

CAMBIOS EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE VARIEDADES DE TUNA CON Y SIN SEMILLA

POSTHARVEST QUALITY CHANGES OF SEEDLESS AND SEEDED CACTUS PEAR VARIETIES

Joel Corrales García* y Juan Luis Hernández Silva¹

¹Departamento de Ingeniería Agroindustrial y Programa Nopal, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-15 00, Ext. 5177; Fax: 01 (595) 952-1629. Correo electrónico: joelcorrales@hotmail.com

* Autor para correspondencia

RESUMEN

En esta investigación se determinaron diversas características de calidad (a la cosecha y después de 20 d de frigoconservación a 10°C ± 1°C, HR de 90%) y el patrón respiratorio de tunas con y sin semilla de seis variedades cultivadas en la Nopalera Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, cosechadas en madurez comercial. Las tunas sin semilla se obtuvieron por emasculación de flores 2 d antes de su apertura y mediante aplicación de los ácidos indolbutírico y giberélico (AG₃). La ausencia de semillas afectó negativa, pero diferencialmente algunas características de calidad, dependiendo de la variedad. La variedad Naranja fue la más sensible a este factor, ya que sus frutos sin semilla presentaron menor peso, menor relación jugo/pulpa y pulpa/cáscara, fueron más alargados, de cáscara más gruesa y mostraron mayor ablandamiento de la misma, que los frutos con semilla. Al momento de la cosecha, las tunas sin semilla, en comparación con las normales, tuvieron menor relación pulpa/cáscara ($P \leq 0.05$) casi en todas las variedades, excepto en Amarilla 2289. En sólidos solubles totales y acidez titulable, no hubo efectos significativos de la ausencia de semilla. Después de frigoconservación, consistentemente las tunas sin semilla en general presentaron mayor grosor de cáscara ($P \leq 0.05$) en casi todas las variedades, excepto en Amarilla Milpa Alta, y mayor penetración o ablandamiento de cáscara ($P \leq 0.05$) en Amarilla 3389, Rubí Reina y Naranja. La variedad que presentó menor ablandamiento y pérdidas de peso; fue Cristalina, mientras que el mayor ablandamiento se presentó en Rubí Reina; las mayores pérdidas de peso ocurrieron en las variedades Amarilla Milpa Alta y Amarilla 3389. La ausencia de semilla indujo mayor respiración del fruto.

Palabras clave: *Opuntia ficus-indica* M., emasculación, ácido giberélico, ácido indolbutírico, almacenamiento refrigerado.

SUMMARY

Some quality traits (at harvest and after 20 d at 10± 1°C, 90% RH) and the respiratory pattern of seedless and seeded cactus pear of six varieties cultivated at La Nopalera Experimental Station of the Universidad Autónoma Chapingo and harvested at commercial maturity, were determined. Seedless cactus pears were obtained by emasculating flowers 2 d before bloom and by spraying indolbutiric and gibberellic acids. The absence of seeds affected negatively and differentially some of the quality traits, depending on the variety. Naranja variety was the most sensible to the lack of seeds, since their seedless fruits had the lowest weight, juice/flesh and flesh/peel ratios, and they were larger, with thicker peel and showed higher peel softening, than seeded fruits. At harvest time, seedless fruits had

lower flesh/peel ratio ($P \leq 0.05$) in almost all varieties, except in Amarilla 2289. There were no significant effects of the lack of seeds in weight losses, total soluble solids and titratable acidity. After refrigerated storage seedless fruits consistently showed thicker peel ($P \leq 0.05$) in almost all varieties, except Amarilla Milpa Alta, and higher peel softening ($P \leq 0.05$) in Amarilla 3389, Rubí Reina and Naranja varieties. The lowest softening and weight losses were showed by fruits of Cristalina variety, while the highest softening was showed by fruits of Rubí Reina variety and the highest weight loss by Amarilla Milpa Alta and Amarilla 3389 varieties.

Index words: *Opuntia ficus-indica* M., emasculatión, gibberellic acid, indolbutiric acid, refrigerated storage.

INTRODUCCIÓN

El nopal (*Opuntia* spp.) se cultiva como frutal en ambos hemisferios y en todos los continentes, excepto en la Antártida, en un área de aproximadamente 100 000 ha (Inglise *et al.*, 2002). Los principales países productores son Italia, Chile, Israel, Colombia, Estados Unidos y México. México es el mayor productor mundial y el que cuenta con la mayor variabilidad genética y con disponibilidad de germoplasma (Flores y Gallegos, 1993); también ocupa el primer lugar mundial en superficie cultivada y consumo de tuna (Gallegos y Méndez, 2000). La producción anual del país es superior a 345 000 t, obtenida en una superficie cultivada de 70 000 ha (Flores *et al.*, 1995).

De acuerdo con Cantwell (1995) las tunas son frutas altamente percederas debido principalmente a los daños físicos que sufren en la epidermis y en la zona peduncular durante la cosecha y el manejo postcosecha. La refrigeración resulta muy efectiva para reducir y retardar los síntomas de daños mecánicos, pudriciones pedunculares, senescencia y pérdidas de peso. Sin embargo, las tunas son susceptibles a sufrir daños por frío (Chávez-Franco y Saucedo-Veloz, 1985), susceptibilidad que puede variar entre variedades y épocas de cosecha (Cantwell, 1995). Al estudiar algunas respuestas fisiológicas de seis variedades de

tuna al almacenamiento refrigerado ($9^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; 95 % HR durante uno, dos, y tres meses) Corrales-García *et al.* (1997) concluyeron que las variedades Burrón y Cristalina presentan baja intensidad respiratoria, menor pérdida de peso y de firmeza en la pulpa, así como menores daños por frío.

Otro problema que ha limitado la comercialización de tuna en el mercado de exportación, es la presencia de sus numerosas semillas, mismas que generalmente son grandes y dificultan la masticación. Varios investigadores (Gil *et al.*, 1977; Gil y Espinosa, 1980; Ortiz *et al.*, 1991; Barrientos y Ortiz, 1991) han intentado reducir o eliminar dichas semillas mediante emasculación y aplicación de hormonas vegetales.

Weiss *et al.* (1993) encontraron que las tunas del clon Ofer (no partenocárpico) provenientes de flores emasculadas mostraron un peso significativamente menor y una relación cáscara/pulpa 2.5 veces mayor que las tunas no emasculadas. En cambio, en tunas del clon BS1 la emasculación de flores condujo a frutos significativamente más pesados sin afectar la relación cáscara/pulpa. Los frutos de ambos clones, provenientes de polinización libre no difirieron significativamente en peso, pero las tunas del clon Ofer presentaron una relación cáscara/pulpa significativamente menor que las del clon BS1; el peso de las tunas del clon Ofer fue mayor y la relación cáscara/pulpa fue menor que las del clon BS1. Los autores concluyeron que el clon BS1 es partenocárpico porque el amarre y desarrollo de sus frutos no requiere polinización

Existe correlación entre el desarrollo de semillas y el tamaño y forma final de los frutos, ya que las semillas con embrión son de mayor tamaño y producen mayor cantidad de hormonas y pulpa (Gil *et al.*, 1977). El tamaño final de la tuna depende del número de semillas fecundadas (Barbera *et al.*, 1994), y la emasculación de flores reduce el número de semillas normales al evitar la formación de embriones (Gil *et al.*, 1977). De acuerdo con Ortiz (1991), las aspersiones de ácido giberélico (GA_3) sobre flores emasculadas 15 d antes y durante la anthesis inducen el crecimiento de las tunas sin semilla, pero también aumenta el grosor de cáscara.

Hasta el momento, la producción de tuna sin semilla es posible sólo en el clon partenocárpico BS1 (Weiss *et al.*, 1993). En variedades comerciales eso sólo es posible en forma experimental y semi-comercial, mediante emasculación de flores y aplicación de hormonas. Sin embargo, la calidad hortícola y el comportamiento fisiológico postcosecha de tunas sin semilla producidas con esta tecnología, aún no ha sido documentada y tampoco se ha determinado el efecto de su frigoconservación. El objetivo del presente

trabajo fue determinar el patrón respiratorio y algunas características de calidad de seis variedades de tunas con y sin semilla, tanto a la cosecha como después de su almacenamiento refrigerado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material experimental y descripción de tratamientos

Las tunas de las seis variedades estudiadas en este trabajo (Amarilla 2289, Amarilla 3389, Amarilla Milpa Alta, Cristalina, Naranjona, y Rubí Reina) fueron cultivadas en la nopalera experimental "Dr. Facundo Barrientos Pérez" de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México. En todas se evaluó el efecto de la presencia o ausencia de semilla mediante dos tratamientos: tunas procedentes de flores emasculadas (sin semilla) y tunas procedentes de flores con polinización libre. Las tunas sin semilla se obtuvieron emasculando flores 2 d antes de su apertura y enseguida asperjadas con una mezcla de una solución acuosa de ácido indolbutírico: Cell Culture® (300 mg L⁻¹) y solución acuosa de ácido giberélico Biogyb® (150 mg L⁻¹). Se hicieron aplicaciones subsecuentes (a los 15 y 30 d) de ácido giberélico (150 mg L⁻¹). Los tratamientos se aplicaron en plantas diferentes y cada tratamiento tuvo tres repeticiones, la unidad experimental consistió en 10 tunas, provenientes de la misma planta.

El criterio para la cosecha fue el de madurez fisiológica, es decir, al término del crecimiento del fruto, de acuerdo con los parámetros visuales comerciales usados regionalmente de tamaño y llenado de fruto, recomendados por Cantwell (1995). El corte de las tunas se realizó con ayuda de guantes y cuchillo; en el corte se incluyó una fracción de la penca de nopal (botón), para favorecer una cicatrización eficiente y evitar la pudrición peduncular. Los ahuates o espinas fueron removidos manualmente de los frutos con la ayuda de una escoba, luego se etiquetaron y colocaron en cajas de cartón para ser trasladadas de inmediato al laboratorio para su análisis.

Se determinaron algunas características de calidad hortícola tanto al momento de cosecha como después de un almacenamiento refrigerado de 20 d ($10^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; 90-95 % HR). También se determinó el patrón de respiración de las tunas durante 6 d en condiciones ambientales.

Variables medidas

Peso del fruto. Se determinó con una balanza electrónica con sensibilidad de 0.01 g. Las unidades se expresaron en gramos (g).

Pérdida de peso. Las tunas se pesaron al inicio y al final del almacenamiento refrigerado, y por diferencia se cuantificó la pérdida de peso; los resultados se convirtieron a porcentajes, con la fórmula: Pérdida de peso (%) = $((P_i - P_f)/P_i) \times 100$, donde, P_i = Peso inicial de la unidad experimental en gramos, y P_f = Peso final de la unidad experimental en gramos.

Forma del fruto (Relación longitud/diámetro). Esta variable fue evaluada solamente al momento de cosecha. Con un vernier o pie de Rey con sensibilidad de 0.001 cm, se midió la longitud (diámetro polar) y el diámetro ecuatorial del fruto; posteriormente se aplicó la fórmula:

$$\text{Relación longitud/diámetro} = \text{longitud}$$

Composición proporcional del fruto. Se evaluó solamente al momento de cosecha, en las mismas tunas a las que previamente ya se les había medido la longitud y diámetro. En una balanza se pesó la cáscara y la pulpa de cada fruto; de la pulpa se extrajo el jugo y también se pesó. Luego se calcularon las siguientes relaciones: peso de pulpa/peso de cáscara y peso de jugo/peso de pulpa.

Penetración en cáscara. Se determinó como un indicador del ablandamiento de la tuna, mediante un Texturómetro Universal (Sommer & Runge KG™ modelo Sur Berlín, Berlin-Friedenau) que mide la distancia de penetración de un puntal cónico de 117.33 g de peso en caída libre por un lapso de 4 s desde la inmediatez superior del fruto. El resultado se expresó como la distancia de penetración en mm.

Acidez titulable. Se determinó con el método de titulación (AOAC, 1990) a partir de jugo filtrado el cual fue titulado con NaOH (0.1 N). Los resultados se expresaron en por ciento de ácido cítrico.

Sólidos solubles totales. Se determinó en el jugo filtrado con un refractómetro manual marca National, No. 781147, de escala 0°-32°; los resultados se expresaron como °Bx a 20 °C.

Respiración. Se midió diariamente en tunas diferentes a las empleadas en la determinación de la calidad hortícola al momento de cosecha, a partir de la cosecha durante 6 d. Se empleó el método colorimétrico de Claypool y Keefer (1942), modificado por Pratt y Mendoza (1979), con el cual se determina rápidamente el CO₂ producido por un producto vegetal en un sistema de flujo de aire continuo. El método consiste en mantener un flujo constante y conocido de aire sobre la muestra (fruto o grupo de frutos) de peso previamente determinado y llevar al equilibrio a una solución de bicarbonato de sodio con el CO₂ liberado por

los frutos y que es acarreado por el flujo de aire. La corriente de aire que viene de la muestra se hace burbujear (3 min) a través de una solución (tinte) de Na HCO₃ mezclado con azul de bromotimol como indicador, luego a esta solución se le determina transmitancia a 615 nm, en un espectrofotómetro Espectronic 20D. Los registros de transmitancia se transformaron a concentración de CO₂ mediante una ecuación: $\text{Log } \% \text{ CO}_2 = -3.8607115 + [0.51178055 (T)] + [-0.001930067 (T^2)] + [9.14317^{-6} (T^3)]$ derivada de una curva estándar de CO₂ previamente determinada, mediante la determinación de la transmitancia a 615 nm de soluciones tinte después de burbujear, durante 3 min, CO₂ a 2 % (balance nitrógeno) mezclado y diluido en diferentes proporciones preestablecidas con nitrógeno de alta pureza. Para el cálculo de la tasa de respiración el dato de concentración de CO₂ se sustituyó en la siguiente ecuación:

$$\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} = (\% \text{ CO}_2 \times 100 \times \text{Flujo de aire/Peso fruto})$$

donde el flujo se expresa en L R⁻¹, y el peso en kg.

Análisis estadístico de resultados

Para cada variedad y variable se compararon las medias de los dos tratamientos con la prueba t de Student ($\alpha = 0.05$), con el paquete *Statistical Analysis System* (SAS), versión 6.11, SAS Institute Inc., Cary, NC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad a la cosecha

En comparación con las normales, las tunas sin semilla en general presentaron menor peso de fruto, aunque sólo en las variedades Amarilla 3389 y Naranjona dicha diferencia fue significativa ($P \leq 0.05$). Los frutos más pesados fueron los de Cristalina, independientemente de la presencia de semillas (Figura 1 A). El AG₃ en general causó alargamiento del fruto, aunque éste efecto solamente fue significativo en las variedades Amarilla Milpa Alta y Naranjona; los frutos de forma más alargada fueron los de la variedad Rubí Reina (Figura 1 B). Con excepción de Cristalina, todas las variedades se caracterizaron por tener más pulpa que jugo y la ausencia de semillas y la aplicación de AG₃ causaron disminución de la cantidad de jugo, aunque esto fue significativo ($P \leq 0.05$) sólo en las variedades Amarilla 3389, Cristalina y Naranjona (Figura 1 C). La falta de semillas y el AG₃ también redujeron la relación pulpa/cáscara ($P \leq 0.05$) en todas las variedades, excepto en Amarilla 2289 (Figura 1 D). Otros efectos de la falta de semillas y del AG₃ fueron mayor grosor de cáscara (significativo en todas las variedades, excepto en Amarilla Milpa

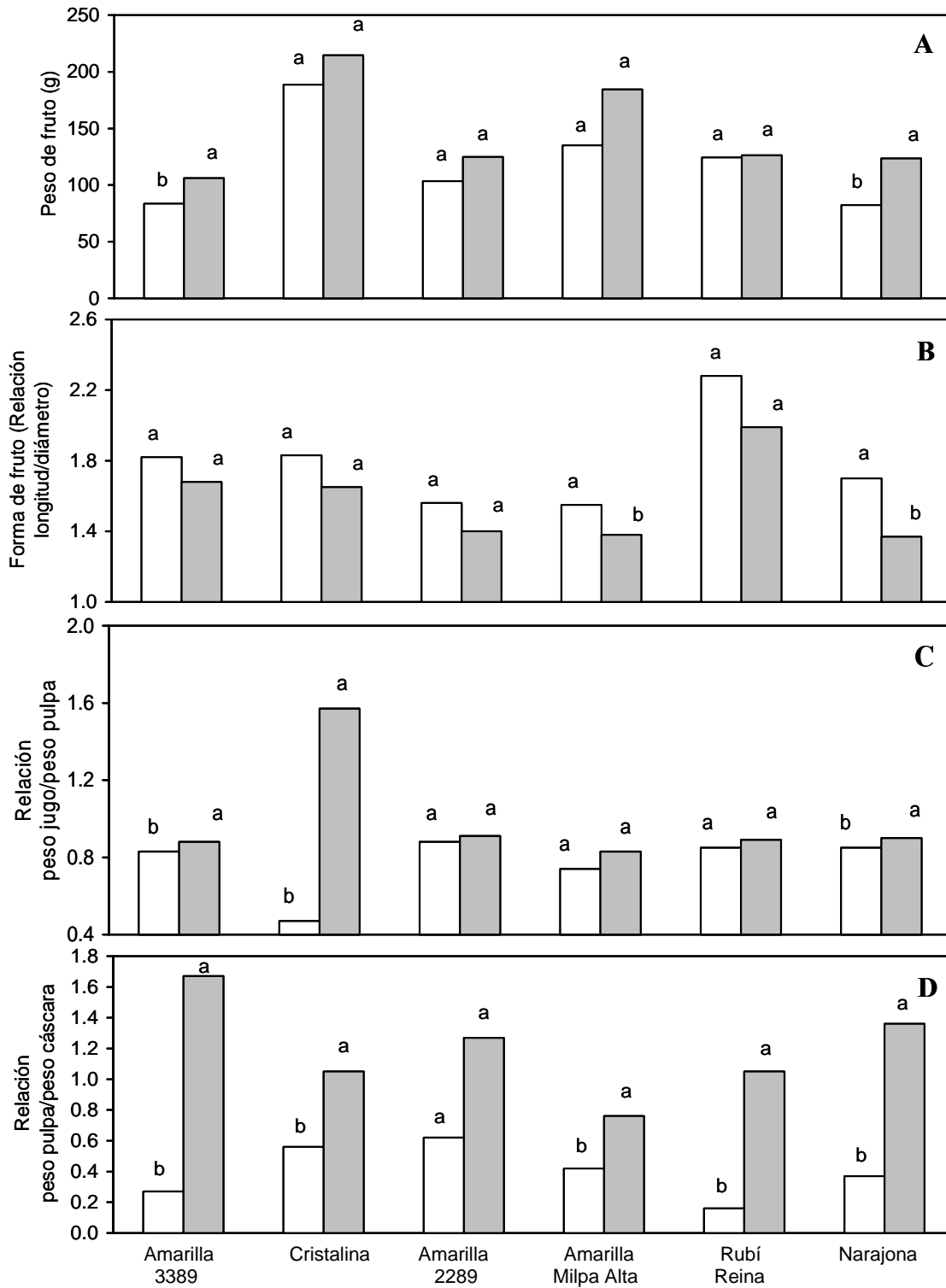


Figura 1. Características de calidad de tunas (sin semilla y con semilla) de seis variedades, al momento de cosecha. Para cada variedad, las barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Prueba de t, $\alpha = 0.05$).

Alta (Figura 2 A y 2 B), así como mayor penetración en cáscara (significativo en las variedades Naranjona, Amarilla 3389 y Rubí Reina) (Figura 2 C y 2 D), lo que equivale a menor firmeza o mayor ablandamiento de la cáscara.

La ausencia de semilla no tuvo efectos significativos sobre los sólidos solubles totales ni en la acidez titulable, pero en general causó que los frutos no desarrollaran plenamente su tamaño, en concordancia con lo establecido por Pimienta (1990) y Barbera *et al.* (1994) quienes afirman que el tamaño final de las tunas depende, entre otros factores, del número de semillas. La ausencia de semilla también produjo frutos de forma más alargada, menos jugosos y con menos proporción de pulpa. Es entonces necesario un nuevo estudio para esclarecer si estos efectos se deben a que no hubo suficiente estímulo hormonal para el crecimiento de la parte comestible, que según Pimienta y Engleman (1985) corresponde a las células parenquimatosas provenientes de las células epidérmicas dorsales de las envolturas funiculares y funículos de las semillas. Así, en este estudio la ausencia de semilla provocó que en algunas variedades los frutos resultaran de menor calidad. Es probable que la necesidad de hormonas para el desarrollo normal del fruto, en el caso de las tunas sin semilla, no se haya satisfecho completamente con la aplicación de ácido indolbutírico y ácido giberélico a los frutos previamente emasculados.

Las tunas de la variedad Cristalina, en promedio de tunas con y sin semilla, registraron mayor peso de fruto, mayor relación peso jugo/peso pulpa (Figura 1) y, al igual que las tunas de la variedad Amarilla 2289, menor penetración en cáscara (Figura 2), lo que indica que estas variedades poseen mayor calidad y firmeza de fruto que las demás. La mayor relación longitud/diámetro (tunas más alargadas, que no son deseables comercialmente) fue registrada en la variedad Rubí Reina. Estos resultados corroboran que cada variedad tiene características morfológicas y anatómicas particulares que se definen genéticamente y por su interacción con el ambiente, por lo que presentan diferente respuesta a la emasculación y al tratamiento hormonal. De acuerdo con Pimienta (1991), hay una gran variación entre las diferentes variedades de tuna, especialmente en cuanto a su tamaño final, de manera que al momento de su madurez hortícola algunas variedades son de fruto muy pequeño, como la tuna silvestre Cardona, en contraste con otras variedades de fruto muy grande, como la Cristalina. Al respecto, Cantwell (1995) indicó que las características externas de calidad de la tuna están relacionadas con los atributos y composición interna de los frutos y varían entre variedades.

Calidad y cambios después de la frigoconservación

Al término del almacenamiento refrigerado, las tunas sin semilla tuvieron mayor grosor de cáscara ($P \leq 0.05$) que las tunas con semilla, en todas las variedades excepto en Amarilla Milpa Alta; también presentaron mayor penetración (ablandamiento) en cáscara ($P \leq 0.05$) en las variedades Amarilla 3389, Rubí Reina y Naranjona, como se muestra en la Figura 2. El hecho de que las tunas sin semilla hayan tenido mayor ablandamiento que las normales indica que presentaron un metabolismo más acelerado (más adelante se muestra que éstas presentaron mayores tasas respiratorias que las tunas con semilla), lo cual significa menor potencial de vida de anaquel para las tunas sin semilla. En cuanto a la pérdida de peso, sólidos solubles totales y acidez titulable, no hubo efectos significativos por la ausencia de semilla.

La variedad más sensible a la ausencia de semilla fue Naranjona, pues fue la única que mostró diferencias significativas entre frutos con y sin semilla en todas las variables analizadas, tanto al momento de la cosecha como después de frigoconservación. Amarilla 2289 fue la menos sensible, ya que casi no presentó diferencias significativas en las variables medidas.

En promedio de tunas con y sin semilla, las que presentaron menor penetración o ablandamiento (2.37 mm) y menor pérdida de peso (4.57 %), fueron las de la variedad Cristalina; la de mayor penetración o ablandamiento (4.77 mm) fue la variedad Rubí Reina y la de mayor pérdida de peso (11.01 %) fue la variedad Amarilla Milpa Alta. Las tunas de las variedades Amarilla 2289 y Cristalina mostraron el mayor grosor de cáscara con respecto a las demás. Las tunas de la variedad Amarilla 2289 tuvieron el mayor contenido de sólidos solubles totales (14 °Brix). Al término del almacenamiento refrigerado, en todos los casos se apreció una consistente e importante reducción en el grosor de la cáscara que no resulta muy conveniente, porque según Cantwell *et al.* (1985) tanto el adelgazamiento como el ablandamiento de la cáscara contribuyen al incremento en la susceptibilidad al daño físico y deterioro de las tunas durante su manejo.

Patrón de respiración

La tuna presenta típicamente un patrón respiratorio no climatérico, tal como lo han indicado algunos autores (Lakshminarayana *et al.*, 1979; Cantwell, 1995; Corrales-García *et al.*, 1997). En las seis variedades, las tunas sin semilla presentaron consistentemente mayores tasas de respiración que las normales (Figura 3). Esto indica que, por alguna razón, las tunas sin semilla presentan un metabolismo más activo o acelerado, que de acuerdo con Kader

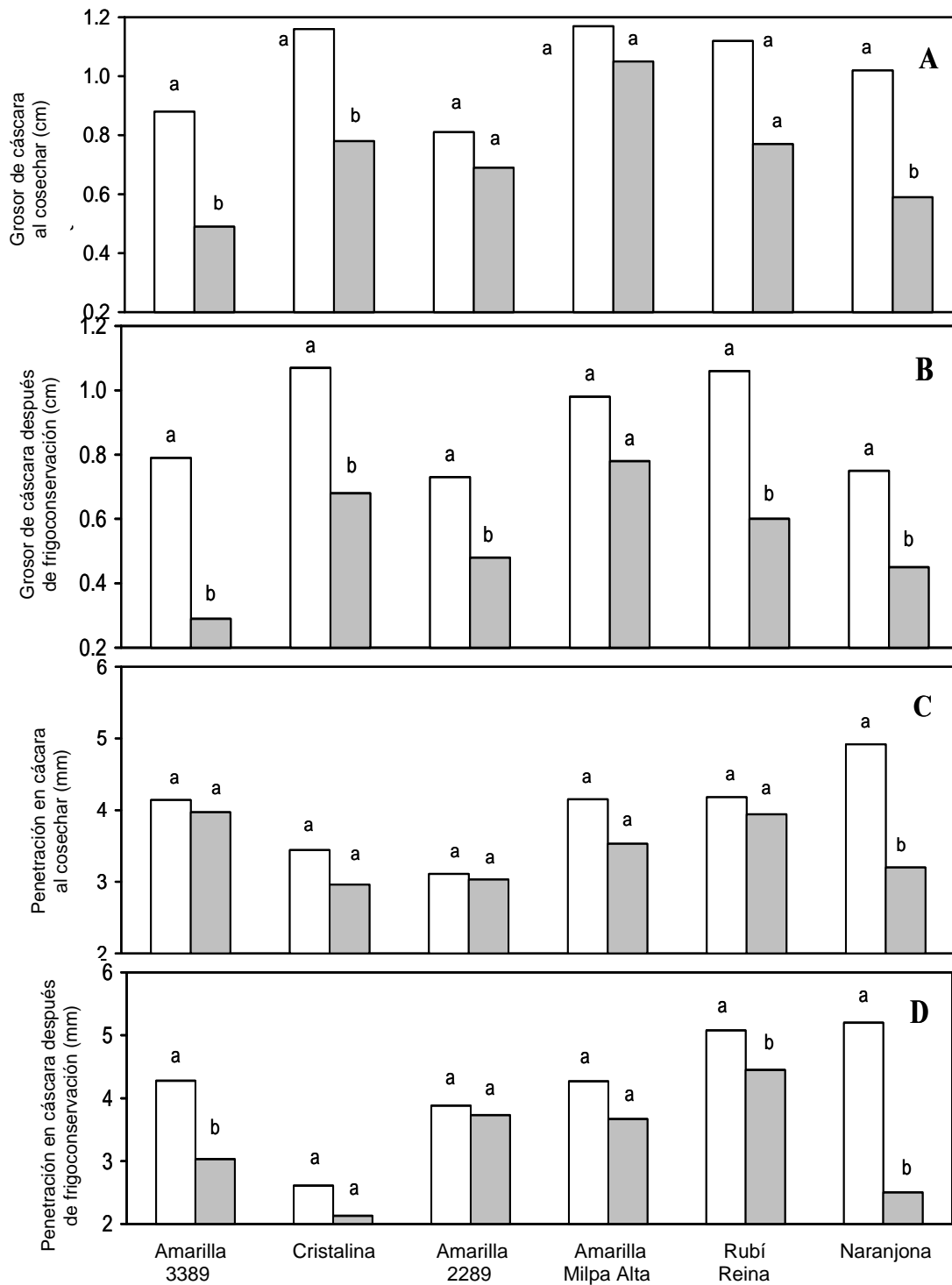


Figura 2. Características de calidad de tunas (sin semilla y con semilla) de seis variedades al momento de cosecha y después de 20 d de refrigeración (10 °C ± 1°C; 95 % HR). Para cada variedad, las barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Prueba de t, p = 0.05).

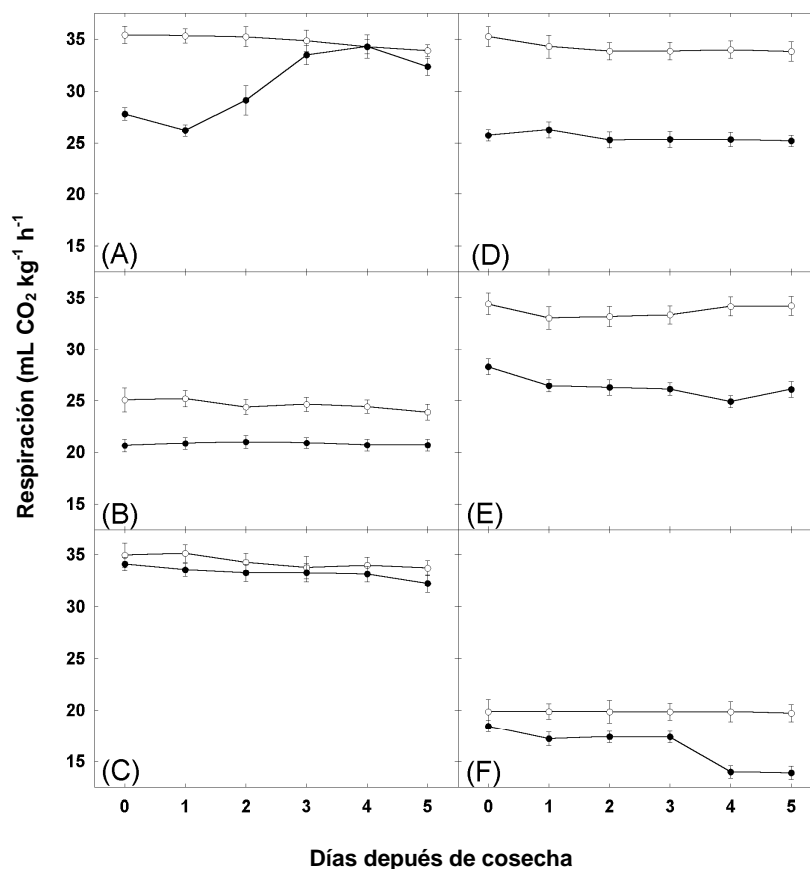


Figura 3. Patrón de respiración de tunas sin semilla (círculo blanco) y normales (círculo negro) de las variedades Amarilla 2289 (A), Amarilla Milpa Alta (B), Amarilla 3389 (C), Naranjona (D), Rubí Reina (E), y Cristalina (F). Las barras verticales representan el error estándar de la media.

(2002) tendrían menor vida de anaquel. Esto último se verificó en los frutos frigoconservados, especialmente para el caso de la variedad Cristalina, que fue la que en general (con y sin semilla) mostró las menores tasas de respiración, menor ablandamiento y menor pérdida de peso, características que en conjunto significan mayor vida de anaquel, y coincide con lo reportado previamente por Corrales-García *et al.* (1997).

CONCLUSIONES

La ausencia de semilla afectó negativa a algunas características de calidad en magnitud que dependió de la variedad. La variedad Naranjona fue la más sensible a este factor, ya que sus frutos sin semilla presentaron menor peso, menores relaciones jugo/pulpa y pulpa/cáscara, fueron más alargados, de cáscara más gruesa, y mostraron mayor ablandamiento de la misma, que los frutos con semilla.

Al momento de la cosecha, las tunas sin semilla, en comparación con las normales, tuvieron menor relación pulpa/cáscara en todas las variedades, excepto en Amarilla 2289. En sólidos solubles totales y acidez titulable, no hubo efecto significativo de la ausencia de semilla.

Después de frigoconservación en comparación con las normales las tunas sin semilla presentaron mayor grosor de cáscara en todas las variedades, excepto en Amarilla Milpa Alta, y mayor penetración o ablandamiento de cáscara en Amarilla 3389, Rubí Reina y Naranjona. En pérdida de peso, sólidos solubles totales y acidez titulable, no hubo efectos significativos por la ausencia de semilla. En promedio de tunas con y sin semilla, las tunas que presentaron menor ablandamiento y pérdidas de peso fueron de la variedad Cristalina, mientras que las de mayor ablandamiento fueron de la variedad Rubí Reina y las que perdieron más peso fueron de las variedades Amarilla Milpa Alta y Amarilla 3389. Las variedades Amarilla 3389 y Cristalina tuvieron las

mayores y las menores tasas de respiración, respectivamente, que las demás variedades.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (1990)** Official Methods of Analysis Published by the Association of Official Analytical Chemistry. Washington, D.C. Ed. 15 th. 1141 p.
- Barbera G, P Inglese, T La Mantia (1994)** Influence of seed content on some characteristics of the fruit of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.). *Sci. Hort.* 58: 161-165.
- Barrientos P F, Y D Ortiz H (1991)** Use of growth regulators and genetic techniques to reduce the number and the size of the seeds of cactus fruits. *In: Proc. 2nd. Ann. Texas Prickly Pear Council.* Felker P. (ed). Mc Allen Texas, U.S.A. pp:18-31.
- Cantwell M (1995)** Postharvest Management of Fruits and Vegetables Stems. *In: Agro-ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear.* G Barbera, P Inglese, E Pimienta-Barrios (eds). FAO, Rome, Italy. Paper 132:120-143.
- Chávez-Franco S, C Saucedo-Veloz (1985)** Conservación en refrigeración de dos variedades de tunas. *Hort. Mex.* 1 (1):6-13.
- Claypool L L, R M Keefer (1942)** A colorimetric method for CO₂ determination in respiration studies. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 40:177-186.
- Corrales-García J, J Andrade-Rodríguez, E Bernabé-Cruz (1997)** Responses of six cultivars of tuna fruits to cold storage. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2:160-168.
- Flores V C, C Gallegos V (1993)** Situación y perspectivas de la producción y comercialización de tuna en la región centro y norte de México. CRUCEN-CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. pp:5-27.
- Flores V C A, J M De Luna E, P Ramírez M (1995)** Mercado Mundial de la tuna. ASERCA-CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 119 p.
- Gallegos V C, S de J Méndez G (2000)** La tuna. Criterios y técnicas para su producción comercial. Universidad Autónoma Chapingo, Fundación Produce Zacatecas A. C., Colegio de Postgraduados. Programa Ed. Dirección de Centros Regionales, UACH. Editorial Futura S.A. 164 p.
- Gil G F, M Morales, A Momberg (1977)** Cuaja y desarrollo del fruto de tuna (*Opuntia ficus - indica* Mill.) y su relación con la polinización y con los ácidos giberélico y cloroetilfosfónico. *Ciencia e Inv. Agraria* 4 (3):163-169.
- Gil G F, A Espinoza R (1980)** Desarrollo de frutos de tuna (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) con aplicación prefloral de giberelina y auxina. *Ciencia e Inv. Agraria* 7 (2):141-147.
- Inglese P, F Basile, M Schirra (2002)** Cactus Pear Fruit Production. *In: Cacti: Biology and Uses.* P. Nobel (ed) University of California Press. Berkeley, Los Angeles. pp:163-183.
- Kader A A (2002)** Postharvest biology and technology: an overview. *In Postharvest Technology of Horticultural Crops.* A A Kader (ed). Third ed. University of California. Agriculture and Natural Resources. Publication 3311. pp:39-47.
- Lakshminarayana S, L Alvarado-y-Sosa, F Barrientos-Pérez (1979)** The development and postharvest physiology of the fruit of cactus pear (*Opuntia amyclaea* T.). *In: Tropical Foods: Chemistry and Nutrition.* Vol. 1. G E Ingle, G Charalambus (eds). Academic Press, New York. pp: 69-93.
- Ortiz H Y D, F Barrientos P, M T Colinas L, A Martínez G (1991)** Ácido giberélico, auxinas y sus efectos sobre el fruto de nopal tunero. *Agrociencia S. Fitociencia* 2 (1):17-32.
- Pimienta B E, M E Engleman (1985)** Desarrollo de la pulpa y proporción en volumen de los componentes del lóculo maduro en tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). *Agrociencia* 62: 51-56.
- Pimienta B E (1990)** El Nopal Tunero. Universidad de Guadalajara. Depto de Investigación Científica y Superación Académica. Gráfica Nueva, Pipila 638. Guadalajara, Jal. México. 237 p.
- Pimienta B E (1991)** An overview of prickly pear cultivation in the central part of México. *Proc. 2nd Ann. Texas Prickly Pear Council,* Mc Allen Texas 2:1-17.
- Pratt H K, D B Mendoza Jr (1979)** Colorimetric determination of carbon dioxide for respiration studies. *HortScience* 14 (2):175-176.
- Weiss J, A Nerd, Y Mizrahi (1993)** Vegetative parthenocarpy in the cactus pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. *Ann. Bot.* 72:521-526.