

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEMILLAS DE OPUNTIAS (*O. imbricata* sp y *O. matudae* sp) CULTIVADAS EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

PHYSICOCHEMISTRY CHARACTERIZATION OF SEEDS OF OPUNTIAS (*O. imbricata* sp y *O. matudae* sp) CULTIVATED IN HIDALGO STATE, MEXICO

FRANCISCO PRIETO GARCÍA^{1*}, SANTIAGO FILARDO KERSTUP¹, ALMA DELIA ROMÁN GUTIÉRREZ¹,
MARÍA AURORA MÉNDEZ MARZO², ELIZABETH PÉREZ CRUZ³

RESUMEN

La caracterización fisicoquímica de dos variedades de semillas de *Opuntia*, *Opuntia imbricata* sp y *Opuntia matudae* sp ha sido el objetivo de este trabajo a fin de encontrar en éstas algún componente básico que pueda permitir su utilización como complemento nutritivo en la elaboración de algún otro producto y dejen de constituir como semillas, un desperdicio del fruto de los nopales. Las dos variedades de semillas estudiadas, muestran similitud entre sus características físicas por sus valores de densidad y dureza a la abrasión; en cuanto a tamaño y volumen la variedad *O. matudae* resultó 1.63 veces más voluminosa, y en esa misma proporción retiene más humedad. Por sus contenidos en aceites vegetales, fibras, almidones y carbohidratos, resultan interesantes para ser evaluados como alimento nutritivo. No obstante merece especial atención que en ambas variedades de semillas se encontraron cantidades de cromo y plomo, que aunque en bajas concentraciones, resultan de elementos tóxicos no deseables en ningún alimento.

Palabras clave: Opuntias; Semillas; Carbohidratos; Caracterización; Nopales.

ABSTRACT

The physicochemistry characterization of two varieties of seeds of *Opuntia*, *Opuntia imbricata* sp and *Opuntia matudae* sp has been the objective of this work in order for finding in these some basic component that can allow its use as nutritious complement in the elaboration of some other product and let constitute like seeds, a waste of the fruit of the nopales. The two varieties of studied seeds, show to similarity between their physical characteristics by their values of density and hardness the abrasion; as far as size and volume the variety *O. matudae* was 1,63 times more voluminous, and in that same proportion it retains more humidity. By their vegetal oil contents, fibers, starches and carbohydrates, turn out interesting to be evaluated like nutritious food. Despite it deserves special attention that in both varieties of seeds was amounts of chromium and lead that although in low concentrations, are from no desirable toxic elements in any food.

Keywords: Opuntias; Semillas; Carbohidratos; Caracterización; Nopales.

INTRODUCCIÓN

La familia de las cactáceas está integrada por alrededor de 2000 especies distribuidas en lugares de clima desértico o muy seco, sobre todo en América Central y América del Sur, aunque se han introducido y se adaptado a otros lugares de clima seco y cálido, como Australia, el Mediterráneo y África

oriental. Las condiciones geográficas de México con su relieve tan particular, han favorecido la diversificación de estas plantas, dando lugar a zonas de una gran riqueza biológica; en este país se reconocen unas 100 especies (Bravo-Hollis *et al.*, 1991). Se pueden mencionar las regiones de Tehuacan-Cuicatlán, y el valle de Meztitlán en el centro del

1. Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Pachuca de Soto, Hidalgo, México. e-mail: prietog@uaeh.reduah.mx
2. Centro de Investigaciones de Materiales y Metalurgia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
3. Pasante de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

Fecha de recibido: Abril 6, 2008

Fecha de aprobación: Mayo 7, 2008

país, el altiplano potosino hacia el norte y la región de Tehuantepec hacia el sur.

Ampliamente utilizadas como alimento humano, la mayoría de las cactáceas, son aprovechadas como alimento sobre todo por sus frutos y hojas. El nopal, la tuna o la pitahaya, que es su fruto, también forma parte de la dieta de muchos animales. En lugares áridos y ventosos se utilizan para fijar el suelo y prevenir la erosión de las lluvias que por lo general se producen de forma torrencial en algunas épocas del año. Este uso se hace muy adecuado en los cultivos que se llevan a cabo en forma de terrazas.

Admiradas por sus atractivas flores, sus extravagantes formas o sus erizadas púas, han sido ampliamente explotadas en jardinería, lo que ha llevado a muchas de ellas a encontrarse al borde de la extinción. Un número importante de estas plantas son endémicas en México y su desaparición significa la pérdida total a nivel mundial.

Denominadas *Opuntias* sp, reciben diferentes nombres comunes en varios lugares del mundo: tuna, nopal, tunera, chumbera, *Opuntia cactus*, etc. Los frutos de la *Opuntia* son conocidos como tunos, tunas, higos pico, higos chumbos, cactus pera, etc. Los segmentos de tallo, cladodios, reciben el nombre común de pencas o palas. Las espinas pequeñas y molestas, que aparecen en la base de las espinas grandes, son típicas del género. Son muy resistentes a la sequía e importantes desde el punto de vista económico por su valor comestible, ya sea en el caso de sus pencas o de sus frutos, tanto para el humano como para el ganado. Dentro de los frutos llamados tunas, algunos son ácidos como el «Xoconostli» que significa en náhuatl tuna agria y a la que se le ha encontrado un alto contenido de ácido ascórbico. Este fruto no entra en estado de putrefacción tan rápidamente como la tuna dulce (<http://cueyatl.uam.mx/~olivares/hidalgo.html>2004).

Los Xoconostles son tunas ácidas de algunas especies de *Opuntia*. Persisten unidas a cladodios de 6

a 8 meses, paredes de hasta tres cuartos del ancho total; semillas en el centro del fruto, funículos secos. Presentan gran potencial económico debido a sus múltiples usos como verdura, condimento, fruta fresca, dulces cristalizados, forraje y poseen propiedades medicinales (a ser comprobadas): hipoglucemiantes, control del colesterol y peso corporal (resumen de XV Congreso Mexicano de Botánica Taxonomía y Sistemática, Estudio Biosistemático de los Xoconostles Mexicanos y su Potencial Económico, 27 de septiembre de 2004). El estudio de la composición fisicoquímica de las semillas de dos especies de Xoconostles mexicanos y cultivados en el estado de Hidalgo, *Opuntia imbricata* sp y *Opuntia matudae* sp constituyen el objetivo de este trabajo.

Opuntia imbricata sp

Familia: Cactaceae. Nombres comunes: Cholla (en Chihuahua), coyonoxtle o cardenche (en Durango), todos nombres populares de México.

Hábitat: Crece en selvas bajas y llega a formar verdaderas «nopaleras».

Descripción: Es un arbusto hasta de 5 m de altura con ramas más o menos abundantes; tronco corto, leñoso, bien definido, de unos 10 cm de diámetro, del que parten una ramas primarias escasas, muy largas, casi tan gruesas como el tronco, las que a su vez producen varias series de artículos dispuestos en pseudoverticilos; artículos de 12 a 35 cm de largo y de unos 2.5 a 3.5 cm de diámetro; tubérculos dispuestos en 3 ó 4 series, muy prominentes, de 2 a 3.5 cm de largo; hojas subuladas, de 1-2.5 cm de largo, caducas (Figura 1 A, B y C).

Areólas grandes con glóquidas escasas; espinas numerosas, 10-30 por areóla, extendidas en todas direcciones, rectas, de 1-3 cm de largo, rectas, de color rojizo moreno hasta rosadas, casi aciculares pero algo aplanadas, fuertemente barbadas, con vainas blanquecinas, papiráceas y persistentes. Flo-

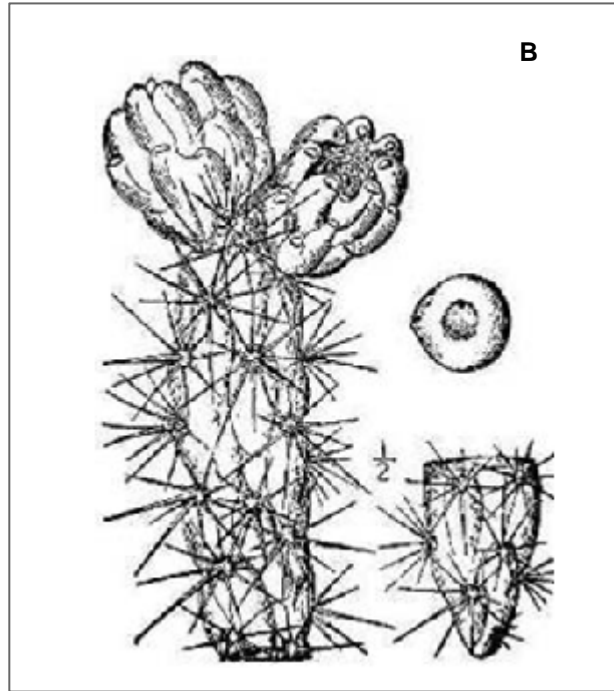


Figura 1. *Opuntia imbricata* sp. A. Arbusto. B. Areólas

res numerosas en la extremidad de las ramas, de 5-7 cm de diámetro, de color púrpura a púrpura rojado; pericarpelo tuberculado; segmentos del perianto angostamente obovados, de 2.5-3.5 cm de largo y 1.5-2 cm de ancho; ápice ampliamente redondeado, entero o algo crenado, ondulado. Fruto tuberculado, amarillo, carnoso cuando madura, sin espinas, obovoide de 2.5-4.5 cm de largo y 2-3 cm de diámetro, muy umbilicado, persistente en el invierno. Semillas abundantes, lisas, de 2.5-3.5 mm de diámetro.

Usos: a) Agrícola: las plantas vivas se usan como setos vivos y también como pies de injertos. b) Combustible: la población rural emplea las ramas secas como combustible. c) Comestible: los frutos se comen como verdura, en guisados o como fruta cubierta. d) Forrajera: en la época de sequía suelen usarse los frutos como forraje. e) Maderable: sus espectaculares esqueletos reticulados y fuertemente leñosos de los troncos y ramas, que se aprovechan para manufacturar muebles de estilo rústico, bastones, marcos, pies de lámparas, etc. f) Medicinal: se usa en lugar de yeso para rehabilitar huesos



Figura 1. *Opuntia imbricata* sp. C. Flor y fruto

rotos, tanto en humanos como en animales. Para tal uso se mezcla la parte interna (parénquima) del tallo con harina y clara de huevo y se aplica en «vilmas»,

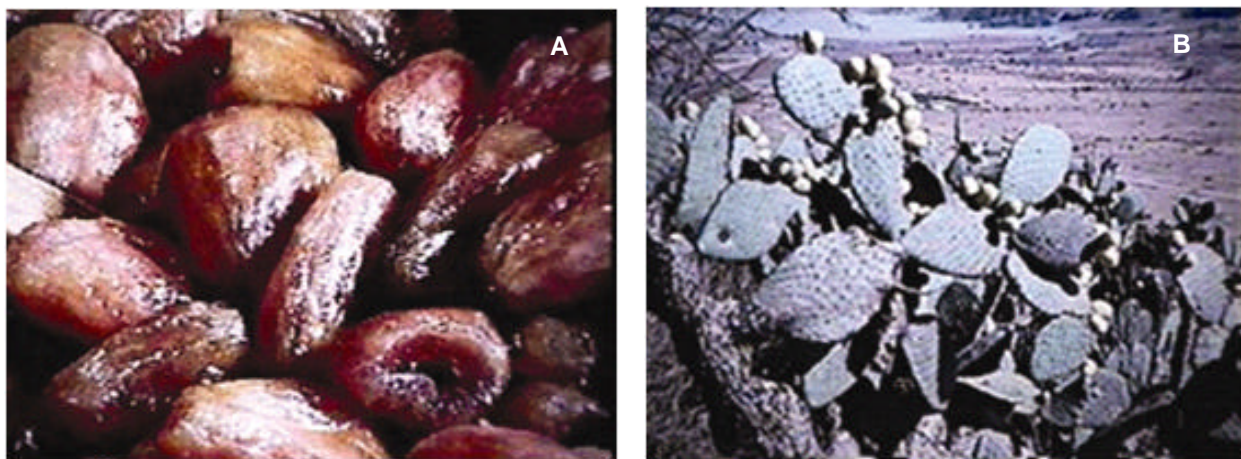


Figura 2. *Opuntia matudae* sp. A. Arbusto. B. Fruto.

sobre las partes afectadas; la tuna entera se come para calmar la tos y machacada se pone en el cuello y pecho para aliviar el dolor de anginas; el tallo limpio y asado, se usa como anti-inflamatorio, aplicado localmente.

Manejo: La multiplicación y reproducción se consigue por los artículos (partes de areólas) de las ramas que caen en la época de sequía y enraízan en temporada de lluvia. Su aprovechamiento está regulado por las normas NOM-005-RECNAT-1997 y NOM-007-RECNAT-1997.

Opuntia matudae sp.

Familia: Cactáceas. Nombre común: xoconostle, tunas ácidas .

Hábitat: Suelos desérticos.

Descripción: La planta, de acuerdo con López, mide de 1-2 metros de altura, con pencas de 30-40 cm. De diámetro, areólas muy juntas, espinas de 3-5 por areóla y frutas redondas en forma de pera. Bravo la describe como una planta arborescente de 2-3 m de altura, tronco bien definido como de 20 cm. De diámetro, grisáceo, con ramificación abundante. Flor amarilla, fruto subgloboso de 2 cm. De diámetro de pulpa ácida, rosada, ligeramente per-

fumada, fruto comestible que aparece en marzo. Se encuentra silvestre en varios lugares del altiplano mexicano. Producen frutos ácidos que reciben el nombre de xoconostles (tunas ácidas) se le ha encontrado un alto contenido de ácido ascórbico, que se utilizan como condimento en la comida mexicana, en la fabricación de dulces, mermeladas, bebidas. El xoconostle se conserva por varios meses en la planta sin sufrir deterioro, e incluso se conserva por varias semanas en lugares frescos y secos, sin perder sus propiedades de sabor, color y humedad. A pesar de estas cualidades, su utilización y producción está restringida a determinadas regiones geográficas (Figura 2) Scheinvar (1999).

Usos: Como planta comestible, se utiliza como condimento en la cocina mexicana en la elaboración de platillos, refrescos caseros, mermeladas y dulces (Borrego y Burgos, 1986).

Siendo conocidos los usos y aplicaciones de estas dos variedades de opuntias *O. imbricata* sp y *O. matudae* sp y sobre todo de su fruto que se consume; las semillas que contienen ambas variedades (que resultan relativamente abundantes) no son aprovechadas económicamente y se convierten en un residuo no útil. Su estudio de caracterización fisicoquímica y evaluar los contenidos nutrimentales de estas semillas, permitirá llegar a concluir que por sus

contenidos en proteínas, grasas u otro parámetro, puedan ser reutilizadas para elaboración de nuevos productos con valor económico agregado.

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Muestras. Obtención y preparación. Las muestras representativas de semillas de las dos variedades en estudio, se sometieron a un proceso de extracción de los frutos respectivos, retirando de ellas todo tipo de material o pulpa, se colocaron para secado a condiciones atmosféricas en charolas de plástico, luego se seleccionaron manualmente para que fueran lo más homogéneas posibles en cuanto a su estructura física. Se tomaron alrededor 150 g de una muestra de semilla de cada variedad de *Opuntia* (*O. imbricata* sp. y *O. matudae* sp.), previamente secadas y se sometieron a molienda y se tamizaron a través de tamices Tyler de 200 micras.

Análisis físicos y otras determinaciones. Antes de la molienda las semillas de ambas variedades se les practicaron los siguientes análisis físicos:

- Contenidos de humedad: gravimétrico (AOAC, 1995, Part 925.09 y 923.03)
- Contenidos de ceniza: sequedad, incineración y gravimetría (AOAC, 1995, Part 925.09 y 923.03)
- Peso hectolitro
- Peso mil ranos
- Índice de flotación
- Dureza por abrasión
- Determinación de volumen unitario

Las fracciones requeridas ya en polvo fino, se sometieron a las siguientes determinaciones de caracterización fisicoquímicas:

- Contenidos de grasas totales: método de extracción en equipo soxhlet (AOAC, 1995, Part 922.06)
- Contenido de proteínas: método Kjeldahl para determinación de nitrógeno (AOAC, 1995, Part

991.20)

- Contenido de carbohidratos totales: método de cálculo por diferencia (Pere, 1999; Blanco *et al.* 2000).
- Contenido de azúcares: método de azúcares reductores totales, directos y sacarosa (Odon, 1985).
- Contenido de fibras totales o fibra bruta y contenido de fibras solubles e insolubles (AOAC, 1995, Part 978.10).
- Contenidos de elementos metálicos: sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y zinc; método de espectroscopia de absorción y/o emisión atómica, posterior a una mineralización total (AOAC, 1995, Part 973.34, 969.32 y 985.35).

Se analizó además, la distribución y tamaño de partículas de almidones contenidos en estas dos variedades de semillas mediante una separación, previa molienda y suspensión en agua fría y posterior centrifugación; los sólidos sedimentados (almidones no solubles en agua fría) se resuspendieron el agua desionizada y se llevaron a un equipo analizador de tamaño de partículas por difracción de rayos láser LS 13-320 de la Beckman Coulter.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físicos. En la Tabla 1 se muestran los resultados de los análisis físicos practicados a las semillas de las dos variedades estudiadas. Como se observa, la semilla de la variedad *O. matudae* presenta un mayor porcentaje de humedad (1.6 veces mayor que la variedad *O. imbricata*) y en cuanto a los contenidos de cenizas ambas variedades son similares, lo que está asociado con los contenidos de metales que contienen, que evidentemente resultan bajos.

En relación con la densidad que presentan ambas variedades, podemos apreciar que la *O. matudae* muestra la mayor densidad relativa, mayor dureza (mayor resistencia a la abrasión) y mayor volumen promedio. En cuanto al índice de flotación que presentan ambas variedades puede decirse que son si-

Tabla 1
Análisis físicos de las dos variedades de semillas de *Opuntia matudae* sp y *Opuntia Imbricata* sp

Muestra	Análisis físicos (desviación estándar)						
	% Humedad	% Cenizas	Peso HL	Peso mil gran	ind. flotación	Dur. abrasión	Volumen
<i>O. matudae</i>	3.01 (0.178)	0.92 (0.08)	640.52(0.12)	35.48 (0.93)	0.332 (0.11)	15.96 (0.10)	31.2 (0.11)
<i>O. imbricata</i>	1.85 (0.09)	0.95 (0.12)	603.3(0.20)	29.32 (0.72)	0.296 (0.09)	11.64 (0.05)	19.2 (0.05)

Nota: % Humedad y Cenizas en % m/m; peso HL (Hectolitro) en kg/HL; peso de mil granos en g; índice de flotación en granos-flotando/100 granos; Dureza por abrasión en % de pérdida de peso y volumen en mm³

Tabla 2
Análisis proximales de las dos variedades de semillas de *Opuntia matudae* sp. y *Opuntia imbricata* sp

Muestra	Análisis proximales (desviación estándar)						
	% grasa	% Proteínas	% Az. red. tot.	% Az Red. Directos	% Sacarosa	% fibra cruda	% CH totales
<i>O. matudae</i>	18.31 (0.09)	1.25 (0.11)	7.55 (0.03)	5.04 (0.09)	1.03 (0.04)	35.26 (0.05)	41.25 (0.09)
<i>O. imbricata</i>	16.73 (0.12)	1.87 (0.06)	5.15 (0.07)	3.60 (0.04)	0.74 (0.10)	40.58 (0.06)	38.02 (0.11)

milares aunque la variedad *O. matudae* es ligeramente mayor que la *O. imbricata*, lo cual se puede deber a que presente un endospermo vítreo menos compacto.

Análisis proximales. Los resultados de los análisis proximales, se muestran en la Tabla 2. Los resultados de carbohidratos totales (% CHT) se obtuvieron por diferencia a partir de la expresión (Pere, 1999; Blanco *et al.*, 2000):

$$\% \text{CHT} = 100 - \text{sumatoria A}$$

siendo sumatoria A = %H₂O + % proteínas + % fibras + % grasas + % cenizas

Paralelamente algunos autores señalan (Blanco, 2000) la posibilidad de estimar de forma aproximada los contenidos en los porcentajes de almidones totales a partir del cálculo de:

$$\% \text{ almidones totales} = \% \text{CHT} - \% \text{ART}$$

siendo las siglas CHT y ART carbohidratos totales y azúcaes reductores totales, respectivamente.

Ambas variedades de semillas se pueden considerar como productos de elevados contenidos en grasas y bajos contenidos proteicos, pero de muy altos contenidos en fibra cruda. En la Tabla 3 se puede observar que además sus contenidos estimados en almidones totales resultan similares, calculados a partir de la expresión de Blanco (2000); es decir 82% y 86% de los CHT se corresponden con almidones, que al parecer para la variedad *O. matudae* es menos vítreo o menos cristalino.

Análisis de metales. Con respecto a los contenidos metálicos, en la Tabla 4 se muestran los resultados. En relación con los contenidos de calcio, ambas variedades muestran concentraciones similares. Sin embargo, en contenidos de magnesio en la variedad *O. imbricata* se presenta el doble de concentración y en una relación Ca:Mg de 3:1 lo cual parece ser indicativo de que esta variedad está cultivada en suelos ricos en dolomita en tanto la variedad *O. matudae* parece estar cultivada sobre suelos más calizos.

Asimismo, los contenidos de sodio en *O. imbricata*

Tabla 3
Análisis proximales de las dos variedades de semillas de *Opuntia matudae* sp y *Opuntia imbricata* sp cálculos de almidones totales

Muestra	% CH totales	% az. red. tot.	% almidones totales
<i>O. matudae</i>	41.25 (0.09)	7.55 (0.03)	33.70 (0.07)
<i>O. imbricata</i>	38.02 (0.12)	5.15 (0.07)	32.87 (0.11)

resultan 1.35 veces más altos que en la variedad *O. matudae* y de forma inversa los contenidos de potasio; estos valores se pueden considerar ligeramente elevados lo cual está asociado con el grado de salinización de los suelos donde se han cultivados estas variedades. Por su parte, los contenidos de hierro y zinc se encuentran en un intervalo aceptable pero no así la presencia de cromo y plomo que aunque resultan relativamente bajos están por encima de valores permisibles para productos alimenticios. Como se desea encontrar los posibles valores nutrimentales de estas semillas para buscarles un valor agregado, estos contenidos en plomo y cromo hacen que no sean válidos para productos alimenticios. Los contenidos de cadmio y mercurio se encontraron por debajo de los respectivos límites de detección.

Análisis de tamaño de partículas.

Mediante un analizador de distribución de tamaño de partícula de rayos láser se evaluaron los tamaños de gránulos de almidón en ambas variedades de opuntias. En la Figura 3 se muestran los resultados. Como se observa para la variedad *O. imbricata* (Figura 3A) existe una población de tamaño bien definida y mayoritaria de 34.58 micras; la variedad *O. matudae* (Figura 3B)

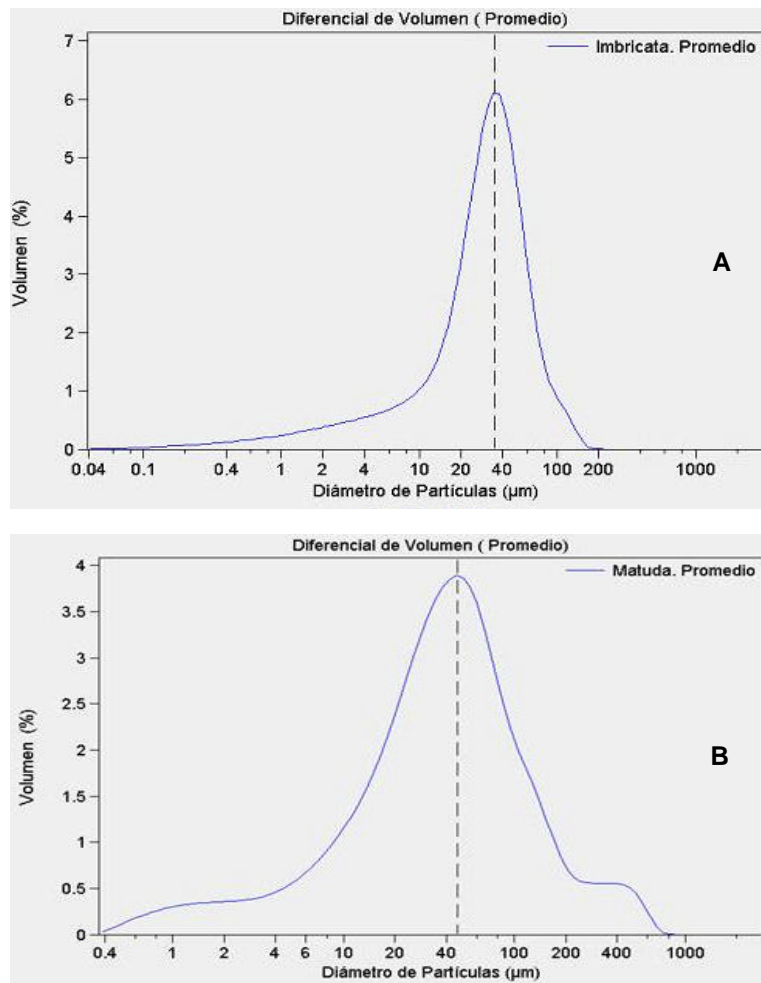


Figura 3. Distribución y tamaños de los gránulos de almidón en semillas de las variedades: **A.** *Opuntia imbricata* sp **B.** *Opuntia matudae* sp

presenta una población de tamaño de 45.75 micras, mayor tamaño que la primera. Los gránulos observados al microscopio se presentan de formas lenticulares para ambas variedades aunque más ovaladas para la variedad *O. matudae* (Figura 4 A y B). Estos tamaños de partículas pueden corresponder a gránulos de almidón que forman el endospermo de las semillas, tanto por su forma como por su constitución.

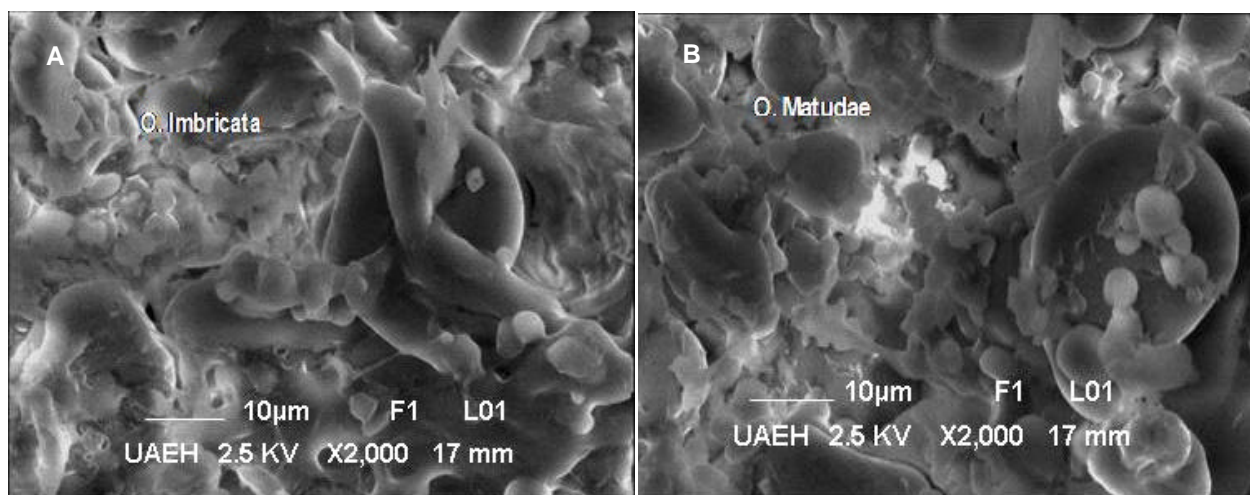


Figura 4. Tamaños de los gránulos de almidón en semillas de las variedades.
A. *Opuntia imbricata* sp B. *Opuntia matudae* sp

Tabla 4
Concentración de metales en mg/kg.
Los valores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar

Variedad	mg/kg									
	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Hierro	Zinc	Cadmio	Cromo	Plomo	Mercurio
<i>O. matudae</i>	30.127 (2.664)	5.733 (0.592)	14.697 (1.366)	9.383 (0.540)	12.627 (0.261)	4.738 (0.121)	<0.017(-)	0.034 (0.002)	0.084 (0.010)	<0.024(-)
<i>O. imbricata</i>	31.944 (2.074)	10.148 (0.285)	19.915 (0.298)	6.795 (0.386)	8.525 (0.764)	2.095 (0.075)	<0.017(-)	0.024 (0.001)	0.051 (0.006)	<0.024(-)

CONCLUSIONES

Las dos variedades de semillas estudiadas, *Opuntia matudae* sp. y *Opuntia imbricata* sp, arrojan una similitud entre sus características físicas en cuanto a sus valores de densidad y dureza a la abrasión; sólo podría destacarse que la variedad *Opuntia matudae* es ligeramente más densa y de mayor resistencia a la abrasión; sin embargo, en cuanto a tamaño y volumen la variedad *O. matudae* resultó 1.63 veces más voluminosa, y en esa misma proporción retiene más humedad.

Resultan ser similares en contenidos de lípidos (aceites vegetales) con niveles relativamente altos comparados con otros tipos de semillas y relativamente bajos en contenidos de proteínas. Los contenidos de azúcares reductores totales son bajos y sobre todo muy bajos

en contenidos de sacarosa. Sin embargo, sus contenidos en fibras se presentan en cantidades apreciables, y también resultan elevados los contenidos en almidones. Por sus contenidos en aceites vegetales, fibras y almidones como carbohidratos, resultan interesantes para ser evaluados como alimento nutritivo. No obstante merece especial atención que en ambas variedades de semillas se encontraron cantidades de cromo y plomo, que aunque bajas, resultan elementos tóxicos no deseables en ningún alimento.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1995. *Official methods of analysis of the association of official analytical chemist*. Volumen I. Herlich K (editor). Washington, DC: AOAC International. p. 78, 79, 237, 247, 272.
- AOAC. 1995. *Official methods of analysis of the association of official analytical chemist*. Volumen

- II. Herlich K (editor). p. 777, 778, 1110.
- Blanco, M. A.,** Montero, M. de los A., Fernández, M. 2000. Composición química de productos alimenticios derivados de trigo y maíz elaborados en Costa Rica. *Rev Arch Latinoam Nutr.* **50** (1): 62-74.
- BOE.** 1988. Cereales en copos o expandidos. Métodos de análisis. *Boletín Oficial Español. BOE.* **20**: 1.
- Borrego, E. F.,** Burgos, V. N. 1986. *El Nopal*. Saltillo: Ed. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p. 145.
- Bravo-Hollis, H.** 1978. *Las cactáceas de México*. Volumen I, México, D. F.: UNAM. 743 pp.
- Bravo-Hollis, H.** 1991. *Las cactáceas de México*. Volumen III, México, D.F.: UNAM. 643 pp.
- Durán P.** 1999. *Analíticos en alimentaria. Métodos oficiales de análisis. Cereales, derivados de cereales y cerveza*. Barcelona: Editora Panreac Química. p. 1-88.
- González, E. M.** 1984. *Las plantas medicinales de Durango. Inventario básico*. Durango: CIIDIR-IPN. p. 115.
- López, Z. E.** 1977. *El agua, la tierra, los hombres de México*. México, DC: Ed. Fondo de Cultura Económica. p. 321.
- Ödön, I. V.,** Tirso, W. S. 1985. *Química de los alimentos*. Tomo I. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. p. 285, 305, 346.
- Scheinvar L.** 1999. *Biosistemática de los xoconostles mexicanos y su potencial económico*. In: Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento de el Nopal. 6-10 de septiembre. San Luis Potosí, México. p. 255-274.