

CAMBIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y SENSORIALES EN FRUTOS DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) DURANTE SU DESARROLLO

SENSORIAL, PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGES OF PITAHAYA FRUITS (*Hylocereus undatus*) DURING DEVELOPMENT

Alma R. Centurión Yah¹, Sara Solís Pereira¹, Crescenciano Saucedo Veloz^{2*}, Reginaldo Báez Sañudo³ y Enrique Sauri Duch¹

¹División de Estudios de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Mérida. Km. 5 Carretera Mérida-Progreso. 97118, Mérida, Yucatán, México.

²Fruticultura, Programa de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, México. Tel. 01(595) 952-0233. ³Departamento de Alimentos de Origen Vegetal, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Km. 0.6 Carretera a la Victoria. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

*Autor para correspondencia (sauveloz@colpos.mx).

RESUMEN

En este trabajo se evaluaron algunos cambios físicos y químicos que ocurren durante el crecimiento y maduración del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus*), para definir el estado de madurez al corte que dé mejor calidad organoléptica y mayor aceptación por el consumidor. El desarrollo de los frutos fue en campo, a 26.1 °C y 73.9 mm de temperatura y precipitación media durante el periodo de evaluación. A partir de la apertura de la flor se evaluaron cambios en los diámetros polar y ecuatorial, peso fresco de fruto entero, pulpa y cáscara, y cuando apareció la primera coloración rojiza en la superficie se evaluó color de cáscara, firmeza de la pulpa, contenido de sólidos solubles totales (°Brix), contenido de azúcares reductores, acidez titulable, contenido de ácido ascórbico y percepción sensorial. La maduración ocurrió entre los 25 y 31 d después de la apertura floral, con transición del color de la cáscara de un verde claro con partes de color rojo incipiente a un rojo-púrpura, proceso en el cual hubo reducción de la firmeza. Los contenidos de azúcares reductores y °Brix aumentaron de 2.4 a 6.6 % y de 4.6 a 12.6 %, respectivamente; el contenido de ácido málico disminuyó de 1.4 a 0.4 %, lo que favoreció el aumento de la relación °Brix/acidez; el contenido de ácido ascórbico disminuyó de 14.7 a 9.6 mg/100 g. A los 31 d los frutos medían 8.9 cm en diámetro polar, 8.2 cm en diámetro ecuatorial y 469.2 g en peso. El sabor varió de agridulce a dulce entre los 27 y los 31 d, y la mayor aceptación de los frutos se registró entre los 29 y 31 d.

Palabras clave: *Hylocereus undatus*, color, sabor, crecimiento del fruto, maduración.

SUMMARY

In this work we evaluated some physical and chemical changes occurring during fruit development and ripening of pitahaya (*Hylocereus undatus*), in order to define the maturity stage for harvesting at the best organoleptic quality and acceptance by consumers. Fruit development was monitored in field conditions, at 26.1 °C and 73.9 mm of mean temperature and rain during the evaluation period. Starting at flower opening, changes in fruit diameter (polar and equatorial), fresh weight of whole fruit as well as

pulp and skin were evaluated; when the first reddish coloration appeared on the skin, skin color was measured, as well as pulp firmness, total soluble solids content (°Brix), reducing sugar content, titratable acidity, ascorbic acid content and sensorial perception. Ripening occurred between 25 and 31 d after flower opening, when the skin changed color from green to incipient red to red-purple, along with a reduction in pulp firmness. The contents of reducing sugars and soluble solids increased from 2.4 to 6.6 % and from 4.6 to 12.6 %, respectively; malic acid content diminished from 1.4 to 0.4 %, thus favoring the increase in the °Brix/acidity ratio. The ascorbic acid content diminished from 14.7 to 9.6 mg/100 g. At 31 d fruits were 8.9 cm in polar diameter, 8.2 cm in equatorial diameter and weighed 469.2 g. The flavor changed from bittersweet to sweet between 27 and 31 d, so the major acceptance was registered between 29 and 31 d.

Index words: *Hylocereus undatus*, color, flavor, fruit growth, maturation.

INTRODUCCIÓN

La pitahaya (*Hylocereus undatus* Britton & Rose) es originaria de regiones tropicales de América y se distribuye desde México hasta Centro América, en donde constituye un recurso genético importante. Es una planta cactácea perenne, trepadora, que comúnmente crece sobre árboles o piedras debido a que no puede sostenerse por sí misma (Rodríguez, 2000). Produce un fruto globoso, de forma elipsoidal a óvalo, de 10 a 12 cm de diámetro, con pulpa blanca y numerosas semillas dispersas de color negro; la cáscara varía de rojo a rojo-púrpura y está cubierta por brácteas salientes de forma triangular, dispuestas en forma más o menos helicoidal. La pulpa es dulce, a veces un poco ácida, de aroma suave y fragancia delicada. Por su atractiva apariencia externa es considerado como uno de los frutos más bellos del mundo (Centurión *et al.*, 1999).

Con la creciente demanda de frutos exóticos a nivel mundial, el mercado de las pitahayas se ha visto favorecido y se ha incrementado el potencial económico y agronómico de su cultivo. Las pitahayas cultivadas en México presentan amplia variación en forma, tamaño, sabor, color externo y época de cosecha; las variantes que más se comercializan son las de cáscara roja con pulpa blanca (*Hylocereus undatus*) y las de cáscara roja con pulpa roja (*Hylocereus spp.*) (Rodríguez, 2000), las primeras son las de mayor demanda y valor comercial. La producción de pitahayas se localiza en los Estados de Yucatán, Campeche, Jalisco, Puebla, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora y Tabasco.

En la Península de Yucatán las pitahayas se producen principalmente en huertos familiares, pero también existen plantaciones comerciales con técnicas modernas de cultivo que han permitido incrementar los rendimientos y manejar la época de producción (Castillo y Ortiz, 1994). Sin embargo, el conocimiento de técnicas de pre- y postcosecha para el manejo de la calidad de los frutos de pitahaya es aún escaso, lo que dificulta su comercialización nacional e internacional. Actualmente el mercado mexicano de las pitahayas es básicamente regional; solamente se envían pequeñas cantidades al mercado nacional y cantidades incipientes a Europa y Japón (Rodríguez, 2000).

Según Centurión *et al.* (2000), la calidad organoléptica, nutricional y de manejo postcosecha de la pitahaya depende principalmente del grado de madurez al momento del corte. Sus frutos completan su desarrollo en 39 a 52 d, contados desde la apertura del botón floral hasta que alcanzan la madurez de consumo en la planta (Castillo y Ortiz, 1994; Weiss *et al.*, 1994). La maduración del fruto de pitahaya inicia con una coloración rojiza y termina con la caída del fruto; para evitar esta última, los productores cosechan en un estado intermedio.

Debido a que se desconocen las diferencias en calidad organoléptica y en aceptación por el consumidor entre los diferentes estados de madurez del fruto, el objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios físicos y químicos que ocurren durante el crecimiento y maduración del fruto de pitahaya para definir el estado de madurez al corte que dé mejor calidad organoléptica y mayor aceptación por el consumidor.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se hizo en un huerto comercial ubicado en Dzidzantún, Yucatán, México, con plantas de pitahaya de 4 años de edad establecidas en un sistema de tutores inertes; en el periodo de producción mayo-octubre de

2003, la temperatura y precipitación media durante el periodo de evaluación (mayo-julio) fue de 26.1 °C y 73.9 mm, respectivamente. Un día después de la apertura de la flor, se etiquetaron al azar 300 flores de diferentes plantas, de las cuales sólo 150 cuajaron fruto.

El crecimiento del fruto se evaluó en 50 frutos etiquetados mediante mediciones de los diámetros ecuatorial y polar cada 5 d a partir de la apertura floral hasta que inició la coloración roja en la cáscara, y posteriormente cada 2 d hasta que toda la superficie del fruto estaba roja. Además, cada 5 d a partir de la apertura de la flor y hasta que inició tonalidad roja, a una muestra de 10 frutos se le midió peso fresco de fruto entero, pulpa y cáscara; a partir de este momento y hasta que los frutos estuvieron completamente rojos, el muestreo y medidas de peso se hizo cada 2 d y, adicionalmente se les midió color de cáscara, firmeza de pulpa, contenido de sólidos solubles totales (°Brix), contenido de azúcares reductores, acidez titulable y contenido de ácido ascórbico. Asimismo, los frutos se sometieron a evaluación sensorial para valorar el sabor de la pulpa y la aceptación general del fruto.

Los diámetros polar (cm) y ecuatorial (cm) se midieron con un vernier; los pesos frescos (g) con una balanza digital (Asep, modelo EY-2200; precisión de 0.1 g). El color se midió con un equipo Minolta (modelo 200CR, EE. UU.) en escala CIE $L^*a^*b^*$, mediante lectura directa en tres puntos diferentes del diámetro ecuatorial de cada fruto. Con los registros se calcularon las siguientes variables: ángulo de matiz ($\arctan b^*/a^*$) e índice de saturación de color $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$; L^* representa la luminosidad. La firmeza se determinó directamente en la pulpa, mediante cinco lecturas en diferentes puntos del fruto, con un penetrómetro manual (Fruit Pressure Tester modelo FT 011; EE. UU.) provisto con un puntal de 8 mm de diámetro; los resultados se expresaron en newtons (N) que representan la fuerza requerida para penetrar la pulpa.

La concentración de sólidos solubles totales (°Brix) y la acidez titulable (expresada como % ácido málico) de la pulpa se midieron con la metodología descrita por la AOAC (1990). El contenido de ácido ascórbico (mg/100 g de pulpa) se determinó con el método del 2-6-diclorofenol-indofenol (AOAC, 1984). El contenido de azúcares reductores (%) se midió con el método del ácido dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959). El análisis sensorial de los frutos se hizo en forma afectiva por un panel no entrenado de 15 jueces, donde cada uno degustó una porción de pulpa para valorar el sabor y la aceptación general del fruto (color externo y apariencia de las brácteas) mediante escalas hedónicas de intervalos. Para la aceptación general la escala fue: 1 = me desagrada extraordinariamente; 2 = me desagrada mucho; 3 = me

desagrada moderadamente; 4 = me desagrada ligeramente; 5 = ni me gusta ni me disgusta; 6 = me gusta ligeramente; 7 = me gusta moderadamente; 8 = me gusta mucho y 9 = me gusta extraordinariamente. En el caso del sabor la escala fue: 1 = otro; 2 = insípida; 3 = muy ácida; 4 = ligeramente ácida; 5 = agridulce; 6 = ligeramente dulce y 7 = dulce. Los datos se registraron convenientemente por cada juez en una planilla y los resultados se analizaron estadísticamente (Costell y Durán, 1981).

Para el análisis de datos se tomó como unidad experimental a un fruto. Se hicieron análisis de varianza con un diseño completamente al azar, donde el tiempo constituyó la única fuente de variación, y las comparaciones de medias se hicieron mediante la prueba de Tukey (0.05). Los análisis se hicieron con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios físicos

A los 25 d de la apertura floral los frutos presentaban un color verde claro mezclado con rojo incipiente, y 2 d después cambió a verde-amarillento con zonas rojas en 10 a 20 % de la superficie; a los 29 d el fruto era rojo brillante en 70 %, y a los 31 d toda la cáscara tenía un rojo-púrpura. Los valores promedio del ángulo de matiz fueron 116.6°, 108.3°, 91.4° y 51°, respectivamente (Figura 1) y fueron significativamente diferentes entre sí ($P \leq 0.05$), mientras que el índice de saturación y la luminosidad no mostraron variación significativa (datos no mostrados).

Estos resultados concuerdan con los de Nerd *et al.* (1999), quienes en condiciones de cultivo en invernadero (25-30 °C) con irrigación y fertilización programadas, registraron el primer cambio de color a los 24-25 d, y 4-5 d más tarde adquirieron el color total. Las brácteas se mantuvieron de color verde claro y no cambiaron su apariencia durante el periodo que se indica. Según Castillo y Ortiz (1994), la maduración del fruto de pitahaya comprende desde la primera manifestación de coloración roja en la cáscara hasta la aparición de un rayado color marrón. Como este último estado propicia la pérdida del valor comercial del fruto, en el presente trabajo se consideró que la etapa útil de cosecha ocurre de los 25 a los 31 d posteriores a la apertura de la flor.

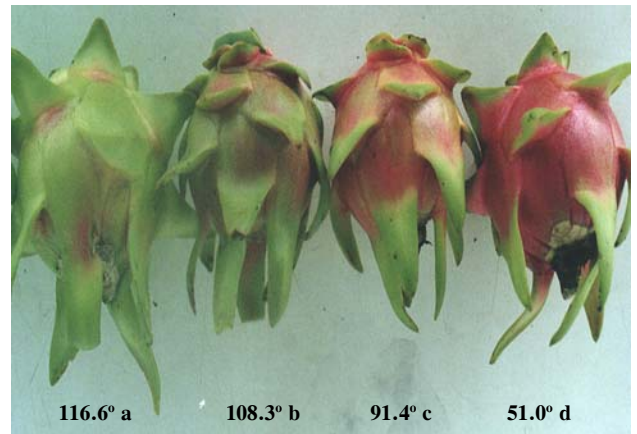


Figura 1. Cambios en color (ángulo de matiz) durante la maduración de frutos de pitahaya en la planta (de izquierda a derecha corresponde a frutos con 25, 27, 29 y 31 d después de la apertura floral). Medias con distinta letra son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

En forma concomitante a los cambios de color, los frutos mostraron una disminución significativa en la firmeza de la pulpa, al pasar de 9.9 a 6.3 N de los 25 a los 31 d (Cuadro 1). Este cambio es característico del proceso de maduración en frutos, que según Centurión *et al.* (1999) en pitahaya es causado por un aumento de actividad de la enzima pectinmetilesterasa.

El fruto registró un aumento continuo de tamaño, que al día 31 alcanzó un diámetro polar de 8.9 cm, en diámetro ecuatorial 8.2 cm y un peso de 469.2 g, y este último valor es mayor a los 437.5 g reportados por Nerd *et al.* (1999). A los 25 d los frutos habían alcanzado 90 % en diámetro polar, 84.5 % de diámetro ecuatorial y 66.7 % en peso fresco (Figuras 2 y 3). A partir del día 20 el peso de la cáscara tendió a disminuir, en tanto que el de la pulpa continuó aumentando de manera acelerada (Figura 4). Al inicio del cambio en color (25 d), el peso de la pulpa y cáscara fueron de 188.7 y 125.1 g, respectivamente, lo que produjo una relación pulpa/cáscara de 1.5; al día 31 los pesos de ambos componentes fueron de 368.9 y 94.8 g, para una relación de 3.9, lo que implica que durante el cambio en color ocurrió una importante acumulación de la porción comestible (pulpa) del fruto, y una disminución de la proporción cáscara cuyo mecanismo metabólico aún no se ha determinado.

La cáscara constituyó 39.9 y 20.4 % a los 25 y 31 d, respectivamente, valores que son menores a los reportados por Nerd *et al.* (1999; 57.5 y 32.5 %, respectivamente). Esto sugiere que en los frutos del presente trabajo la cáscara fue más delgada, y que podría ser más sensible a problemas de agrietamiento y daños en postcosecha.

Cambios químicos

El contenido de azúcares reductores se incrementó ($P \leq 0.05$) durante la maduración, desde 4.5 % a los 25 d hasta 6.6 % a los 31 d; el contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) también aumentó de 9.5 a 12.6% en el mismo periodo (Cuadro 1), y ambos componentes resultaron menores que los registrados por Nerd *et al.* (1999), quienes encontraron valores de 8-9 % en azúcares reductores y de 16-17 en $^{\circ}$ Brix; según estos autores, la acumulación de azúcares durante la maduración de los frutos de pitahaya se relaciona con una disminución en el contenido de almidón y mucílagos de la pulpa, y no a un aporte del metabolismo de la cáscara como ocurre en frutos de tuna (*Opuntia-Ficus-indica*) (Barrera y Nobel, 2004).

Wybraniec y Mizrahi (2002) reportaron que los pigmentos responsables de la coloración roja en la cáscara de los frutos de pitahaya son compuestos del grupo de las betacianinas, cuya síntesis se activa por disponibilidad alta de azúcares y luz, entre otros factores (Castellar *et al.*, 2003), lo que explica la disminución del ángulo de matiz hasta valores correspondientes al rojo conforme avanzaba el proceso de maduración y el aumento consecuente en la cantidad de azúcares solubles (Cuadro 1).

Cuadro 1. Evolución de las características físicas y químicas de frutos de pitahaya durante su maduración.

Variables	Días después de floración				
	20	25	27	29	31
Firmeza (N)	13.4 a	9.9 b	7.4 c	7.2 c	6.3 c
Sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix)	4.6 d	9.5 c	12.8 a	11.8 b	12.6 a
Acidez (% ácido málico)	1.4 a	1.2 b	1.1 c	0.6 d	0.4 e
Vitamina C (mg/100 g pulpa)	14.7 a	12.2 b	12.1 b	10.9 c	9.6 c
Relación $^{\circ}$ Brix/acidez	3.4 e	7.6 d	11.7 c	20.6 b	33.5 a
Azúcares reductores (%)	2.4 d	4.5 c	5.9 b	5.8 b	6.6 a

Letras iguales en la misma hilera indican que no hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

La acidez titulable, expresada como contenido de ácido málico, disminuyó significativamente desde 1.2 hasta 0.4 % en el mismo periodo, por lo que la relación $^{\circ}$ Brix/acidez cambió de 20.6 a 35.5. En el contenido de ácido ascórbico, los valores más altos se presentaron en

frutos inmaduros (20 d) con 14.7 mg/100 g y disminuyeron ($P \leq 0.05$) hasta 9.6 mg/100 g a los 31 d. Según Badui (1990), el ácido ascórbico es muy inestable en productos frescos y se degrada en ácido dehidroascórbico por acción de la enzima ascórbico oxidasa, mediante el empleo de un ión cobre como cofactor o por presencia de oxígeno.

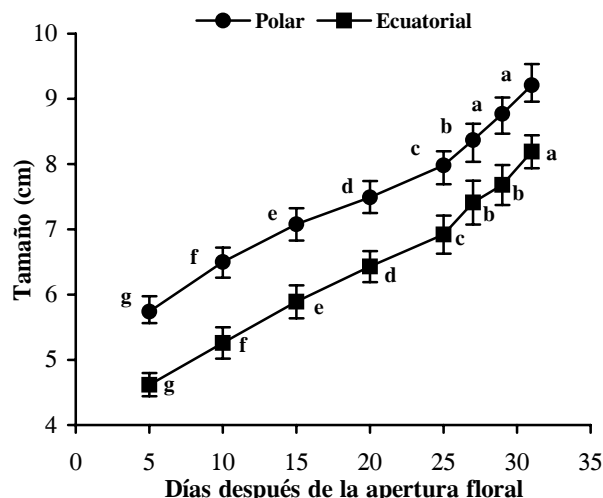


Figura 2. Aumento en los diámetros polar y ecuatorial durante el crecimiento de frutos de pitahaya. El día cero corresponde al momento de la apertura floral. Medias con distinta letra son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

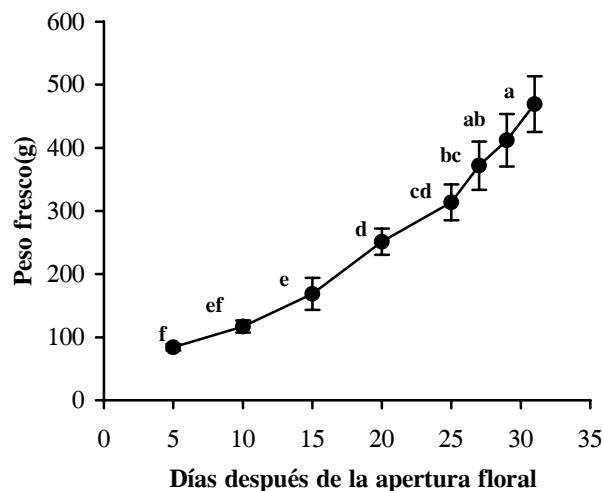


Figura 3. Cambios en peso fresco durante el crecimiento de frutos de pitahaya. El día 0 corresponde al momento de apertura de la flor. Medias con distinta letra son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

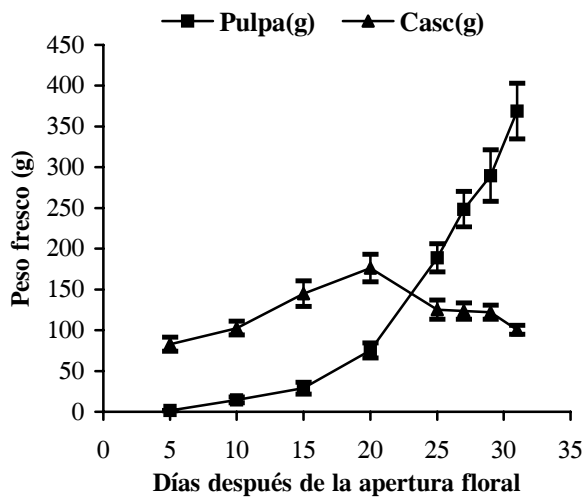


Figura 4. Cambios en peso fresco de pulpa y cáscara durante el crecimiento de frutos de pitahaya. El día 0 corresponde al momento de apertura de la flor. Los puntos representan valores medios y las barras el error estándar ($n = 10$).

Cambios sensoriales

El sabor de los frutos alcanzó una calificación superior a 4 (agridulce) a partir del día 27 y valores cercanos a 7 (dulce) en el día 31. La frecuencia de las calificaciones (datos no incluidos) mostró que los frutos fueron aceptados tanto con sabor agridulce como ligeramente dulce y dulce, lo que sugiere una preferencia variable por parte de los consumidores. En el caso de la aceptación general, a los 25 d los frutos fueron calificados con valor cercano a 5 (ni me gusta ni me disgusta), pero subieron a valores de 8 (me gusta mucho) a los 29 y 31 d, cuando alcanzó mayor nivel de preferencia (Figura 5).

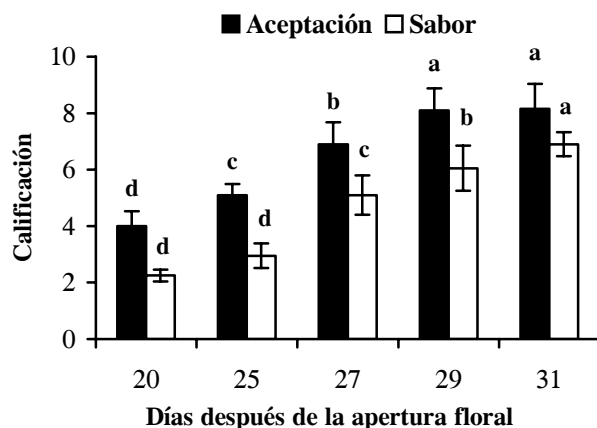


Figura 5. Evaluación sensorial de sabor y aceptabilidad de frutos de pitahaya con distinto estado de madurez. Medias con distinta letra son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

CONCLUSIONES

La maduración de los frutos de pitahaya ocurrió entre los 25 y 31 d después de la apertura floral, a una temperatura media de 26.1 °C y 73.9 mm de precipitación. En este periodo el color de la cáscara varió de verde claro mezclado con tonalidades rojas incipientes hasta rojo-púrpura en toda su superficie. A los 31 d el crecimiento era aún activo, pero esa edad se consideró como límite de cosecha para evitar el agrietamiento de la cáscara. Durante la maduración ocurrió la mayor acumulación de porción comestible del fruto y se incrementaron los contenidos de azúcares reductores y de sólidos solubles, así como la relación °Brix/acidez. En contraste, la firmeza y el contenido de ácido ascórbico disminuyeron. Finalmente, la percepción del sabor varió de agridulce a dulce, y los frutos cortados a 29 y 31 d fueron los más aceptados.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (1984) Official Methods of Analysis. 14th. Ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C. 1123 p.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis. 15th. Ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C. 1141 p.
- Badui D S (1990) Química de los Alimentos. Alambra. México D.F. 430 p.
- Barrera D E, S P Nobel (2004) Carbon and water relation for development fruits of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, including effects of drought and gibberellic acid. *J. Exp. Bot.* 55:719-729.
- Castellar R, J J Obon, M Alacid, J A Fernández-López (2003) Color properties and stability of betacyanins from opuntia fruits. *J. Agr. Food Chem.* 51:2772-2776.
- Castillo M R, Y D Ortiz H (1994) Floración y fructificación de pitahaya en Zaachila, Oaxaca. *Rev. Fitotec. Mex.* 17:12-19.
- Centurión Y A, S Solís P, E Mercado S, R Báez S, C Saucedo V, E Sauri D (1999) Variación de las principales características de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su maduración postcosecha. *Hort. Mex.* 7:419-425.
- Centurión Y A, V Pérez M, S Solís P, R Báez S, E Mercado S, C Saucedo V, E Sauri D (2000) Crecimiento, desarrollo y comercialización de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante la postcosecha. *Rev. Iberoam. Tecnol. Postcos.* 2: 161-168.
- Costell E, L Durán (1981) El análisis sensorial en el control de los alimentos. III. Planificación, selección de jueces y diseño estadístico. *Rev. Tecnol. Alim.* 21:454-470.
- Miller G L (1959) Use of the dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Quartermaster Res. Engin.* 31:2-3.
- Nerd A, F Gutman, Y Mizrahi (1999) Ripening and postharvest behavior of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). *Postharv. Biol. Technol.* 17:39-45.
- Rodríguez C A (2000) Producción y comercialización de pitahayas en México. *Claridades Agrop.* 82:3-22.
- SAS Institute (1988) SAS/STAT® Users's Guide. Version 6.03. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1028 p.
- Weiss J, A Nerd, Y Mizrahi (1994) Flowering and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. *HortScience* 29:1487-1492.
- Wybraniec S, Y Mizrahi (2002) Fruit flesh betacyanin pigments in *Hylocereus* cacti. *J. Agric. Food Chem.* 50:60.