

Evaluación de algunas características físicas y químicas de frutos de xocotuna, tuna y xoconostle en poscosecha*

Evaluation of some physical and chemical characteristics of fruits of xocotuna, tuna and xoconostle in postharvest

Teresa Monroy-Gutiérrez¹, Ma. Teresa Martínez-Damián^{1§}, Alejandro F. Barrientos-Priego¹, Clemente Gallegos-Vázquez², Juan E. Rodríguez-Pérez¹ y Ma. Teresa B. Colinas-León¹

¹Departamento de Fitotecnia-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, Estado de México. México. CP. 56230. ²Centro Regional Universitario Centro Norte-Universidad Autónoma Chapingo. Cruz del Sur, núm. 100. Constelaciones, Zacatecas, Zacatecas. CP. 98060. [§]Autora para correspondencia: teremd13@gmail.com.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue determinar algunas características físicas y químicas de xocotuna en comparación con tuna y xoconostle. Se utilizaron frutos de xocotuna, tuna y xoconostle frescos en madurez fisiológica. Se evaluó el porcentaje de pérdida de peso, color (ángulo hue), grosor de cáscara, sólidos solubles totales y acidez titulable. Se encontró que la pérdida de peso fue similar entre tunas y xocotunas, y mayor a 8% en los xoconostles. El ángulo de tono tuvo una tendencia a disminuir y aumentar durante el periodo evaluado debido al incremento de color de la pulpa del fruto. El grosor de la cáscara fue diferente entre cultivares y disminuyó conforme paso el tiempo de evaluación como consecuencia del proceso de maduración. Se observó que los xoconostles presentaron menor contenido de sólidos solubles totales a diferencia de las tunas y xocotunas. Se observaron valores similares de acidez titulable entre los cultivares de tuna y xocotuna, y en xoconostles valores más altos.

Palabras clave: *Opuntia* spp., grosor de cáscara, híbrido natural, pérdida de peso.

Abstract

The objective of the present investigation was to determine some physical and chemical characteristics of xocotuna in comparison with tuna and xoconostle. The fresh fruits of xocotuna, tuna and xoconostle were used in physiological maturity. The percentage of weight loss, color (hue angle), shell thickness, total soluble solids and titratable acidity were evaluated. It was found that weight loss was similar between tunas and xocotunas, and greater than 8% in the xoconostles. The pitch angle had a tendency to decrease and increase during the evaluated period due to the increase of color of the pulp of the fruit. The thickness of the peel was different between cultivars and decreased as the evaluation time passed as a consequence of the ripening process. It was observed that the xoconostles presented lower content of total soluble solids unlike the tunas and xocotunas. Similar values of titratable acidity were observed between the cultivars of tuna and xocotuna, and in xoconostles, higher values.

Keywords: *Opuntia* spp., natural hybrid, shell thickness, weight loss.

* Recibido: febrero de 2017
Aceptado: abril de 2017

Introducción

Una de las ventajas que posee nuestro país es la riqueza genética del género *Opuntia* que por su diversidad de especies y cultivares es un recurso vegetal de gran importancia, que tiene la característica particular de que puede desarrollarse en terrenos áridos, donde pocas plantas pueden sobrevivir. Desde el punto de vista económico-social, sus múltiples características nutritivas, terapéuticas, químicas, industriales, ecológicas y simbólicas, entre otras, hacen de este un recurso natural importante para los habitantes de las zonas áridas (Méndez-Gallegos y García-Herrera, 2006). *Opuntia* es un género complejo que incluye especies usadas para el consumo de cladodios tiernos, conocidos en México como “nopalitos”, obtenidos principalmente de *O. ficus-indica*, o por sus frutos (muchas especies silvestres y domesticadas), llamadas tunas y xoconostles (Majure *et al.*, 2012).

Las xocotunas son probablemente híbridos naturales de tuna y xoconostle, y pertenecen a las siguientes especies: *O. chavena* Griffiths, *O. lasiacantha* Pfeiff, *O. megacantha* Salm-Dick, *O. streptacantha* Lem. y *O. robusta* Wendl. En general, sus frutos son pequeños, con mesocarpio carnoso, esponjoso y un paquete de semillas en el núcleo central. De tal manera que su tipo de fruto es parecido al de los xoconostles pero con pulpa semi-ácida o ligeramente dulce. Se diferencian de los xoconostles debido a que estos son tunas ácidas (*Opuntia* spp.), también son morfológicamente diferentes de las tunas que son dulces, jugosas y con semillas (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2012). A la fecha, a pesar de que las xocotunas son un recurso fitogenético con grandes potencialidades, no existen estudios que las caractericen fisiológicamente, por tanto, el objetivo de la presente investigación fue determinar algunas características físicas y químicas de xocotuna en comparación con tuna y xoconostle.

Material vegetal

Se utilizaron frutos de xocotuna, tuna y xoconostle (Cuadro 1) frescos en madurez fisiológica de acuerdo con los parámetros visuales usados regionalmente de tamaño y llenado del fruto, uniformidad e intensidad de color característico para cada cultivar; así como la ausencia de defectos y pudriciones. Las determinaciones experimentales se realizaron a partir de frutos cosechados en los meses de junio, agosto y octubre del año 2013. El material vegetal provino de El Orito, Zacatecas, México. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro repeticiones. Se consideró como unidad

Introduction

One of the great advantages that our country has is the genetic richness of the genus *Opuntia* which, due to its diversity of species and cultivars, is a plant resource of great importance, which has the particular characteristic that it can develop in arid lands where few plants can survive. From the economic and social point of view, its many nutritional, therapeutic, chemical, industrial, ecological and symbolic characteristics, among others, make it an important natural resource for the inhabitants of arid zones (Méndez-Gallegos and García-Herrera, 2006). *Opuntia* is a complex genus that includes species used for the consumption of soft cladodes, known in Mexico as “nopalitos”, obtained mainly from *O. ficus-indica*, or by its fruits (many wild and domesticated species), called tunas and xoconostles (Majure *et al.*, 2012).

The xocotunas are probably natural hybrids of tuna and xoconostle, and belong to the following species: *O. chavena* Griffiths, *O. lasiacantha* Pfeiff, *O. megacantha* Salm-Dick, *O. streptacantha* Lem. and *O. robusta* Wendl. In general, its fruits are small, with fleshy mesocarp, spongy and a package of seeds in the central nucleus. In such a way that its type of fruit is similar to the one of the xoconostles but with semi-acidic or slightly sweet pulp. They differ from the xoconostles because they are acidic tunas (*Opuntia* spp.), are also morphologically different from the tunas that are sweet, juicy and with seeds (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2012). To date, although xocotunas are a plant genetic resource with great potential, there are no studies that characterize them physiologically, therefore, the objective of the present investigation was to determine some physical and chemical characteristics of xocotuna in comparison with tuna and xoconostle.

Vegetal material

The fruits of xocotuna, tuna and xoconostle were used (Table 1) fresh in physiologically mature according to the commercially available visual parameters of fruit size and filling, uniformity and color intensity characteristic for each cultivar; as well as the absence of defects and decay. The experimental determinations were made from fruits harvested in the months of June, August and October of 2013. The plant material came from the Orito, Zacatecas, Mexico. The experimental design was completely random, with four replicates. An experimental unit was

experimental un fruto. La evaluación comprendió 24 días de almacenamiento de fruto en condiciones de temperatura ambiente, las determinaciones fueron realizadas cada 3 días a partir del día cero de almacenamiento.

considered a fruit. The evaluation comprised 24 days of fruit storage under ambient temperature conditions, determinations were performed every 3 days from zero storage day.

Cuadro 1. Lista de tunas, xocotunas y xoconostles evaluados.
Table 1. List of tunas, xocotunas and xoconostles evaluated.

*Clave DNO	Cultivar	Nombre científico
Tuna		
O-024	‘Amarilla Montesa’	<i>Opuntia megacantha</i> Salm-Dick
O-089	‘Amarilla Plátano’	<i>Opuntia megacantha</i> Salm-Dick
O-110	‘Reyna’	<i>Opuntia albicarpa</i> Scheinvar
O-015	‘Cristalina’	<i>Opuntia albicarpa</i> Scheinvar
O-050	‘Rojo Pelón’	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.
O-027	‘Liso Forrajero’	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.
Xocotuna		
O-076	‘Cascarón’	<i>Opuntia chavena</i> Griffiths
O-239	‘Chinchilla’	<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.
O-291	‘Coral’	<i>Opuntia affinis</i> lindheimeri
O-294	‘Nicolaita’	<i>Opuntia</i> sp.
O-232	‘Caidilla’	<i>Opuntia</i> sp.
Xoconostle		
O-301	‘Cuaresmeño Blanco’	<i>Opuntia matudae</i> Scheinvar
O-190	‘Cuaresmeño’	<i>Opuntia matudae</i> Scheinvar

*Depositorio Nacional de Opuntia. El Orito, Zacatecas, México.

Parámetros evaluados

La pérdida de peso se evaluó mediante una balanza digital, de tal manera que los datos de porcentaje de pérdida de peso se obtuvieron por diferencia entre el peso inicial y el peso final de cada día de evaluación, mediante la fórmula: $(\%) PP = (Pi - Pf) / Pi * 100$, donde $(\%) PP =$ pérdida de peso $(\%)$, $Pi =$ peso inicial y $Pf =$ peso final de cada periodo de evaluación. Para color, se determinó el ángulo de tono o hue en tres sitios opuestos de la parte media de cada fruto, los valores se obtuvieron directamente con un espectrofotómetro (X-Rite SP62); las lecturas se tomaron en la pulpa. El grosor de la cáscara se midió en la zona ecuatorial del fruto con un vernier y el resultado se expresó en mm. Los sólidos solubles totales se determinaron en el jugo, mediante un refractómetro digital Atago, los resultados se expresaron en °Brix a 20 °C. La acidez titulable fue valorada por titulación (AOAC, 2003), mediante la cual se homogeneizaron 5 g de pulpa con 25 mL de agua

Parameters evaluated

The weight loss was assessed using a digital scale, so that weight loss percentage data were obtained by difference between the initial weight and the final weight of each evaluation day, using the formula: $(\%) PP = (Pi - Pf) / Pi * 100$, where $(\%) PP =$ weight loss $(\%)$, Pi initial weight and $Pf =$ final weight of each evaluation period. For color, the hue or hue angle was determined at three opposite sites of the middle part of each fruit, the values were obtained directly with a spectrophotometer (X-Rite SP62); the readings were taken in the pulp. The thickness of the shell was measured in the equatorial zone of the fruit with a vernier and the result was expressed in mm. The total soluble solids were determined in the juice by a Atago digital refractometer, the results were expressed in °Brix at 20 °C. The titratable acidity was titrated (AOAC, 2003), whereby 5 g of pulp were homogenized with 25 mL of

destilada, posteriormente se tomó una alícuota de 5 mL que se valoró con NaOH 0.1N y fenolftaleína como indicador; los resultados se expresaron en por ciento de ácido cítrico. Par el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza (Anava) y comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) empleando el programa Statistical Analysis System, ver. 9.0 (SAS, 2002).

Pérdida de peso

De acuerdo al porcentaje de pérdida de peso ‘Rojo Pelón’ fue el que presentó la menor pérdida durante todo el periodo evaluado. También se observó que el xoconostle ‘Cuaresmeño Blanco’ tuvo la mayor pérdida de peso (12.59%) a los 24 días (Cuadro 2). Con una pérdida de peso superior a 5% puede ser suficiente para disminuir la calidad en diferentes frutos; sin embargo, para frutos de cactáceas se considera que una pérdida de alrededor de 8% afecta negativamente su apariencia y textura (Wills *et al.*, 2007). Lo anterior está vinculado con la pérdida de agua por transpiración que se traduce en pérdidas de peso en el del tiempo (Ávila *et al.*, 2007). Los resultados anteriores indicaron que no hay un comportamiento exclusivo de tuna, xocotuna y xoconostle de evitar mayor pérdida de peso.

distilled water, then a 5 mL aliquot was taken, which was titrated with NaOH 0.1N and phenolphthalein as indicator; the results were expressed as percent citric acid. For the statistical analysis were performed, an analysis of variance (Anava) and comparison of means Tukey ($\alpha=0.05$) using the Statistical Analysis System, ver. 9.0 (SAS, 2002).

Weightloss

According to the percentage of weight loss ‘Rojo Pelón’ was the one that presented the smallest loss during the whole evaluated period. It was also observed that the ‘Cuaresmeño Blanco’ xoconostle had the greatest weight loss (12.59%) at 24 days (Table 2). It is known that a weight loss greater than 5% may be enough to decrease the quality in different fruits, however for cactus fruits it is considered that a loss of around 8% negatively affects their appearance and texture (Wills *et al.*, 2007). This can be closely related to the loss of water through transpiration, which results in weight losses over time (Ávila *et al.*, 2007). The above results indicated that there is no exclusive behavior of tuna, xocotuna and xoconostle to avoid greater weight loss.

Cuadro 2. Porcentaje de pérdida de peso evaluados en frutos de cultivares de tuna, xocotuna y xoconostle.
Table 2. Percentage of weight loss evaluated in fruits of tuna, xocotuna and xoconostle cultivars.

Cultivares	Días de evaluación							
	3	6	9	12	15	18	21	24
Tuna								
‘Amarilla Montesa’	3.12 abc*	5.12 a	6.61 a	7.69 a	-	-	-	-
‘Amarilla Plátano’	1.97 abcd	3.06 abc	3.82 bcd	4.55 bcde	6.17 abc	-	-	-
‘Reyna’	3.25 a	4.85 ab	5.8 ab	6.49 abc	7.5 a	-	-	-
‘Cristalina’	1.84 cd	2.79 bc	3.46 bcd	3.96 cde	-	-	-	-
‘Rojo Pelón’	0.96 d	1.41 c	1.82 d	2.09 e	2.36 c	2.52 b	2.88 b	3.04 b
‘Liso Forrajero’	1.91 bcd	2.13 c	2.75 cd	3.22 de	3.59 bc	-	-	-
Xocotuna								
‘Casarón’	3.24 ab	4.82 ab	6.02 ab	6.89 abc	7.6 a	8.35 a	-	-
‘Chinchilla’	3.31 a	4.98 a	6.49 a	7.4 ab	-	-	-	-
‘Coral’	2.14 abcd	3.31 abc	4.21 abcd	4.79 abcde	-	-	-	-
‘Nicolaita’	2.16 abcd	3.45 abc	4.34 abcd	5.18 abcde	6 abc	-	-	-
‘Caidilla’	2.85 abc	4.3 ab	5.11 abc	6.26 abcd	7.37 ab	-	-	-
Xoconostle								
‘Cuaresmeño Blanco’	3.26 a	5.07 a	6.51 a	7.46 ab	8.76 a	9.88 a	11.41 a	12.59 a
‘Cuaresmeño’	2.94 abc	4.56 ab	5.8 ab	6.65 abc	7.68 a	8.63 a	9.8 a	10.7 a
‡DMSH	1.34	2.06	2.61	3.13	3.87	4.04	4.02	4.36

‡= diferencia mínima significativa honesta; *=medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p\leq 0.05$).

Ángulo de tono o hue

El ángulo de tono o hue nos indica la coloración, los cultivares evaluados en el presente estudio variaron en color de verde claro a púrpura dependiendo de su tonalidad típica (Cuadro 3), por lo que se obtuvieron ángulos mayores de 12 y menores de 100°, presentando el xoconostle ‘Cuaresmeño Blanco’ el valor más alto (95.9 a los 15 días) y la xocotuna ‘Coral’ el más bajo (6.09 a los 9 días).

Tone or hue angle

The hue or hue angle indicates the coloration, the cultivars evaluated in the present study ranged from light green to purple depending on their typical hue (Table 3), resulting in angles greater than 12 and less than 100°, presenting the ‘Cuaresmeño Blanco’ xoconostle the highest value (95.9 at 15 days) and the ‘Coral’ xocotuna the lowest (6.09 at 9 days).

Cuadro 3. Ángulo de tono (°h) de pulpa evaluada en frutos de cultivares de tuna, xocotuna y xoconostle (am= amarillo; vc= verde claro; rj= rojo; pu= púrpura; rs= rosa).

Table 3. Tone angle (°h) of pulp evaluated in fruits of tuna, xocotuna and xoconostle (am= yellow; vc= light green; rj= red; pu= purple; rs= pink).

Cultivar	Días de evaluación								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
Tuna									
‘Amarilla Montesa’ (am)	70.49 bc*	71.7 b	68.45 bc	72.61 b	71.68 b	-	-	-	-
‘Amarilla Plátano’ (am)	71.81 b	64.09 b	69.77 bc	72.24 b	70.61 b	71.73 b	-	-	-
‘Reyna’ (vc)	93.64 a	95.29 a	84.74 ab	94.44 a	92.73 a	95.67 a	-	-	-
‘Cristalina’ (vc)	94.1 a	92.54 a	94.74 a	93.48 a	92.08 a	-	-	-	-
‘Rojo Pelón’ (rj)	34.04 d	31.34 c	31.24 d	33.72 c	33.53 c	33.47 d	24.54 c	30.75 c	35.77 c
‘Liso Forrajero’ (rj)	30.98 d	34.68 c	25.61 def	25.42 cd	29.7 c	26.69 de	-	-	-
Xocotuna									
‘Casarón’ (rj)	28.69 de	23.95 cd	26.09 def	22.37 d	23.13 cde	24.84 de	23.76 c	-	-
‘Chinchilla’ (rj)	22.36 de	21.33 cd	13.15 ef	16.07 de	14.71 de	-	-	-	-
‘Coral’ (pu)	12.75 e	14.7 d	10.02 f	6.09 e	13.41 e	-	-	-	-
‘Nicolaita’ (rs)	26.66 de	25.17 cd	26.96 de	25.34 cd	26.16 cd	26.25 de	-	-	-
‘Caidilla’ (rj)	24.4 de	24.96 cd	24.07 def	22.69 d	16.93 de	17.88 e	-	-	-
Xoconostle									
‘Cuaresmeño Blanco’ (vc)	94.1 a	94.39 a	95.2 a	94.61 a	94.29 a	95.9 a	94.1 a	94.95 a	93.89 a
‘Cuaresmeño’ (rj)	52.91 c	77.08 b	66.91 c	64.01 b	72.03 b	58.39 c	62.27 b	64.88 b	76.15 b
‡DMSH	18.11	14.03	16.86	10.87	12.42	12.39	10.31	9.13	7.58

‡= diferencia mínima significativa honesta; *= medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Los cultivares estudiados también mostraron niveles de ángulo de tono semejantes a los encontrados para ‘Gavia’ (107), ‘Cardón’, (24.2), ‘Rastrero’ (25.3), ‘Duraznillo Rojo’ (29.4), ‘Tapón’ (24.3), ‘Amarillo’ (103), ‘Pelón’ (26.6) y ‘Duraznillo’ (89.3) (Chávez-Santoscoy *et al.*, 2009). Los cultivares de tuna y xoconostle mostraron valores similares y los de xocotuna tuvieron los valores más bajos desde el comienzo de la evaluación debido a las características particulares de cada uno de estos.

The studied cultivars also showed levels of angle of tone similar to those found for ‘Gavia’ (107), ‘Cardón’, (24.2), ‘Rastrero’ (25.3), ‘Duraznillo Rojo’ (29.4), ‘Tapón’ (24.3), ‘Amarillo’ (103), ‘Pelón’ (26.6) and ‘Duraznillo’ (89.3) (Chávez-Santoscoy *et al.*, 2009). The cultivars of tuna and xoconostle showed similar values and those of xocotuna had the lowest values since the beginning of the evaluation due to the particular characteristics of each of these.

Grosor de la cáscara

Se encontró variabilidad con relación al grosor de la cáscara de tal manera que el cultivar de xoconostle ‘Cuaresmeño’ presentó el mayor grosor (14.28 mm a los 6 días) a diferencia del de tuna ‘Liso Forrajero’ con el menor valor (1.11 mm a los 15 días). También se observó que los cultivares de xoconostle tuvieron el mayor grosor de cáscara, seguido por las xocotunas y finalmente las tunas durante el periodo de evaluación (Cuadro 4). Esto los hace atractivos debido a que la cáscara es la porción aprovechable de estos frutos (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2014). Por otra parte, se apreció una importante reducción en el grosor de la cáscara a medida que avanzaba el periodo de evaluación. Dicha reducción posiblemente se debió a la pérdida de humedad de la cáscara, la cual puede ser una de las principales causas de la disminución en el grosor de la misma, tal como se pudo comprobar que sucede en el fruto (Cuadro 2).

Thickness of the shell

The variability was observed in relation to the thickness of the shell in such a way that the cultivar ‘Cuaresmeño’ showed the greatest thickness (14.28 mm at 6 days) as opposed to that of ‘Forage Slab’ with the lowest value (1.11 mm at the 15 days). It was also observed that the cultivars of xoconostle had the greatest shell thickness, followed by the xocotunas and finally the tunas during the evaluation period (Table 4). This makes them attractive because the shell is the usable portion of these fruits (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2014). On the other hand, an important reduction in the thickness of the shell was appreciated as the evaluation period progressed. This reduction was possibly due to the loss of moisture of the shell, which may be one of the main causes of the decrease in the thickness of the shell, as it was verified in the fruit (Table 2).

Cuadro 4. Grosor de cáscara (mm) evaluado en frutos de cultivares de tuna, xocotuna y xoconostle.
Table 4. Shell thickness (mm) evaluated in fruits of tuna, xocotuna and xoconostle cultivars.

Cultivar	Días de evaluación								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
Tuna									
‘Amarilla Montesa’	3.24 f*	2.66 e	3.27 f	3.09 ef	2.46 e	-	-	-	-
‘Amarilla Plátano’	4.17 ef	3.39 e	2.86 f	3.08 ef	2.71 de	1.19 e	-	-	-
‘Reyna’	6.29 cde	5.18 cde	3.73 ef	2.22 f	4.77 c	4.46 cd	-	-	-
‘Cristalina’	4.02 ef	4.15 de	3.37 ef	3.97 def	3.85 cde	-	-	-	-
‘Rojo Pelón’	5.7 def	5.24 bcde	4.52 def	4.57 cdef	4.5 cd	2.73 de	4.23 b	4.17 c	4.16 c
‘Liso Forrajero’	4.21 ef	4.37 de	3.2 f	3.62 ef	3.07 cde	1.11 e	-	-	-
Xocotuna									
‘Casarón’	8.16 bcd	7.67 bc	7.12 cd	6.81 bcd	6.74 b	5.42 c	6.4 b	-	-
‘Chinchilla’	6.45 cde	8.83 bcd	7.58 c	6.89 bc	7.89 b	-	-	-	-
‘Coral’	4.92 ef	5.3 bcde	6.05 cde	5.32 bcde	4.3 cde	-	-	-	-
‘Nicolaita’	9.03 bc	7.48 bc	7.74 c	8.05 b	7.1 b	7.89 b	-	-	-
‘Caidilla’	8.13 bcd	7.95 b	6.95 cd	7.47 b	6.93 b	8.79 b	-	-	-
Xoconostle									
‘Cuaresmeño Blanco’	10.53 ab	11.91 a	10.64 b	11.57 a	11.51 a	9.03 b	10.79 a	9 b	8.24 b
‘Cuaresmeño’	12.85 a	14.25 a	14.28 a	14.16 a	12.67 a	13.63 a	13.13 a	13.31 a	11.61 a
‡DMSH	2.86	2.73	2.69	2.86	1.88	2.38	3.58	2.04	2.92

‡= diferencia mínima significativa honesta; *= medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$)

Otra causa de reducción de grosor es como consecuencia del posible hidrólisis del almidón en el proceso de maduración del fruto, y que no resulta muy conveniente

Another reason for the reduction of the thickness is due to the possible hydrolysis of the starch in the fruit ripening process, which is not very convenient because

debido a que influyen en el potencial de almacenamiento postcosecha en la medida en que se comportan como una barrera frente a la desecación, ataque químico, lesiones mecánicas y ataque microbiano (Lara *et al.*, 2014).

Sólidos solubles totales

Al respecto se encontró que el contenido de sólidos solubles totales iniciales tuvo valores cercanos entre los cultivares de tuna (12.47 y 14.52 °Brix) y xocotuna (8.12 y 12.92 °Brix), a diferencia de los cultivares de xoconostle que mostraron los niveles más bajos (4.52 y 4.92 °Brix) (Cuadro 5). El contenido de azúcar en frutos de cactáceas se encuentra esencialmente determinado por el tiempo de cosecha, debido a que los cambios en poscosecha llegan a ser relativamente pequeños, por tanto la acumulación de azúcares durante la maduración de los frutos de *O. ficus-indica* se relaciona con un aporte del metabolismo de la cáscara y no con una disminución en el contenido de almidón y mucilagos de la pulpa como sucede en los frutos de pitahaya (Barrera y Nobel, 2004).

they influence the postharvest storage potential insofar as they behave as a front barrier to the desiccation, chemical attack, mechanical lesions and microbial attack (Lara *et al.*, 2014).

Total soluble solids

In this respect, it was found that the initial total soluble solids contents had close values between the cultivars of tuna (12.47 and 14.52 °Brix) and xocotuna (8.12 and 12.92 °Brix), unlike the cultivars of xoconostle that showed the lowest levels (between 4.52 and 4.92 °Brix) (Table 5). The sugar content of cacti fruits is essentially determined by the harvest time, because the post-harvest changes become relatively small, so the accumulation of sugars during ripening of the fruits of *Opuntia ficus-indica* is related to a contribution of the metabolism of the shell and not with a decrease in the content of starch and mucilages of the pulp as happens in the fruits of pitahaya (Barrera and Nobel, 2004).

Cuadro 5. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de cultivares de tuna, xocotuna y xoconostle.
Table 5. Total soluble solids content (°Brix) in fruits of tuna, xocotuna and xoconostle cultivars.

Cultivar	Días de evaluación								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
Tuna									
‘Amarilla Montesa’	14.52 a*	14.72 a	13.3 a	13.5 ab	13.12 ab	-	-	-	-
‘Amarilla Plátano’	12.47 abc	11.82 bcd	11.02 bcd	11.95 bc	11.26 abcde	10.9 a	-	-	-
‘Reyna’	13.12 ab	12.27 bc	12.87 ab	13.77 a	12.6 abc	12.25 a	-	-	-
‘Cristalina’	13.25 ab	12.67 ab	11.62 abc	11.25 c	13.4 a	-	-	-	-
‘Rojo Pelón’	13.25 ab	13.55 ab	13 ab	12.37 abc	11.82 abcd	12.17 a	12.97 a	12.72 a	12.4 a
‘Liso Forrajero’	12.87 ab	12.72 ab	12.2 ab	12.6 abc	10.82 cde	12.4 a	-	-	-
Xocotuna									
‘Cascarón’	12.54 abc	12.65 b	11.95 abc	11 cd	11.12 bcde	11.75 a	12.07 a	-	-
‘Chinchilla’	12.92 ab	12.42 bc	11.57 abc	11.42 c	10.37 de	-	-	-	-
‘Coral’	8.12 d	10.47 cd	9.25 d	9.45 d	9.57 ef	-	-	-	-
‘Nicolaita’	12.12 bc	11.87 bcd	11.65 abc	12 bc	11.55 abcde	11.5 a	-	-	-
‘Caidilla’	10.32 cd	10.07 d	10.02 cd	9.4 d	8.1 f	8.02 b	-	-	-
Xoconostle									
‘Cuaremeño Blanco’	4.92 e	4.8 e	5.05 e	5.25 e	5.45 g	4.87 c	4.92 b	5.55 b	5.45 b
‘Cuaremeño’	4.52 e	5.05 e	5.37 e	5.92 e	5.45 g	5.82 bc	5.92 b	5.05 b	5.82 b
‡DMSH	2.24	2.06	2.11	1.61	2.22	2.59	1.44	0.84	1.41

‡=DMSH: diferencia mínima significativa honesta; *=medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Acidez titulable

Los valores de acidez titulable para tuna y xocotuna fueron de 0.04-1.06%, mientras que para xoconostle fue de 1.68-4.23% (Cuadro 6). Los niveles de acidez titulable encontrados fueron parecidos a los reportados por Ávalos-Andrade *et al.* (2006) con valores promedio para las especies *O. amyclaea*, *O. oligacantha* y *O. matudae* de 0.07, 0.43 y 0.47% y los mostrados por Sedki *et al.* (2013) para los ecotipos ‘Hawara’, ‘Imimkorn’, ‘Achefri’, ‘Aissa’ y ‘Moussa’ con valores de acidez titulable de 0.04 a 0.07%, a su vez mencionaron que este parámetro es inversamente proporcional al contenido de azúcar en el fruto; además los cambios en acidez varían de acuerdo a la madurez y la temperatura de almacenamiento (Pinedo-Espinoza *et al.*, 2010).

Titratable acidity

The titratable acidity values for tuna and xocotuna were in a range that was 0.04-1.06%, while for xoconostle was 1.68-4.23% (Table 6). The acid titratable levels found were similar to those reported by Ávalos-Andrade *et al.* (2006) with average values for the species *O. amyclaea*, *O. oligacantha* and *O. matudae* of 0.07, 0.43 and 0.47% respectively, and those shown by Sedki *et al.* (2013) for the ‘Hawara’, ‘Imimkorn’, ‘Achefri’, ‘Aissa’ and ‘Moussa’ ecotypes with titratable acidity values of 0.04 to 0.07%, in turn mentioned that this parameter is inversely proportional to the sugar content in the fruit. And that changes in acidity may vary according to maturity and storage temperature (Pinedo-Espinoza *et al.*, 2010).

Cuadro 6. Valores de acidez titulable (%) de ácido cítrico de pulpa evaluada en frutos de cultivares de tuna, xocotuna y xoconostle.

Table 6. Titratable acidity values (%) of citrus pulp evaluated in fruits of tuna, xocotuna and xoconostle cultivars.

Cultivar	Días de evaluación								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
Tuna									
‘Amarilla Montesa’	0.04 d*	0.08 c	0.08 e	0.08 c	0.08 d	-	-	-	-
‘Amarilla Plátano’	0.08 d	0.08 c	0.08 e	0.08 c	0.08 d	0.08 b	-	-	-
‘Reyna’	0.08 d	0.08 c	0.08 e	0.08 c	0.08 d	0.08 b	-	-	-
‘Cristalina’	0.07 d	0.08 c	0.08 e	0.08 c	0.08 d	-	-	-	-
‘Rojo Pelón’	0.04 d	0.04 c	0.04 e	0.04 c	0.04 d	0.04 b	0.04 b	0.04 c	0.04 b
‘Liso Forrajero’	0.04 d	0.04 c	0.04 e	0.04 c	0.04 d	0.04 b	-	-	-
Xocotuna									
‘Cascarón’	0.04 d	0.04 c	0.04 e	0.04 c	0.04 d	0.04 b	0.04 b	-	-
‘Chinchilla’	0.15 d	0.14 c	0.37 d	0.56 b	0.21 d	-	-	-	-
‘Coral’	0.88 c	0.49 c	1.06 c	0.87 b	0.64 c	-	-	-	-
‘Nicolaita’	0.04 d	0.04 c	0.04 e	0.04 c	0.04 d	0.04 b	-	-	-
‘Caidilla’	0.15 d	0.10 c	0.13 de	0.11 c	0.24 d	0.19 b	-	-	-
Xoconostle									
‘Cuaresmeño Blanco’	1.96 b	2.08 b	1.68 b	1.86 a	2.09 b	1.85 a	2.05 a	2.16 b	2.33 a
‘Cuaresmeño’	3.99 a	4.23 a	1.98 a	1.96 a	4.08 a	2.02 a	1.86 a	3.35 a	2.41 a
‡DMSH	0.36	0.49	0.29	0.31	0.40	0.22	0.4	0.67	0.47

‡= diferencia mínima significativa honesta; * = medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales según Tukey ($p \leq 0.05$).

Conclusiones

Los cultivares de tuna y xocotuna presentaron un porcentaje de pérdida de peso menor al de los xoconostles. En relación al ángulo de tono los resultados encontrados estuvieron en función del color típico de cada cultivar. El grosor de la cáscara permitió establecer que en los cultivares de xoconostle se tuvieron valores más altos seguido de los de xocotuna y tuna. El contenido de sólidos solubles totales fue mayor en los cultivares de tuna y xocotuna y finalmente la acidez titulable fue más alta en los cultivares de xoconostle.

Literatura citada

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2003. Official Methods and Analysis. 14th (Ed.). Published for the association of Official Analytical Chemists Inc. Airlington, VA. USA. 1006 p.
- Ávalos-Andrade, A.; Ramírez-Córdova, Y.; Goytia-Jiménez, Ma. A.; Barrientos-Priego, A. F. y Saucedo-Veloz, C. 2006. Etileno en la abscisión del fruto de tres especies del género *Opuntia*. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 12(1):127-133.
- Ávila, H. G. R.; Cuspoca, J. A. R.; Fischer, G.; Ligarreto, G. A. M. y Quicazán, M. C. 2007. Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado a 2 °C. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 60:4179-4193.
- Barrera, E. and Nobel, P. S. 2004. Carbon and water relations for developing fruits of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, including effects of drought end gibberellic acid. J. Exp. Bot. 55 (397):719-729.
- Chavéz-Santoscoy, R. A.; Gutiérrez-Uribe, J. A. and Serna-Saldívar, S. O. 2009. Phenolic composition, antioxidant capacity and in vitro cancer cell cytotoxicity of nine prickly pear (*Opuntia* spp.) juices. Plant Foods Hum. Nutr. 64:146-152.
- Gallegos-Vázquez, C.; Scheinvar, L.; Núñez-Colín, C. A. y Mondragón-Jacobo, C. 2012. Morphological diversity of xoconostles (*Opuntia* spp.) or acidic cactus pears: a mexican contribution to functional foods. Fruits. 67(2):109-120.

Conclusions

The cultivars of tuna and xocotuna presented a percentage of weight loss lower than that of the xoconostles. In relation to the angle of tone the results found were in function of the typical color of each cultivar. The thickness of the shell allowed to establish that in the cultivars of xoconostle they had higher values followed by those of xocotuna and tuna. The content of total soluble solids was higher in the tuna and xocotuna cultivars and finally the titratable acidity was higher in the cultivars of xoconostle.

End of the English version



- Gallegos-Vázquez, C.; Scheinvar, L.; Silos-Espino, H.; Fuentes-Hernández, A. D.; Martínez-González, C. R.; Olalde-Parra, G. y Gallegos-Luevano, N. A. 2014. 'Saneiro': nueva variedad de xoconostle para la región centro norte de México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 5(6):1125-1131.
- Lara, I.; Belge, B. and Goulao, L. F. 2014. The fruit cuticle as a modulator of postharvest quality. Postharvest Biol. Technol. 87:103-112.
- Majure, L. C.; Puente, R.; Griffith, M. P.; Judd, W. S.; Soltis, P. S. and Soltis, D. E. 2012. Phylogeny of *Opuntia* s. s.: Clade delination, geographic origins, and reticulate evolution. Am. J. Bot. 99(5):847-864.
- Méndez-Gallegos, S. J. y García-Herrera, J. 2006. La tuna: producción y diversidad. CONABIO. Biodiversitas. 68:1-5.
- Pinedo-Espinoza, J. M.; Franco-Bañuelos, A. y Hernández-Fuentes, A. D. 2010. Comportamiento poscosecha de cultivares de tuna por efecto del manejo del huerto y temperatura de frigoconservación. Rev. Iberoam. Tecnol. Post. 11(1):43-58.
- Sedki, M.; Taoufiq, A.; Mousadik, A. E.; Barkaoui, M. and Mzouri, E. E. 2013. Biophysical and biochemical characterization of cactus pear fruit (*Opuntia* spp.) cultivars originating from South-West Morocco. Acta Hort. 995:83-92.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. SAS/STAT users guide: Statics, Ver. 9.00. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline, USA. 1503 p.
- Wills, R.; McGlasson, B. and Graham, D. 2007. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. University of New South Wales Press. 227 p.