

MADURACIÓN DE FRUTOS DE ZAPOTE MAMEY (*Pouteria sapota* (Jacq) H.E. Moore & Stearn) TRATADOS CON ETILENO

RIPENING OF ETHYLENE TRATED MAMEY SAPOTE FRUITS (*Pouteria sapota* (Jacq) H.E. Moore & Stearn)

Crescenciano Saucedo Veloz^{1*}, Arturo Martínez Morales¹, Sergio H. Chávez Franco¹ y Ramón Marcos Soto Hernández²

¹ Colegio de Postgraduados, Especialidad de Fruticultura. Km. 36.5 Carr. México-Tezcoco. C.P. 56230 Montecillo, Tezcoco, Edo. de México. Correo electrónico: sauveloz@colpos.mx, Fax 01(595) 952-0233. ² Colegio de Postgraduados, Especialidad de Botánica, Km. 36.5 Carr. México-Tezcoco. C.P. 56230 Montecillo, Tezcoco, Edo. de México. Correo electrónico: msoto@colpos.mx, Fax 01 (595) 952 02 47.

*Autor responsable

RESUMEN

Se estudió la evolución de la maduración de frutos de zapote mamey después de su tratamiento con gas etileno a 50 y 176 $\mu\text{L L}^{-1}$ por 24 horas a 20 y 25° C. Todos los frutos presentaron el típico patrón climaterico de respiración y producción de etileno, cuyos valores máximos ocurrieron un día antes en la temperatura de 25 °C que a 20 °C. La aplicación de etileno exógeno afectó poco la velocidad de maduración pero mejoró la calidad de los frutos en el contenido de azúcares totales; el etileno tampoco afectó los cambios en firmeza, color (índice Tan^{-1} a/b), contenido de fenoles, ni las pérdidas de peso en relación al testigo.

Palabras clave: *Pouteria sapota*, azúcares, climaterio, color, firmeza, fenoles, respiración.

SUMMARY

The maturation rate of mamey sapote was studied after treatment with ethylene gas at 50 and 176 $\mu\text{L L}^{-1}$ for 24 h, at 20 and 25° C. All fruits presented the characteristic climateric pattern peak of respiration rate and ethylene production. There peaks occurred one day earlier at 25 °C than at 20 °C. Treatments with ethylene had little effect on the ripening rate but improved the fruit quality in total sugars content; ethylene did not affect the changes in firmness, color (Tan^{-1} a/b index), phenols content, and weight losses as compared with controls.

Index words: *Pouteria sapota*, sugars, climateric, color, firmness, phenols, respiration.

INTRODUCCIÓN

En México la producción de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jack) H.E. Moore & Stearn) se estima en cerca de 3300 toneladas, siendo los principales estados productores: Chiapas, Guerrero, Yucatán y Puebla, que aportan cerca de 84 % de la producción total. Actualmente no se tienen cultivares mejorados, por lo que las plantaciones son de

tipos criollos, algunos considerados como sobresalientes por su calidad. Los mejores materiales de zapote mamey se caracterizan por tener una sola semilla, sin deformaciones, color rojo, cáscara dura con fácil desprendimiento de la pulpa, sin fibra y aroma intenso (Galván y Nuñez, 1994). El mamey es una fruta exótica y por sus características organolépticas y nutricionales se consume en fresco en el mercado nacional. En su producción existen problemas de manejo pre y postcosecha, como el desconocimiento del momento oportuno de cosecha y de los mecanismos bioquímicos y fisiológicos involucrados en la maduración, así como las condiciones óptimas de conservación y transporte. Dado que son escasos los estudios realizados a la fecha, los objetivos del presente estudio fueron: cuantificar algunos cambios bioquímicos, biofísicos y fisiológicos relacionados con la maduración de frutos del zapote mamey, y su respuesta al uso de etileno exógeno en varias dosis, como técnica para acelerar y homogeneizar dicho proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron frutos de zapote mamey de un tipo criollo sobresaliente denominado "Selección Morelos", obtenidos de un huerto comercial ubicado en Coatlán del Río, Morelos, en abril de 1998. Se cosecharon en madurez fisiológica, ésta considerada como cambio de color en los tejidos debajo de la epidermis; posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Fisiología Postcosecha del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Edo. de México, en donde se seleccionaron por sanidad, grado de madurez y tamaño. Para el experimento se establecieron seis tratamientos, siendo éstos los siguientes: T1) Almacenamiento directo a 20° C; T2) Exposición en atmósfera de etileno (50 $\mu\text{L L}^{-1}$) a 20° C por 24 horas y posterior almacenamiento a la

misma temperatura; T3) Exposición en atmósfera de etileno ($176 \mu\text{L L}^{-1}$) a 20°C por 24 horas y posterior almacenamiento a la misma temperatura; T4) Almacenamiento directo a 25°C ; T5) Exposición en atmósfera de etileno ($50 \mu\text{L L}^{-1}$) a 25°C por 24 horas y posterior almacenamiento a la misma temperatura; y T6) Exposición en atmósfera de etileno ($176 \mu\text{L L}^{-1}$) a 25°C por 24 horas y posterior almacenamiento a la misma temperatura.

Las atmósferas se establecieron mediante un mezclador de gases, utilizando etileno puro (100 %) proveniente de un tanque presurizado con calidad comercial estándar y aire comprimido como diluyente. En todos los tratamientos la humedad relativa se mantuvo entre 85 y 90 %.

La velocidad de respiración y producción de etileno se midió con un sistema estático, que consistió en colocar un fruto en un recipiente con volumen conocido y sellado herméticamente; después de una hora se tomó una muestra de un mililitro del espacio de cabeza para inyectarla en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890; estas determinaciones se realizaron diariamente desde el inicio del experimento hasta que los frutos alcanzaron la madurez de consumo. El patrón de maduración se determinó en forma cualitativa de acuerdo con los cambios en textura al tacto (duro, cambiante y suave), y la madurez de consumo se ubicó cuando los frutos alcanzaron la textura suave.

Al inicio del experimento y tras alcanzar los frutos la madurez de consumo, se midió la firmeza de la pulpa con un texturómetro "Chatillon" con puntal de 0.7 cm. El color de la pulpa se determinó con un colorímetro Hunter Lab, con cuyos datos se calculó el índice $\text{Tan}^{-1} a/b$ para definir la tonalidad en el espacio de color CIE $L^*a^*b^*$ (Little, 1975). El contenido de fenoles totales (%) se evaluó de acuerdo con el método propuesto por Chaplin *et al.* (1982), y la curva estándar se preparó conforme a la metodología de Litwarck (1967). El contenido de azúcares totales se cuantificó por el método de antrona descrito por Witham *et al.* (1971). La pérdida de peso (%) se calculó con base en la diferencia en peso entre el valor inicial y el obtenido cuando los frutos alcanzaron la madurez de consumo.

La determinación del patrón de maduración se realizó en 20 frutos por tratamiento y los datos se expresaron como el promedio ponderado de los días requeridos para alcanzar el estado suave; para el resto de las variables se establecieron tres repeticiones por tratamiento, con tres frutos por repetición.

Con los resultados de respiración y producción de etileno se obtuvo la media y desviación estándar de las tres repeticiones; para el resto de las variables, las medias se

procesaron para mostrar diferencias entre tratamientos mediante un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el método de Tukey con $P \leq 0.01$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los frutos expuestos directamente a 20 y 25°C presentaron el típico patrón climatérico de respiración y de síntesis de etileno, cuyos picos a 25°C ocurrieron un día antes que a 20°C , lo que muestra que con 5°C más de temperatura el proceso de maduración ocurre con mayor rapidez (Figura 1). Según Reid (1992), para alcanzar su mejor calidad organoléptica y nutricional los frutos requieren de una temperatura óptima de maduración, y ésta es diferente para cada especie y cultivar; además, dentro del rango fisiológico de metabolismo normal de los frutos, al subir la temperatura los cambios relacionados con la maduración se aceleran.

El tratamiento con gas etileno a las dosis y temperaturas indicadas, incrementó la velocidad de respiración y la evolución de etileno (Figuras 2 y 3). Esta respuesta es acorde con lo reportado por Yang (1995), en el sentido de que la exposición a etileno exógeno acelera el metabolismo de los frutos al estimular la actividad de las enzimas asociadas con la maduración.

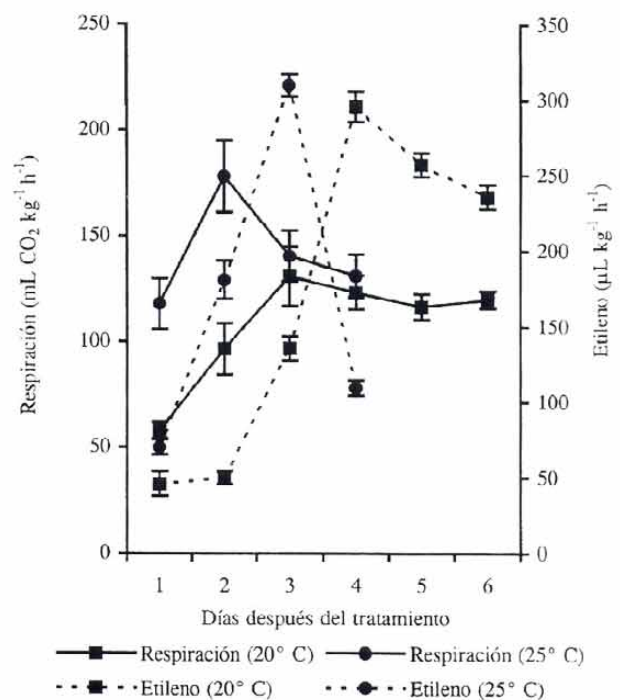


Figura 1. Velocidad de respiración y producción de etileno durante la maduración de frutos de mamey a 20 y 25°C (Medias \pm error estándar; $n=5$).

De acuerdo con los resultados del patrón de maduración (Cuadro 1), los frutos expuestos directamente a 25° C (T4) alcanzaron la madurez de consumo 1.2 días antes que a 20° C (T1); esta respuesta coincidió con la de los picos climatéricos observados en respiración y producción de etileno, los cuales también se adelantaron un día a 25° C.

Cabe destacar que si bien el tratamiento con gas etileno aceleró el metabolismo de los frutos en las dos temperaturas estudiadas, la maduración sólo resultó adelantada de manera importante en la temperatura de 20° C, en las dos concentraciones de etileno; en esta temperatura la diferencia entre 50 y 176 $\mu\text{L L}^{-1}$ fue de apenas 0.2 días, para alcanzar una textura suave al tacto. Estos resultados indican que basta aplicar 50 $\mu\text{L L}^{-1}$ para acelerar la maduración a 20° C, y que a 25° C no es necesario aplicar etileno. En frutos de chicozapote aplicaciones de etefón (ácido 2- cloroetilfosfónico) en dosis de 2000 $\mu\text{L L}^{-1}$ a 20° C, también acortaron el tiempo de maduración en 1.5 días, respecto a los frutos sin dicho tratamiento (Arévalo Galarza, 1996).

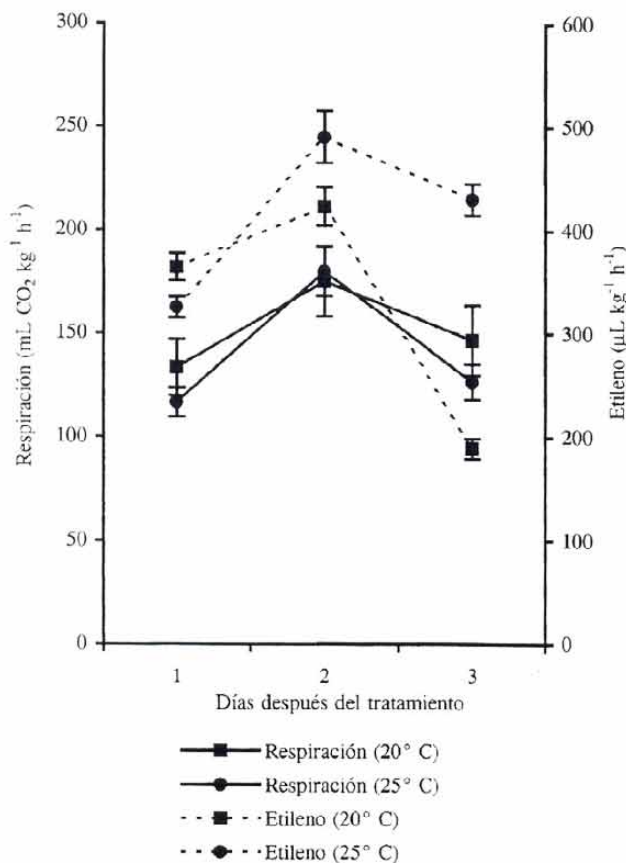


Figura 2. Velocidad de respiración y producción de etileno en frutos de mamey tratados con gas etileno (50 $\mu\text{L L}^{-1}$ medias \pm error estándar; $n=5$).

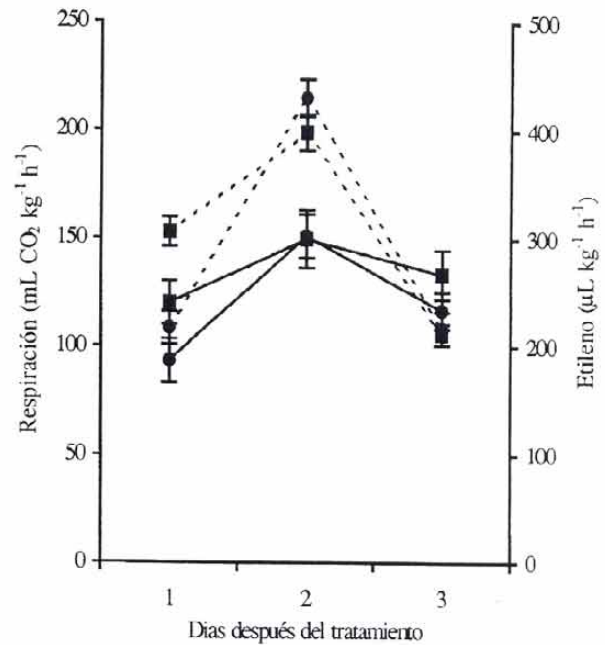


Figura 3. Velocidad de respiración y producción de etileno en frutos de mamey tratados con gas etileno (176 $\mu\text{L L}^{-1}$). (Medias \pm error estándar; $n=5$).

Cuadro 1. Patrón de maduración de frutos de zapote mamey con y sin tratamiento de gas etileno.

Tratamiento	Etileno ($\mu\text{L L}^{-1}$)	Temperatura °C	Días a maduración
T1	0	20	5.2
T2	50	20	4.0
T3	176	20	3.8
T4	0	25	4.2
T5	50	25	4.2
T6	176	25	3.8

* Los valores representan la media ponderada de los días requeridos para alcanzar la madurez de consumo (textura suave al tacto), partiendo de la madurez fisiológica.

Como parte del proceso normal de maduración, la firmeza y contenido de fenoles totales disminuyeron, en tanto que el índice de color (Tan^{-1} a/b) aumentó, pero sin diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 2). Cabe señalar que durante la maduración el color de la pulpa evolucionó desde una tonalidad rosa-salmón al momento de cosecha, hasta rojo-anaranjado en la madurez de consumo.

El contenido de azúcares totales se incrementó notablemente en todos los tratamientos como parte del proceso normal de maduración (Cuadro 2), sobre todo cuando se

Cuadro 2. Efecto del tratamiento con gas etileno sobre el color, firmeza, contenido de azúcares y fenoles totales, y pérdidas peso, en frutos de zapote mamey.

Tratamiento	Firmeza de la pulpa (kg-f)	Índice de color (Tan ⁻¹ a/b)	Azúcares totales (%)	Fenoles totales (%)	Pérdidas de peso (%)
Inicial	2.90a	3.30b	6.0d	1.53a	0.00b
T1	0.05b	4.31a	32.1bc	0.21b	5.89a
T2	0.07b	4.29a	37.9b	0.24b	4.48a
T3	0.05b	3.87a	56.0a	0.15b	4.05a
T4	0.05b	3.93a	28.7c	0.16b	5.51a
T5	0.06b	3.92a	31.1bc	0.11b	4.48a
T6	0.05b	3.94a	36.8b	0.14b	4.06a

Valores con la misma letra en una columna son iguales entre sí (Tukey, 0.01).

aplicó etileno a 176 $\mu\text{L L}^{-1}$ y a 20° C. Similarmente, en frutos de chicozapote tratados con etefón (1000, 2500 y 5000 $\mu\text{L L}^{-1}$) se incrementó significativamente el contenido de azúcares reductores y totales, lo que se atribuyó a su efecto en liberar etileno (Suryanarayana *et al.*, 1984).

En cuanto a las pérdidas de peso, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 2), y tampoco se presentaron problemas de marchitamiento o manchado de tejidos por las pérdidas de humedad.

CONCLUSIONES

El proceso de maduración de los frutos de mamey mostró un comportamiento climatérico cuyo valor máximo (pico) es detectable mediante la respiración o la producción de etileno. La madurez de consumo, que ocurre en la fase postclimática, se alcanza tras 5.2 días a 20 °C o 4.0

días a 25 °C, después de la cosecha (madurez fisiológica). No se presentaron diferencias importantes, en adelantar la maduración, entre dosis de etileno; el tratamiento con 176 $\mu\text{L L}^{-1}$ adelantó la maduración de los frutos en 1.4 días a 20° C y en 0.4 días a 25° C, y favoreció un mayor contenido de azúcares, sin ocasionar cambios significativos en la firmeza, color de la pulpa, contenido de fenoles, y pérdidas de peso en el fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo Galarza M., L. C. 1996. Estudios de maduración y conservación de frutos de chicozapote (*Manilkara zapota*) mediante el uso de recubrimientos cerosos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 78 p.
- Chaplin, G. R., R. B. H. Wills, and D. Graham. 1982. Objective measurement of chilling injury in the mesocarp of stored avocados. *HortScience* 17:238-239.
- Galván D., M. y T. R. Nuñez. 1994. Selección de materiales sobresalientes de zapote mamey (*Calocarpum zapota*). Interamerican Society for Tropical Horticulture XL Reunion Anual. Programa y Memoria de Resúmenes. Campeche, México. 155 p.
- Little, C. A. 1975. A Research note of on a Tangent. *J. Food Sci.* 40:410-412.
- Litwarck, G. 1967. Bioquímica Experimental. Ediciones Omega S.A. Barcelona. España. pp:216-217.
- Reid, M.S. 1992. Ethylene in postharvest technology. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. Kader, A. A. (ed.). University of California (Publication 3311). pp: 97-108.
- Suryanarayana, V., P. V. Goud, and P. Veranna-Goud. 1984. Effect of postharvest ethrel treatment on ripening of sapota fruits. *Andhra Agr. J.* 31:308-311.
- Witham, F. H., D. F. Blaydes, and R. M. Devlin. 1971. Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York. 245 p.
- Yang, S. F. 1995. The role of ethylene in fruit ripening. *Acta Horticulturae* 398: 167-178.