mamey esta variable tiene pocos cambios durante la maduración (Díaz-Pérez *et al.*, 2000); sin embargo, algunos autores reportan disminución (Villanueva *et al.*, 2000; Alia-

CUADRO 2. Efecto del almacenamiento bajo películas plásticas en la concentración de sólidos solubles totales (°Brix) de frutos de zapote mamey.

| Tratamiento | Día de evaluación | | | | |
|-------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| Testigo | 4.8 | 12.3 a | 19.8 a | 21.3 a | — |
| Ziploc® | | 4.6 b | 7.2 b | 0.8 c | 0.7 b |
| PEAKfresh® | | 4.5 b | 4.6 b | 6.6 b | 2.2 b |
| KleenPack® | | 9.6 ab | 9.2 b | 8.3 b | 12.7 a |
| DMS | | 6.7 | 9.5 | 4.9 | 1.9 |

^zValores con la misma letra dentro de cada experimento y columna son iguales de acuerdo con la prueba de DMS a una $P \leq 0.05$.

Tejacal *et al.*, 2002). Por otro lado, Villanueva *et al.* (2000) mencionaron que el zapote mamey es un fruto de baja acidez comparado con otros como piña y maracuyá. Con relación al efecto de las películas, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos materiales (Cuadro 3).

El pH de los frutos usados como testigo disminuyó de 6.0 a 5.2 durante la maduración (Cuadro 4). Sin embargo, estos cambios fueron menores a los que ocurren en frutos como chirimoya (*Annona cherimolla* Mill.), donde se reportan variaciones hasta de dos unidades (Gutiérrez *et al.*, 1994). El control del pH es dependiente de la compartimentación intracelular. Durante la maduración existe una progresiva acumulación de ácidos orgánicos los cuales aumentan por la degradación de almidón en la vacuola (Gutiérrez *et al.*, 1994) y este hecho permite explicar el comportamiento observado. También es probable tener una afectación por la maduración anormal en los frutos almacenados en Ziploc® y PEAKfresh® (Cuadro 4), lo que no ocurrió en los frutos almacenados en KleenPack®, que maduraron después de 16 días.

Los fenoles totales disminuyeron durante la maduración (Cuadro 5); esta situación se ha reportado antes y se ha relacionado con la reducción en la astringencia (Alia *et al.*, 2005b). Los frutos almacenados en KleenPack® y PEAKfresh® mostraron este comportamiento, obteniendo los valores menores después de 16 días, en tanto que los

CUADRO 3. Comportamiento de la acidez titulable en frutos de zapote mamey almacenados en diferentes películas plásticas.

| Tratamiento | Día de evaluación | | | | |
|-------------|-------------------|--------|--------|-------|--------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| Testigo | 0.14 | 0.20 a | 0.33 a | 0.7 a | — |
| Ziploc® | | 0.17 a | 0.25 a | 0.4 a | 0.47 b |
| PEAKfresh® | | 0.17 a | 0.31 a | 0.4 a | 0.38 b |
| KleenPack® | | 0.20 a | 0.24 a | 0.4 a | 1.02 a |
| DMS | | 0.08 | 0.16 | 0.32 | 0.24 |

^zValores con la misma letra dentro de cada experimento y columna son iguales de acuerdo con la prueba de DMS a una $P \leq 0.05$.

CUADRO 4. Comportamiento del pH en frutos de zapote mamey almacenados en diferentes películas plásticas.

| Tratamiento | Día de evaluación | | | | |
|-------------|-------------------|--------|-------|--------|-------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| Testigo | 6.0 | 5.9 b | 5.9 a | 5.2 b | — |
| Ziploc® | | 6.5 a | 6.1 a | 5.5 ab | 5.6 a |
| PEAKfresh® | | 6.3 a | 6.0 a | 6.0 a | 5.8 a |
| KleenPack® | | 6.08 b | 6.2 a | 5.7 ab | 4.8 b |
| DMS | | 0.27 | 0.4 | 0.63 | 0.7 |

^zValores con la misma letra dentro de cada experimento y columna son iguales de acuerdo con la prueba de DMS a una $P \leq 0.05$.

CUADRO 5. Comportamiento de la concentración de fenoles totales (mg·g⁻¹) en frutos de zapote mamey almacenados en diferentes películas plásticas.

| Tratamiento | Día de evaluación | | | | |
|-------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| Testigo | 1.07 | 0.61 a | 0.63 a | 0.64 a | — |
| Ziploc® | | 0.61 a | 0.63 a | 0.77 a | 1.1 a |
| PEAKfresh® | | 0.82 a | 0.66 a | 0.74 a | 0.65 b |
| KleenPack® | | 0.75 a | 0.53 a | 0.79 a | 0.68 b |
| DMS | | 0.7 | 0.22 | 0.19 | 0.38 |

^aValores con la misma letra dentro de cada experimento y columna son iguales de acuerdo con la prueba de DMS a una $P \leq 0.05$.

frutos almacenados en Ziploc® no mostraron cambios importantes.

Según Alia-Tejacal *et al.* (2002), durante la maduración los carotenoides totales de la pulpa se incrementan en concomitancia con una disminución del ángulo de matiz. En el presente trabajo estos pigmentos aumentaron en los frutos testigo de 0.54 mg·g⁻¹ en la madurez fisiológica a 0.71 mg·g⁻¹ en la madurez de consumo. La diferencia en el comportamiento probablemente se atribuye a la diversidad genética que se encuentra en el lugar de estudio. Por otro lado, la utilización de películas plásticas no afectó significativamente el comportamiento de los carotenoides totales (Cuadro 6).

CONCLUSIONES

La utilización de películas plásticas retrasó el proceso de maduración de los frutos de zapote mamey, restringió significativamente la pérdida de peso, retrasó el ablandamiento de la pulpa, la acumulación de sólidos solubles totales y los azúcares totales. No se detectó efecto en los cambios de acidez, pH, color, fenoles y carotenoides totales. La película plástica de KleenPack® retrasó la maduración de los frutos de zapote mamey en 3 y 4 días comparados con el testigo, sin afectar negativamente la calidad. Las películas Ziploc® y PEAKfresh® provocaron

CUADRO 6. Comportamiento de la concentración de carotenoides totales (mg·g⁻¹ de peso fresco) en frutos de zapote mamey almacenados en diferentes películas plásticas.

| Tratamiento | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 |
|-------------|------|--------|--------|--------|--------|
| Testigo | 0.54 | 0.67 a | 0.51 a | 0.71 a | — |
| Ziploc® | | 0.44 a | 0.54 a | 0.57 a | 0.40 a |
| PEAKfresh® | | 0.42 a | 0.62 a | 0.53 a | 0.53 a |
| KleenPack® | | 0.58 a | 0.79 a | 0.53 a | 0.66 a |
| DMS | | 0.30 | 0.31 | 0.26 | 0.30 |

^aValores con la misma letra dentro de cada experimento y columna son iguales de acuerdo con la prueba de DMS a una $P \leq 0.05$.

Almacenamiento de frutos...

maduración anormal en los frutos después de 16 días de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del proyecto SEP-PROMEP (103.5/04/1359) y al SNI (34250) para la realización del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- ALCANTARA, R. M. M. DE; DA SILVA, S. F.; ELESBAO, R. A.; ALMEIDA, H. C. F.; COSTA, N. C. A. 2002. Armazenamento de dois tipos de sapoti sob condicao de ambiente. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24: 644-646.
- ALIA, T. I.; COLINAS, M. T. L.; MARTÍNEZ, M. T. D.; HERNÁNDEZ R., M. S. 2005 a. Daños por frío en zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn]. I. Comportamiento de volátiles, firmeza y azúcares totales. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 17-24.
- ALIA, T. I.; COLINAS, M. T. L.; MARTÍNEZ, M. T. D.; HERNÁNDEZ, R. M. S. 2005b. Daños por frío en zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn]. II. Fenoles totales y actividad enzimática. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 25-32.
- ALIA-TEJACAL, I.; COLINAS L., M. T.; MARTÍNEZ D., M. T.; SOTO H., M. R. 2002. Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] durante postcosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8: 263-271.
- ALIA-TEJACAL, I.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VILLANUEVA-ARCE, R.; PELAYO-ZALDÍVAR, C.; COLINAS-LEÓN, M. T.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V. 2007. Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn). *Postharv. Biol. Technol* 45: 285-297
- ARENAS-OCAMPO, M. L.; EVANGELISTA-LOZANO, S.; ARANA-ERRASQUIN, R.; JIMÉNEZ-APARICIO, A. R.; DÁVILA-ORTÍZ, A. G. 2003. Softening and biochemical changes of zapote mamey fruit (*Pouteria sapota*) at different development and ripening stages. *Journal of Food Biochemistry* 27: 91-107.
- ARTÉS, F.; GÓMEZ P. A.; ARTÉS-HERNÁNDEZ F. 2006. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review* 5: 1-13.
- BALERDI, F. C.; SHAW, E. F. 1998. Sapodilla and related fruit, pp. 78-136. *In: Tropical and Subtropical Fruits*. SHAW, P. E.; CHAN, H. T.; NAGY, S. (eds.). AGSCIENCE. Florida, USA.
- DÍAZ-PÉREZ, J. C.; BAUTISTA, S.; VILLANUEVA, R. 2000. Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage. *Postharvest Biology and Technology* 18: 67-73.
- GAONA-GARCÍA, A.; ÁLVAREZ-VARGAS, J. E.; ALIA-TEJACAL, I.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ACOSTA-DURÁN, C. M. 2005. El cultivo del zapote mamey en la región suroeste del estado de Morelos. *Investigación Agropecuaria* 2: 14-19.
- GAONA-GARCÍA, A.; ALIA-TEJACAL, I.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; COLINAS-LEÓN, M. T.; VILLEGAS-TORRES, O. 2008. Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*), en la región suroeste del estado de Morelos. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14: 41-47.
- GUTIÉRREZ, M.; LAHOZ, J. M.; SOLA, M. M.; PASCUAL, L.; VARGAS, A. M. 1994. Postharvest changes in total soluble solids and

- tissue pH of chirimoya fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *Journal of Horticultural Science* 69: 459-463.
- KADER, A. A. 1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. *Food Technology* 34: 52-54.
- KADER, A.; HESS-PIERCE, B.; ALMENAR, E. 2003. Relative contribution of fruit constituents to soluble solids content measured by refractometer. *HortScience* 38: 833.
- McGUIRE, R. G. 1992. Reporting of objective color measurement. *HortScience* 27: 1254-1255.
- PENNINGTON, T. D.; SARUKHÁN, J. 1998. Árboles Tropicales de México. Manual para la Identificación de las Principales Especies. Universidad Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. D. F., México. 518 p.
- ROMOJARO, F.; RIQUELME, F.; PRETEL, M. T.; MARTÍNEZ, G.; SERRANO, M.; MARTÍNEZ, C.; LOZANO, P.; SEGURA, P.; LUNA, P. A. 1996. Nuevas Tecnologías de Conservación de Frutas y Hortalizas. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 221 p.
- SAUCEDO-VELOZ, C.; MARTÍNEZ-MORALES, A.; CHÁVEZ-FRANCO, S. H.; SOTO-HERNÁNDEZ, R. M. 2001. Maduración de frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] tratados con etileno. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24: 231-234.
- SYSTAT. 2004. Sigma Plot 9.0. User's Manual. California, USA. 852 p.
- VILLANUEVA, A. R.; EVANGELISTA L., S.; ARENAS O., M. L.; DÍAZ-PÉREZ, J. C.; BAUTISTA B., S. 2000. Cambios bioquímicos y físicos durante el desarrollo y postcosecha del mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H. E. Moore & Stearn). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6: 63-72.
- YAHIA, M. E. 2006. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. *Stewart Postharvest Review*. 5: 1-10.