

## MORFOLOGÍA, TAMAÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS EN SEMILLAS DE CINCO ESPECIES DEL GÉNERO *Opuntia*

### Morphology, size and particle distribution in seeds of five species of the genus *Opuntia*

F Prieto-García ✉, MA Méndez-Marzo, E Pérez-Cruz, S Filardo-Kerstupp, BR Cruz-Martínez

(FPG)(EPC)(SFK)(BRM) Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Cd. Universitaria, Carretera Pachuca-Tulancingo, km 4.5, CP 42076, Pachuca, Hidalgo, México. prietog@uaeh.edu.mx.  
(MAMM) Centro de Investigaciones de Materiales y Metalurgia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

**Nota científica** recibido: 8 de diciembre de 2006, **aceptado:** 8 de mayo de 2008

**RESUMEN.** Las semillas del género *Opuntia* constituyen actualmente un desperdicio. Encontrar algún componente básico que permita su uso como complemento nutritivo en la elaboración de otro producto resultaría de interés socio-económico. El objetivo fue evaluar la morfología y determinar el tamaño y la distribución de partículas que conforman las semillas de las siguientes especies: *Opuntia heliabravoana* Scheinvar, *O. imbricata* Haw, *O. matudae* Scheinvar, *O. joconostle* Haage y *O. ficus indica* Miller. Las semillas fueron molidas y la extracción de las partículas se realizó en suspensión con agua fría. Para valorar su morfología se realizaron observaciones al microscopio electrónico (MEB). El tamaño y distribución fueron medidos en un analizador de tamaño de partículas por difracción de rayos láser. Los tamaños de partículas variaron entre 23.81 y 55.13  $\mu\text{m}$ . La variación y distribución de tamaños osciló desde 0.044 hasta 1 143  $\mu\text{m}$ . El tamaño promedio de partículas de las cinco especies fue de 37.97  $\mu\text{m}$  y por sus dimensiones se asemejan y aproximan a los tamaños promedios medidos en MEB. Los gránulos predominantes fueron de forma semiesférica y correspondieron a gránulos de almidones. La estimación de los tamaños promedios de partículas y morfologías resulta importante para asociar resultados obtenidos en evaluaciones histoquímicas previas, con los almidones contenidos en ellas.

**Palabras clave:** *Opuntia*, semilla, almidones, tamaño.

**ABSTRACT.** The seeds of the genus *Opuntia* at present constitute a waste. Finding a basic component that will allow their use as a nutritious complement in the preparation of another product is of socioeconomic interest. The purpose of this study was to evaluate the morphology and to determine the size and particle distribution of the seeds of the following species: *Opuntia heliabravoana* Scheinvar, *O. imbricata* Haw, *O. matudae* Scheinvar, *O. joconostle* Haage and *O. ficus indica* Miller. The seeds were ground and the particles were extracted by suspension in cold water. The morphology was evaluated through observations in the electronic microscope (SEM). The size and distribution were determined in a particle size analyser through laser beam diffraction. Particle size varied between 23.81 and 55.13  $\mu\text{m}$ . The variation and distribution of sizes varied from 0.044  $\mu\text{m}$  to 1 143  $\mu\text{m}$ . The average size of the particles of the five species was 37.97  $\mu\text{m}$ , similar to the average sizes measured in the SEM. The predominant grains were semi-spherical in form and corresponded to starch grains. The estimation of the average size of the particles and of the morphology is important in order to be able to associate the results obtained in previous histochemical evaluations with the starches they contain.

**Key words:** *Opuntia*, seed, starches, size.

### INTRODUCCIÓN

La familia de las cactáceas está integrada por alrededor de 2 000 especies y su distribución es amplia, en climas desérticos o muy cálidos de América Central y América del Sur. Las especies de esta

familia han sido introducidas y se han adaptado a otros lugares de clima seco y cálido, como Australia, algunas regiones del Mediterráneo y África oriental (Borrego EF, Burgos VN 1986. Univ. Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo). Las condiciones geográficas, relieve y clima de México han favoreci-

do la diversificación de estas plantas y a la fecha se reconocen en el país unas 100 especies (Bravo-Hollis H 1991. UNAM. D. F. Vol. III; Aguilar BG 1998. Biotam. 9:2-3; Prieto GF, Filardo KS, Pérez CE, Beltrán HRI, Román GAD, Méndez MMA 2006. BIOAGRO 18 (3): 163-169).

Las cactáceas son aprovechadas en la alimentación humana así como también para la alimentación animal. El género *Opuntia* sp. es identificado con diferentes nombres comunes: tuna, nopal, tunera, chumbera, opuntia y cactus, entre otros. Sus frutos son conocidos como tunos, tunas, higos pico, higos chumbos, cactus pera, entre otros (López ZE 1977. El Agua, La tierra, Los Hombres de México, Ed. Fondo de Cultura Económica. D.F.). Las cactáceas son muy resistentes a la sequía pero sobre todo, importantes desde el punto de vista económico por su valor comestible. Dentro de los frutos llamados tunas, algunos son ácidos como el joconostle, en el que se ha encontrado un alto contenido de ácido ascórbico. El joconostle no entra en estado de putrefacción tan rápidamente como la tuna dulce y presenta un gran potencial económico debido a sus múltiples usos como verdura, condimento, fruta fresca, dulces cristalizados y forraje. Algunos autores han registrado ciertas propiedades medicinales como hipoglucemiantes, control del colesterol y peso corporal (Scheinvar L 1999. In: Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento de el Nopal. San Luis Potosí: 255-274).

Existe amplia información acerca de las cactáceas (Borrego EF, Burgos VN 1986. Univ. Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo; Bravo-Hollis H 1991. UNAM. D. F. Vol. III; Aguilar BG 1998. Biotam. 9:2-3; Scheinvar L 1999. In: Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento de el Nopal. San Luis Potosí: 255-274), pero poco se conoce de las semillas de sus frutos, en específico de sus características morfológicas, tamaños y distribución de partículas que las conforman. Comparar los resultados de caracterizaciones fisicoquímicas realizadas en trabajos anteriores, con la morfología, tamaño y distribución de partículas de las semillas en cinco especies de *Opuntia* distribuidas en mexicanas y cultivadas en

el estado de Hidalgo, es el objetivo de este trabajo. Las potencialidades para ser reutilizadas, atendiendo a sus valores nutricionales, aportará beneficios adicionales a los productores de estos cultivos y nuevas fuentes de elaboración de alimentos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de semillas en estudio, *Opuntia heliabravoana* Scheinvar, *O. imbricata* Haw, *O. matudae* Scheinvar, *O. joconostle* Haage y *O. ficus indica* Mill, fueron obtenidas mediante extracción de los frutos respectivos, retirando de ellas todo tipo de material o pulpa. Las semillas separadas fueron lavadas y secadas en condiciones atmosféricas en charolas de plástico. Posteriormente, las semillas fueron seleccionadas manualmente para que fueran lo más homogéneas posibles en su estructura física. Aproximadamente, 1 k de semillas fue obtenido por cada especie, del cual se usaron 150 gramos como muestras de semillas de cada una y se sometieron a molienda en un micromolino de laboratorio modelo SPEX 8000D. Después, las semillas fueron separadas por tamaño en un tamiz Tyler para seleccionar la fracción de 200 micras.

Las muestras en polvo se sometieron a la extracción de almidones, según resultados y técnicas propuestas previamente (Prieto GF, Filardo KS, Pérez CE, Beltrán HRI, Román GAD, Méndez MMA 2006. BIOAGRO 18 (3): 163-169) y al análisis de distribución y tamaño de partículas de los gránulos de almidones contenidos en estas especies de *Opuntia*. La separación por suspensión de los almidones se realizó en agua fría y posterior decantación. De esta forma todo material sedimentable constituido por fibras fundamentalmente, fue separado. Posteriormente, la fracción de partículas semicoloidales se separó por centrifugación, y las partículas se resuspendieron en éter etílico antes de centrifugar nuevamente a 1 500 rpm por 30 minutos. Los sólidos sedimentados (almidones no solubles en agua fría ni en éter) se resuspendieron en agua desionizada y se llevaron a un equipo analizador de tamaño de partículas por difracción de rayos láser LS 13-320 Beckman Coulter. La morfología de las partículas y de los gránulos de almidón fue analizada por microscopio

**Tabla 1.** Tamaños promedio de partículas en semillas de *Opuntia* en estudio. La desviación estándar esta anotada entre paréntesis. Los valores de tamaño de las partículas anotados en la tercera columna son porcentajes menores a 0.452  $\mu\text{m}$ .

**Table 1.** Average particle sizes in *Opuntia* seeds under study. The standard deviation is shown in parenthesis. The particle size values in the third column are percentages below 0.452  $\mu\text{m}$ .

Cultivo	Tamaños de partículas ( $\mu\text{m}$ )		Variabilidad de tamaños ( $\mu\text{m}$ )	
<i>Opuntia matudae</i>	45.750 (0.35)	0.092 (0.020)	0.375 (0.090)	786.9 (0.260)
<i>Opuntia imbricata</i>	34.580 (0.26)	1.250 (0.018)	0.044 (0.007)	194.2 (0.147)
<i>Opuntia heliabravoana</i>	23.810 (0.19)	0.540 (0.045)	0.104 (0.010)	863.9 (0.246)
<i>Opuntia joconostle</i>	55.130 (0.38)	0.086 (0.006)	0.412 (0.040)	1 143.0 (0.384)
<i>Opuntia ficus indica</i>	31.500 (0.29)	0.092 (0.009)	0.410 (0.032)	234.0 (0.195)

**Tabla 2.** Porcentajes de carbohidratos (CH), azúcares reductores totales (Az Red), sacarosa (tomado de Prieto *et al.* 2006) y almidones\* (Blanco *et al.* 2000) en semillas de *Opuntia*. La desviación estándar está anotada entre paréntesis.

**Table 2.** Percentages of carbohydrates (CH), total reducing sugars (Az Red), saccharose (data from Prieto *et al.* 2006) and starches\* (Blanco *et al.* 2000) in *Opuntia* seeds. The standard deviation is in parenthesis.

Cultivo	CH	Az Red	Sacarosa	Almidones*
<i>Opuntia matudae</i>	79.51 (0.37)	4.25 (0.08)	0.87 (0.04)	74.39 (0.59)
<i>Opuntia imbricata</i>	82.25 (1.06)	3.52 (0.10)	0.72 (0.02)	78.01 (1.17)
<i>Opuntia heliabravoana</i>	72.97 (0.80)	3.42(0.02)	0.70 (0.02)	68.85 (0.83)
<i>Opuntia joconostle</i>	72.62 (0.76)	5.30 (0.49)	1.08 (0.07)	66.24 (1.32)
<i>Opuntia ficus indica</i>	74.68 (0.56)	4.16 (0.13)	0.85 (0.02)	69.67 (0.71)

pía electrónica de barrido (MEB) en un microscopio Jeol JSM-820, a una distancia de trabajo de 39 mm y con aumento de 2000 x.

Un análisis estadístico descriptivo fue aplicado sobre la base de estimaciones de medias ( $\bar{x}$ ), desviaciones estándar (s) y coeficiente de variación (% CV) a partir de cinco repeticiones por ensayo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tamaño promedio de partículas fue de 37.97  $\mu\text{m}$  en las semillas de las cinco especies evaluadas. Los tamaños promedios de las diferentes especies, variaron entre 23.81 y 55.13  $\mu\text{m}$ . Las variaciones de los tamaños en general para las partículas oscilaron desde 0.044 hasta 1 143.00  $\mu\text{m}$  (Tabla 1). Los valores de tamaños de partículas más pequeños correspondieron a la especie *O. imbricata* (0.044 - 194.2  $\mu\text{m}$ ), en tanto los valores mayores fueron de la especie *O. joconostle* (0.412 - 1 143  $\mu\text{m}$ ). En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de partículas menores de 0.45  $\mu\text{m}$  que mide el propio equipo. En todos los casos los valores del porcentaje del coefi-

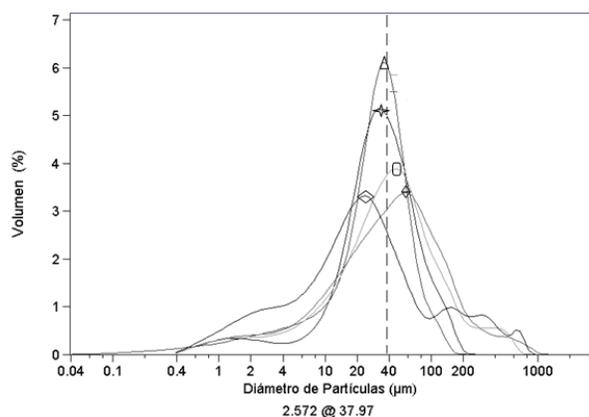
ciente de variación resultaron menores del 10 %.

Las especies *O. imbricata* y *O. ficus indica* se pueden comparar entre ellas, ya que presentaron los valores más pequeños de tamaños de partículas y a su vez presentaron los menores intervalos de variabilidad en su tamaño. Los tamaños promedios que presentaron fueron similares y estuvieron en el intervalo entre 31.50 y 34.58  $\mu\text{m}$ . En una segunda aproximación tendría lugar la especie *O. matudae* (45.750  $\mu\text{m}$ ).

Las evaluaciones previas de caracterización físico-químicas (Prieto GF, Filardo KS, Pérez CE, Beltrán HRI, Román GAD, Méndez MMA 2006. BIO-AGRO 18 (3): 163-169) coinciden con los contenidos más elevados de carbohidratos ( $\geq 75\%$ ) y de almidones ( $\geq 70\%$ ) corresponden a las especies *O. imbricata*, *O. ficus indica* y *O. matudae* (Tabla 2). Los hidratos de carbono son el mayor constituyente de los granos o semillas. En los granos de cereales se ha registrado una variación de 70 a 85 % de hidratos de carbono (Dendy DAV, Dobraszczyk BJ 2004. Cereales y productos derivados. Química y tecnología. Ed. Acribia. Zaragoza) y mayor cantidad de

carbohidratos ha implicado una mayor cantidad de almidón (Blanco MA, Montero MA, Fernández M 2000. Arch Latinoam Nutr. 50: 62-74).

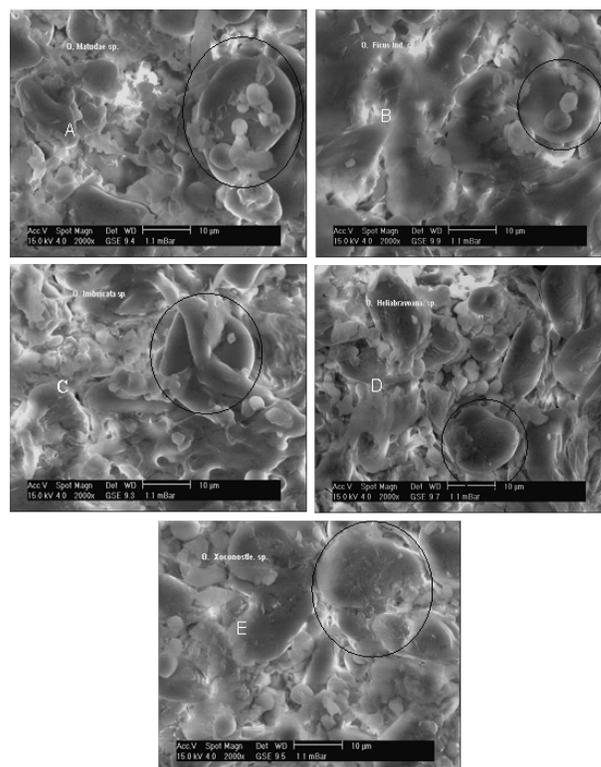
Sin embargo, *O. matudae* presentó una amplia variabilidad de tamaños de partículas mayores de 200  $\mu\text{m}$ , al igual que las especies *O. joconostle* y *O. heliabravoana* (Figura 1). Esto permitió separar estas tres especies de las dos restantes (*O. ficus indica* y *O. imbricata*). Estas partículas de tamaños mayores a 200  $\mu\text{m}$ , fundamentalmente en la especie *O. heliabravoana*, pueden deberse a aglomerados de gránulos de almidones que se encuentran dentro de una matriz proteica.



**Figura 1.** Porcentaje relativo por volumen de partícula en las especies de semillas en estudio a diferentes tamaños de partículas (diámetros en  $\mu\text{m}$ ) y su distribución ( $\dagger$  *O. ficus indica*;  $\diamond$  *O. heliabravoana*;  $\triangle$  *O. imbricata*;  $\square$  *O. matudae*;  $\circ$  *O. joconostle*).  
**Figure 1.** Relative percentage per particle volume in the species of seeds under study at different particle sizes (diameters in  $\mu\text{m}$ ) and its distribution ( $\dagger$  *O. ficus indica*;  $\diamond$  *O. heliabravoana*;  $\triangle$  *O. imbricata*;  $\square$  *O. matudae*;  $\circ$  *O. joconostle*).

Las partículas fueron semiesféricas y lenticulares (Figura 2), variaron entre 24 y 55  $\mu\text{m}$  (encerradas en círculos) y resultaron similares, tanto en su morfología como en tamaño, con los gránulos de almidón contenidos en granos de cereales como el trigo, el arroz y el maíz (Prieto J, Méndez MA, Román AD, Prieto F 2005. Rev. Chil. Nutr. 32(1): 48-59). Las partículas observadas de menor tamaño (<10  $\mu\text{m}$ ), de forma casi esférica y más blancas fueron agregados de proteínas. Estos mismos autores (Prieto J, Méndez MA, Román AD, Prieto F 2005.

Rev. Chil. Nutr. 32(1): 48-59) coincidieron con la observación de agregados de partículas de tamaños cercanos a las 150 - 250  $\mu\text{m}$ , explicados como agregados de los gránulos de almidones.



**Figura 2.** Morfología de las partículas en semillas de *Opuntia*: a) *O. matudae*, b) *O. ficus indica*, c) *O. imbricata*, d) *O. heliabravoana* y e) *O. joconostle*. Los gránulos de almidón se muestran encerrados en círculos.

**Figure 2.** Particle morphology in *Opuntia* seeds: a) *O. matudae*, b) *O. ficus indica*, c) *O. imbricata*, d) *O. heliabravoana*, and e) *O. joconostle*. The starch grains are shown in circles.

Se concluye que de las partículas evaluadas, por sus apariencias físicas, resultan ser de tamaños similares a las de los gránulos de almidón y semejantes en tamaños a la de los gránulos de almidones del trigo. Resultan ser mayoritarias con respecto a otras partículas presentes, como proteínas. Por sus altos contenidos en carbohidratos y en particular de almidones, se sugiere que pueden tener algún valor nutrimental que permita la elaboración de algunos productos alimenticios.