

COMPORTAMIENTO EN POSTCOSECHA DE FRUTOS DE ZAPOTE BLANCO EN TEXCOCO, MÉXICO

POSTHARVEST BEHAVIOR OF WHITE SAPOTE FRUITS IN TEXCOCO, MÉXICO

María Azalia Lozano-Grande¹, Salvador Valle-Guadarrama^{1*}, Lila Margarita Marroquín-Andrade² y María Carmen Ybarra-Moncada¹

¹Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Chapingo, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-1500, Ext. 5592. ²Departamento de Fitotecnología, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Chapingo, Edo. de México.

* Autor para correspondencia (svalle@correo.chapingo.mx)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento postcosecha de dos variantes (A, B) de frutos de zapote blanco (*Casimiroa edulis* Llave & Lex.), previamente identificadas en la región de Texcoco, México. Se cosecharon frutos en madurez fisiológica y se evaluaron en un almacenamiento a 21 ± 2 °C por 6 d. Los frutos mostraron un comportamiento climatérico, con un máximo respiratorio a los 4 d en la variante A (199 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹; 651 µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹) y a los 5 d en la variante B (162 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹; 521 µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹). Los azúcares totales promediaron 10.7 % y no se modificaron con la maduración; en contraste, los azúcares reductores cambiaron de 6.1 a 7.8 % en A, y de 5.2 a 8.2 % en B. La relación °Brix/acidez aumentó en ambas variantes, de 28.4 a 34.1 en A y de 33.4 a 43.3 en B. Los frutos de la variante B tuvieron una pulpa más firme que los de la variante A en fase preclimática (17.3 y 13.8 N, respectivamente) y presentaron mayores valores de luminosidad y pureza de color, aunque el ángulo de matiz fue comparable en ambos tipos de fruto, con un cambio promedio de 113.7 a 103.2°. Los frutos de la variante B presentaron mejor potencial de comercialización.

Palabras clave: *Casimiroa edulis* Llave & Lex., maduración, postcosecha, respiración.

SUMMARY

In this work we studied the postharvest behavior of two fruit types (A, B) of white sapote (*Casimiroa edulis* Llave & Lex.), previously identified at Texcoco, México. The fruits were harvested at physiological maturity and evaluated at 21 ± 2 °C for 6 d. Fruits showed a climacteric behavior, with a respiratory peak at 4 d in type A (199

mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹; 651 µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹) and at 5 d in type B (162 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹; 521 µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹). Total sugars content averaged 10.7 % and they did not change during ripening, while the reducing sugars changed from 6.1 to 7.8 % in A and from 5.2 to 8.2 % in B. The ratio °Brix/acidity increased in both fruit types, from 28.4 to 34.1 in A and from 33.4 to 43.3 in B. At the preclimacteric phase, the fruit flesh was firmer in type B than in type A (17.3 and 13.8 N, respectively). Regarding the color variables, type B showed higher lightness and chroma values than type A, but in hue values both types changed in a similar way, from 113.7 to 103.2°. Type B fruits showed a higher commercialization potential.

Index words: *Casimiroa edulis* Llave & Lex., postharvest, respiration, ripening.

INTRODUCCIÓN

El zapote blanco (*Casimiroa edulis* Llave & Lex.) es nativo de México (Zuang y Barret, 1992) y en la actualidad se cultiva con fines comerciales en apenas una superficie menor a 170 ha (Anónimo, 1998). No obstante, constituye una alternativa para el desarrollo rural en las regiones donde forma parte de pequeños huertos o se encuentra en forma silvestre. La región de Texcoco, México, alberga árboles de varias edades de esta especie, tanto en forma silvestre como en pequeños huertos. En esa región se realizó un estudio y, con base en características morfológicas, se identificó la presencia de dos variantes de frutos, que se han denominado A y B, que difieren en índice de redondez, en el número de semillas totales y desarrolladas, y en el largo y ancho de esas semillas. Asimismo, se determinó que, entre ambas variantes, la denominada como A presenta menor proporción de pulpa y mayor proporción de semillas en relación al peso del fruto entero y, en tal sentido, se calificó a la variante B como mejor, en términos de un potencial de comercialización, a pesar de estar integrada por frutos menos esféricos.

Una limitante para mejorar el manejo que se da al árbol en los pequeños huertos es que no se dispone de información sobre el comportamiento postcosecha del fruto. Según la literatura relacionada con la vida útil en postcosecha de esta especie (Possingham, 1990; McCain, 1993; Cantwell, 2002), el periodo de almacenamiento recomendado varía desde 5 d hasta tres semanas; por ello es conveniente que el desarrollo regional del material nativo se apoye en una caracterización más precisa. El presente trabajo se hizo con los objetivos de estudiar el comportamiento postcosecha de dos variantes de frutos de zapote blanco que hay en la región de Texcoco, y evaluar si tales variantes presentan un comportamiento diferente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. Se utilizaron frutos de zapote blanco cosechados en la región de Texcoco, cuya cabecera

municipal se ubica a 19° 30' LN, 98° 53' LO y una altitud de 2250 m. Se eligieron cinco árboles de la comunidad de San Miguel Tlaixpan, uno de Tequexquináhuac y tres en cada una de las comunidades de San Luis Huexotla, Nativitas y Nezahualcóyotl. Estas unidades arbóreas fueron las mismas en las que se identificaron las dos variantes de frutos (A y B). De los 15 árboles elegidos, 10 correspondían a la variante A y cinco a la B. El estado de los frutos al corte correspondió a madurez fisiológica, caracterizada por una epidermis de color verde, dureza alta al tacto y tamaño mayor a 7 cm. Los rasgos morfológicos distintivos de cada variante y las colectas que las integraron se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características morfológicas de dos variantes de frutos de zapote blanco provenientes de comunidades de Texcoco, México, e identificación de las colectas en cada variante.

Característica	Variante A	Variante B
Índice de redondez (adimensional)	0.96	0.83
Semillas totales (Núm.)	4.67	4.51
Semillas desarrolladas (Núm.)	2.73	1.62
Ancho de semilla (cm)	2.28	2.55
Largo de semilla (cm)	3.50	4.05
Relación pulpa/fruto (%)	79.04	85.30
Colectas integrantes	Nat [†] , Nat2, Nat3, Nez1, Nez2, Nez3, Slh1, Smt1, Smt2, Teq1	Slh2, Slh3, Smt3, Smt4, Smt5

[†]El prefijo señala el origen de la colecta: Nat (Nativitas), Nez (Nezahualcóyotl), Slh (San Luis Huexotla), Smt (San Miguel Tlaixpan), Teq (Tequexquináhuac).

Organización experimental. De cada árbol se obtuvo una colecta, formada por un lote de 35 a 40 frutos. El material se colocó en un cuarto aislado cuya temperatura fue de 21 ± 2 °C y la humedad relativa de 82 %. Tales valores se consideraron representativos de una condición ambiental de almacenamiento de frutos. De cada colecta se usaron cinco frutos para caracterizar química y físicamente el estado inmediato posterior a la cosecha. También de cada colecta se seleccionaron otros cinco frutos para evaluar, en cada uno, las tasas diarias de respiración y producción de etileno por un periodo de 6 d. Al final de este lapso, a los frutos de este segundo lote se les realizó una caracterización química y física para describir el estado de madurez de consumo.

Variables químicas. De cada fruto se obtuvo una muestra de 20 g de pulpa, que se licuó con 100 mL de agua destilada, para medir el pH con potenciómetro y la acidez titulable con NaOH 0.1 N mediante análisis volumétrico. Asimismo, se midieron sólidos solubles totales (°Brix) con un refractómetro portátil Abbe (American Optical, EE. UU.) de escala 0-32 °Brix y azúcares reductores y totales por el método de Lane-Eynon (Horwitz, 1980).

Variables físicas. Se determinó el peso de cada fruto al inicio y al final del experimento para evaluar la pérdida fisiológica acumulada de peso, como porcentaje del valor inicial. El cambio de color de la epidermis de cada fruto se registró con un colorímetro Hunter Lab modelo MiniScan™ XE Plus, en escala Cielab, con iluminación estándar D65 y ángulo de observador de 10°. En cada fruto se determinó la firmeza de la pulpa con un equipo analizador de textura (Stable Micro Systems, UK, modelo TA-XT2i) provisto de un accesorio cónico (número de catálogo P/45c) en una rutina de medición de fuerza en compresión, con una distancia de penetración de 5 mm y con velocidades de preensayo, ensayo y postensayo de 4.0, 1.0 y 5.0 mm s⁻¹, respectivamente.

Variables fisiológicas. Las tasas diarias de respiración y producción de etileno se evaluaron con un método estático, en frutos que se colocaron individualmente en recipientes herméticos de 1.2 L por 1 h. Al término de este periodo se determinó el cambio de concentración de CO₂ y etileno mediante un cromatógrafo de gases (Varian modelo 3400CX, EE. UU.), equipado con un detector de ionización de flama y un detector de conductividad térmica, que operó con temperaturas de 80, 150 y 170 °C en la columna, inyector y detectores, respectivamente. Todas las muestras se inyectaron con jeringas de vidrio para gases (Hamilton®) en alícuotas de 100 µL.

Análisis de datos. Se consideró un arreglo factorial 2² alojado en un diseño completamente al azar. Un factor correspondió a las variantes de frutos (A y B) y el otro a los estados de desarrollo del fruto (madurez fisiológica y madurez de consumo). Para cada variante se realizaron comparaciones de medias (Tukey, 0.05) del comportamiento de los frutos entre los dos estados de desarrollo. En todos los casos la unidad experimental fue un fruto y el número de frutos utilizados en cada estado fue de 50 para la variante A (formada con material de 10 colectas) y de 25 para la B (formada con material de 5 colectas; Cuadro 1). Todo el análisis se realizó mediante el programa SAS (SAS Institute, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El patrón de respiración de los frutos de zapote blanco evaluados correspondió al comportamiento típico de los frutos climatéricos (Figura 1), en forma semejante a como ocurre con otros zapotes (Kader, 2002; Alia *et al.*, 2005). La máxima producción de CO₂ ocurrió a los 4 d en los frutos de la variante A (199 mL kg⁻¹ h⁻¹) y a los 5 d en los de la variante B (162 mL kg⁻¹ h⁻¹), lo que sugiere que el material de esta última variante presenta una vida de anaque ligeramente mayor en la condición de almacenamiento de 21 °C. La producción de etileno se incrementó en

forma paralela a la del CO₂; en la variante A la máxima generación ocurrió al mismo tiempo que la del CO₂, pero en la variante B hubo un ligero desplazamiento. Los valores máximos fueron 651 y 521 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para las variantes A y B, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas ($P \leq 0.05$) en respiración ni en producción de etileno. De acuerdo con el comportamiento respiratorio, el día uno de almacenamiento representó un estado preclimático y el día seis uno postclimático.

Estos resultados indican que el fruto de zapote blanco de la región de Texcoco, México, es un material de perecibilidad alta y vida de almacenamiento menor a 6 d, cuando se almacena a 21 °C. Esto es congruente con el reporte de Possingham (1990), quien señaló que aún en condiciones de refrigeración la vida postcosecha del zapote blanco puede variar, en función del cultivar, entre 5 y 21 d. Tal comportamiento es semejante al mostrado por frutos producidos en Huaquechula, Puebla, con una vida útil entre 7 y 8 d (Vázquez, Com. Personal¹). Según McCain (1993), los frutos de esta especie pueden ser conservados, antes de madurar, hasta por dos semanas bajo refrigeración; se infiere que a temperatura mayor el tiempo de almacenamiento puede disminuir. Cantwell (2002), en forma genérica, señala que el fruto de zapote blanco puede tener una vida de almacenamiento aproximada de dos a tres semanas a una temperatura de 20 °C y humedad relativa entre 85 y 90 %, pero no menciona los cultivares que reflejan tal comportamiento, ni el tipo de manejo que han recibido. En la región de Texcoco, los árboles de zapote blanco no reciben un manejo tecnificado y esto puede ser un factor que propicie una menor vida de almacenamiento de los frutos.

El Cuadro 2 muestra las características de calidad de fruto en las variantes A y B, 1 y 6 d después de la cosecha. Los °Brix y los azúcares reductores aumentaron con la maduración en forma significativa en las dos variantes, sin diferencias estadísticas entre variantes de fruto ($P \leq 0.05$). Los azúcares totales fueron constantes en ambas variantes durante la maduración, por lo que el cambio en °Brix se atribuye a la modificación en azúcares reductores, como sugiere Tucker (1993), al señalar que la degradación de almidón es común en la maduración de muchos frutos. Los resultados aquí obtenidos permiten proponer hidrólisis de almidón durante la maduración de los frutos de zapote blanco, para producir glucosa, y de ésta la síntesis de fructosa.

En el fruto en madurez de consumo, (día 6), la acidez disminuyó 6.5 % en la variante A y 9.8 % en la B, en re-

lación con los valores registrados para el día uno, pero el cambio fue significativo sólo en la variante B ($P \leq 0.05$). La reducción en el contenido de ácidos orgánicos es característico de la maduración de frutos, pues estos compuestos constituyen sustratos de la actividad respiratoria (Tucker, 1993). Aunque el pico climático de los frutos fue mayor en la variante A, la duración del ascenso respiratorio fue mayor en la variante B (Figura 1); como el cambio de acidez en B fue significativo y mayor, se sugiere que en reducción de acidez es más importante la duración del ascenso respiratorio que la magnitud máxima de respiración. Por otro lado, la relación °Brix/acidez aumentó con la maduración en ambas variantes, lo cual es una consecuencia combinada del incremento de azúcares reductores y el decrecimiento en la acidez (Cuadro 2). Esta relación fue mayor en los frutos de la variante B, lo que indica que éstos son más dulces que los de la variante A. En general, el fruto de zapote blanco es menos dulce que el fruto de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn], cuyo valor típico de °Brix es de 30 % para un estado maduro (Díaz-Pérez *et al.*, 2003).

Los frutos de ambas variantes de frutos, A y B, presentaron pérdidas de peso similares (Cuadro 2) y los valores registrados se ubicaron en el rango de 3 a 9 % reportado por otros autores (Morton, 1987; Possingham, 1990; Zuang y Barret, 1992). Dado que esta variable está asociada con la permeabilidad de la cáscara al vapor de agua (Amarante y Banks, 2001), se infiere que la cutícula y las ceras de la epidermis son similares en ambas variantes. En firmeza de la pulpa, el análisis mostró que los frutos de la variante B fueron, en la etapa preclimática, más firmes que los de la variante A, lo que puede favorecer su manejo mecánico; sin embargo, en el postclimaterio la diferencia encontrada fue menor a 1 N en ambos casos. Alia *et al.* (2005) evaluaron la firmeza de frutos de zapote mamey con una técnica semejante a la aquí usada, y los valores reportados para el preclimaterio superaron en 14 N aproximadamente a los de zapote blanco utilizados en este trabajo. Estos hechos evidencian que el zapote blanco es un fruto de consistencia blanda, lo que aunado a la fragilidad de su cáscara (Zuang y Barret, 1992), puede dificultar su manejo y transporte durante la comercialización.

En el color se observó un cambio en el ángulo de matiz de los frutos ($P \leq 0.05$), que fue semejante en ambas variantes, y correspondió a la transición de una tonalidad verdosa a la amarillenta que caracteriza a los frutos maduros (Cuadro 2). Según los datos de la luminosidad, los frutos de la variante A se tornaron más oscuros durante la maduración, mientras que los de la variante B permanecieron sin cambio significativo. No se encontró cambio en la

¹ A Vázquez M. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.

Cuadro 2. Características de dos variantes de frutos de zapote blanco provenientes de la región de Texcoco, México, conservados en postcosecha bajo condiciones de 21 °C y 82 % de humedad relativa.

Variable	Significancia entre variantes [†]	Variante A		Variante B	
		Día uno	Día seis	Día uno	Día seis
°Brix	ns	15.20 b ^{††}	17.03 a	14.65 b	17.16 a
Acidez (%)	*	0.53 a	0.50 a	0.44 a	0.40 b
Relación °Bx/acidez	*	28.42 b	34.06 a	33.38 b	43.34 a
Azúcares reductores (%)	ns	6.09 b	7.81 a	5.16 b	8.20 a
Azúcares totales (%)	ns	10.23 a	10.34 a	10.85 a	11.54 a
Pérdida de peso (%)	ns	--,--	5.69	--,--	6.52
Firmeza de la pulpa (N)	*	13.78 a	0.87 b	17.34 a	0.62 b
Color de la cáscara					
Luminosidad (%)	*		51.26 a	49.06 b	55.93 a
Pureza (Croma)	*		30.13 a	30.79 a	36.66 a
Ángulo de matiz (grados)	ns	111.59 a	103.24 b	115.88 a	103.15 b

[†]Significancia entre variantes: ns: no significativo, *: significativo ($P \leq 0.05$); ^{††}medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) y aplican sólo al interior de cada variante entre características al día uno y al día seis.

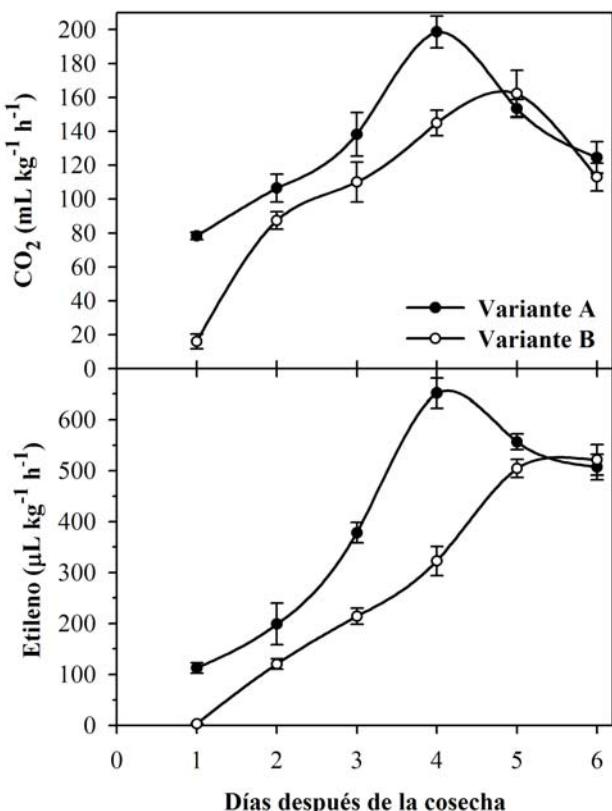


Figura 1. Producción de CO₂ y etileno en dos variantes (A y B) de frutos de zapote blanco colectadas en la región de Texcoco, México. Los puntos representan el promedio de 50 frutos para la variante A y de 25 para la B. Las barras verticales representan la desviación estándar de la media.

cromatidad con la maduración en ambas variantes. En general, los frutos de la variante A fueron más oscuros y menos coloridos que los de la variante B ($P \leq 0.05$), por lo que el material B resulta más atractivo visualmente.

Estos resultados confirman que en la región de Texcoco existen dos variantes de frutos de zapote blanco con características distintas. Con base en los cambios ocurridos durante el almacenamiento en postcosecha, los frutos de la variante B presentaron mejor potencial de comercialización que los de la variante A, aunque ambas mostraron características de perecibilidad alta a 21 °C y 82 % de humedad relativa. Es necesario entonces investigar el comportamiento de esos frutos en condiciones de refrigeración para procurar incrementar el período de almacenamiento con calidad adecuada.

CONCLUSIONES

El zapote blanco producido en la región de Texcoco, México, es un fruto climatérico de perecibilidad alta a 21 °C y 82 % de humedad relativa. La evaluación de su comportamiento postcosecha confirmó la existencia de dos variantes de frutos. La variante A alcanzó el máximo climaterio a los 4 d y la variante B a los 5 d. Los azúcares totales se mantuvieron constantes durante el almacenamiento en ambas variantes, pero los azúcares reductores se incrementaron y causaron un aumento en °Brix. Los frutos de la variante B presentaron mayor relación °Brix/acidez en todo el almacenamiento que los de A, lo que significa que los de B son más dulces. Los frutos de la variante B también fueron más firmes en su pulpa, lo que puede favorecer su manejo mecánico y más atractivos visualmente. Se concluye que los frutos de la variante B presentan mejor potencial de comercialización.

BIBLIOGRAFÍA

- Alia T I, M T Colinas L, M T Martínez D, R M Soto H (2005) Daños por frío en zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn]. I. Cambios en volátiles, firmeza y azúcares totales. Rev. Fitotec. Mex. 28:17-24.
- Amarante C, N H Banks (2001) Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. Hort. Rev. 26:161-237.

- Anónimo (1998)** Recursos Agrícolas del Trópico y Subtrópico Mexicano. INEGI y Colegio de Postgraduados. México. pp:69-79.
- Cantwell M (2002)** Appendix: summary table of optimal handling conditions for fresh produce. *In: Postharvest Technology of Horticultural Crops.* Kader A A (ed). University of California. California, USA. pp:511-518.
- Díaz-Perez J C, S Bautista, R Villanueva, R López-Gómez (2003)** Modeling the ripening of sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn] fruit at various temperatures. *Postharv. Biol. Technol.* 28:199-202.
- Horwitz W (1980)** Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th ed. AOAC. Washington, USA. pp:515-518.
- Kader A A (2002)** Postharvest biology and technology: an overview. *In: Postharvest Technology of Horticultural Crops.* Kader A A (ed). University of California. California, USA. pp:39-47.
- McCain R (1993)** Golden berry, passion fruit & sapote: potential fruits for cooling subtropical areas. *In: New Crops.* Janick J, J E Simon (eds). Wiley, New York, USA. pp:479-486.
- Morton J F (1987)** Fruits of Warm Climates: The White Sapote. Ed. Morton Collectanea. Florida, USA. pp:191-196.
- Possingham J V (1990)** The white sapote. *In: Under Exploited Wild Species that Have Potential for Horticulture.* Adv. Hort. Sci. 4:49-55.
- SAS Institute (1989)** SAS/STAT® User's Guide. Version 6. SAS Institute Inc. Cary, NC. pp:209-243.
- Tucker G A (1993)** Introduction. *In: Biochemistry of Fruit Ripening.* Seymour G B, J E Taylor, G A Tucker (eds). Chapman & Hall, London, UK. pp:1-51.
- Zuang H, P Barret (1992)** Nuevas Especies Frutales. Ediciones Mundial Prensa. Madrid, España. pp:99-102.