

DISTRIBUCIÓN Y DENSIDAD DE CRISTALES DE OXALATO DE CALCIO EN CLADODIOS DE *Opuntia streptacantha* LEMAIRE, EN FUNCIÓN DE SU PESO

Palacios Fonseca AJ^{a,*}, De Lira García C^b, Del Real A^c, Rodríguez García M E^c

a Universidad de Colima, Facultad de Medicina, Licenciatura en Nutrición, Av Universidad # 333, Colonia las Viboras, CP 28040, Colima, Colima, México.

b Universidad Autónoma de Baja California. Escuela de Enología y Gastronomía, Km 103 Carretera Tijuana-Ensenada, Baja California, México.

c Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Departamento de nanotecnología, Campus Juriquilla, CP 76230, Querétaro, México.

* alin_palacios@ucol.mx

RESUMEN:

Las cactáceas del género *Opuntia* (Nopal), tienen alto contenido de fibra y minerales. El calcio es el principal constituyente mineral, que se encuentra principalmente en forma de cristales de oxalato de calcio (CaC_2O_4 , drusas) lo que limita la biodisponibilidad de calcio presente en el nopal. Conocer el contenido y distribución de oxalato de calcio en razón de su crecimiento del cladodio constituyó el objetivo de este trabajo. En los resultados se encontró que los cristales de oxalato de calcio se presentan en la base del nopal y suben a la periferia del nopal conforme al crecimiento. Se concluye que el nopal 200g es el más apropiado para consumo humano, al presentar el mayor contenido de cristales en la periferia de este cladodio se puede disminuir su contenido al eliminar el 10 % de la periferia del nopal con las espinas.

ABSTRACT:

The Cactaceae of *Opuntia* genus (nopal) have higher fiber and minerals content. The calcium as main mineral are found in form of calcium oxalate crystals (CaC_2O_4 , druses), so, the amount of available calcium may be less. The objective of the present study was evaluated the distribution of oxalates and content of cladode as a function of the maturation, as well as, determination the free calcium in dry vacuum Nopal powders. The results showed that the distribution of calcium oxalate crystals changes as a function of the maturation. These results suggest that nopal (200 g of weight) may be part of the human diet. Besides, the most crystals have been observed in the outermost layer of cladode, and to eliminate from the outermost 10% layer with the thorns, decrease its oxalate content of nopal.

Palabras clave: Nopal, Oxalatos, drusas.

Área: Frutas y Hortalizas; Microbiología y biotecnología; Nutrición y nutraceuticos;

INTRODUCCIÓN

En México hay una tradición en el cultivo y la utilización de nopal (genero *Opuntia*); es considerado fuente de alimento en muchas partes del mundo. En la última década se ha incrementado el interés por el nopal, al realizar investigaciones acerca de los beneficios y utilidades de esta cactácea; prácticamente con fines medicinales.

Frati et al. (1988; 1989) ha mostrado algunas aplicaciones terapéuticas, principalmente para prevenir o controlar enfermedades crónicas degenerativas.

Actualmente, las propiedades benéficas que posee el nopal no están claramente definidas y en algunos casos existe la dificultad para reproducir resultados obtenidos por otro grupo de investigadores. Lo anterior puede ser debido a que en la mayoría de los casos no se controlan las características fisicoquímicas y/o nutrimentales del nopal y dichas características pudieran estar cambiando en función del estado fenológico o la especie del cladodio. Es bien sabido que el nopal contiene cantidades importantes de minerales entre ellos calcio, encontrándose en forma de cristales de oxalato de calcio o en forma libre. Rodríguez et al., 2007 reportan que el contenido de calcio cambia en función de la madurez del cladodio, al mismo tiempo que el cristal de oxalato de calcio incremento su tamaño en forma lineal en función de su maduración. Otros trabajos como el de Kostman et al., (2001) han demostrado que a altos niveles de calcio el ácido oxálico es sintetizado en plantas que son capaces de acumular oxalato de calcio, como es el caso de los opuntias. Asimismo, McConn and Nakata (2004) reportan que la baja disponibilidad de calcio en el nopal está relacionada con la formación de sales de ácido oxálico. Sin embargo, aún no se tiene claro la función del oxalato de calcio en la planta, pero sea relacionado con la regulación y transporte de calcio en la planta (Jáuregui-Zuñiga and Moreno Cárcamo, 2004).

Actualmente, en el mercado encontramos diversos productos de nopal, principalmente cápsulas y pastillas elaboradas a partir de harina de nopal. En la presente investigación, se estudia la distribución y contenido de drusas de oxalato de calcio en el cladodio de nopal (número de cristales por cm²).

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal (nopal *Opuntia*) colectado para esta investigación fue sembrado en la comunidad de cerritos, Tequisquiapan, Qro. en parcelas de 3x2 m controlando sus condiciones de humedad. El monitoreo del crecimiento de las pencas de nopal se hizo durante un periodo de 2 meses, para determinar su peso equivalente a días de crecimiento. Se seleccionaron cinco diferentes pesos (60, 80, 100, 150 y 200 g) como determinante de maduración de los cladodios. Estos fueron recolectados en el mes de noviembre (otoño) del 2012 a las 6:00 pm y obtenidos de la misma parcela como forma de corroborar que toda la muestra obtenida no fuera a tener errores en los análisis de resultados en cuanto a minerales por la alteración que puede haber en suelo. Después de la clasificación de peso del nopal OSL (*Opuntia Streptacantha* Lemaire) mediante una báscula (Tor Rey) se realizó la medición del largo, ancho y grosor de 30 nopales en sus 5 etapas diferentes de maduración con un micrómetro digital Mitotoyo excluyendo cualquier nopal con algún daño físico.

Densidad de oxalato de calcio en el cladodio

Mediante la técnica de Microscopia electrónica de barrido (SEM) utilizando el sistema Spectrometer Genessi 2PC, modelo 316603, se observó la distribución y densidad del oxalato de calcio por cm² presente en 10 cladodios de nopal en la parte superior, central, lateral e inferior, en cinco capas delgadas de cada sección previamente deshidratada en un horno al vacío.

Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico ORIGIN en la versión 8.5, para analizar los resultados; sometidos a un análisis de varianza de una sola vía. Se realizó de varianza y comparación de medias utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95% ($p=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El nopal o nopalito como es conocido, actualmente se comercializa principalmente como suplemento o medicamento, que como alimento. Sin embargo son pocos los estudios que consideran las características dimensionales del alimento, así como sus diferentes etapas de desarrollo. Los resultados del análisis dimensional de los cladodios en las diferentes etapas de crecimiento que incluye: peso, longitud, ancho y grosor (Tabla 1).

Tabla 1. Características físicas de los cladodios

Nopal (g)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	GROSOR (mm)
60	8.335 +0.61	13.19+ 1.08	7.6 + 0.72
80	9.55 + 0.62	15.05 + 0.70	7.81+ 0.69
100	10.52 + 0.71	16.28 + 1.14	8.3+ 0.95
150	12.05 + 0.80	19.60 + 1.45	8.93 + 0.56
200	11.18 + 0.66	20.79 + 1.70	8.92+ 0.81

El

peso

sugiere su fisiología y tamaño de la variedad del nopal. Por otro lado, se puede notar que el crecimiento del cladodio es de manera lineal hasta el momento de llegar a un peso de 150 g aproximadamente, ya que al alcanzar los 200 g observamos un estancamiento en el desarrollo de las dimensiones de ancho y largo de la muestra, lo que podemos decir es que su crecimiento comienza a establecerse en el grosor del nopal. Estos parámetros fueron considerados por Villarreal y col. 1963, en donde se reportaron algunas características físicas (peso, largo y ancho) en seis especies de nopales (*Opuntia*), sin embargo ellos no consideran el parámetro de grosor. Estos autores, muestran que la variedad OSL tiene un peso promedio de 581 g, un largo de 22 cm y ancho 18.5 cm; estos resultados coinciden en que al incrementar su peso después de 200g, los parámetros de largo y ancho no tienen diferencias significativas. Existe otro trabajo que reportan el largo y ancho pero no el peso en nopal (*Opuntia* y *Nopalea*). Sin embargo se puede apreciar que el estudio se realizó en nopal de más de 200 g.

En la Figura 1 se puede apreciar el nopal ó cladodio con sus componentes estructurales. Con la finalidad de conocer la ubicación de los cristales de oxalato de calcio en el nopal, se realizó un análisis microscópico en la cutícula en la parte externa; en las cuales no se encontraron cristales (Figura 2a). En la primera capa más externa de la cutícula se encontraron cantidades despreciables de cristales de oxalato de calcio como se puede observar en la Figura 2b; esto fue observado en todos los estadios de desarrollo. Finalmente se examinó la parte central de del nopal encontrando la mayor presencia de cristales de oxalato de calcio (Figura 2c), estos varían de manera significativa en todos los grados de maduración. El oxalato de calcio se forma en el interior de la vacuola y se encuentra en un solo cristal, la Figura 2d, muestra un cristal de oxalato de calcio en un cladodio de 200g.

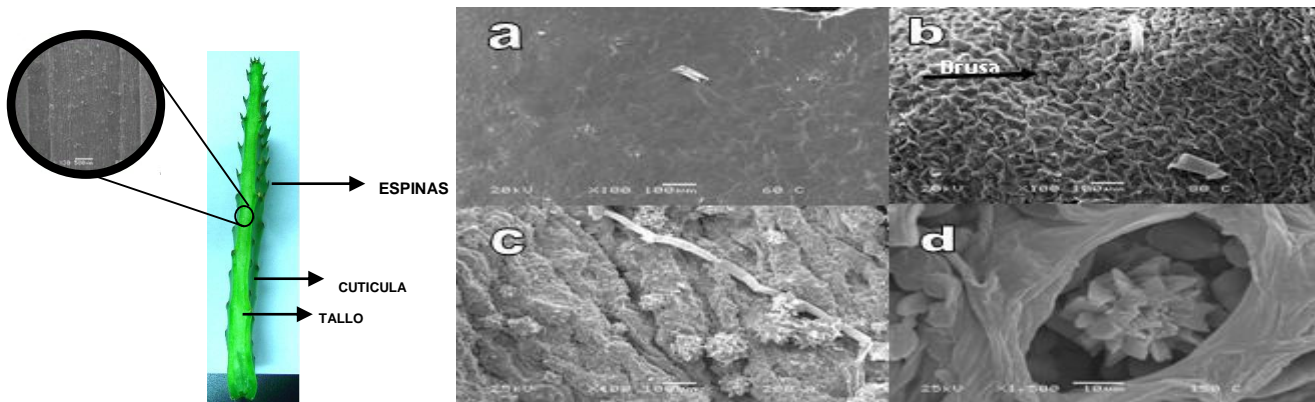


Figura 1. Componentes estructurales del Cladodio (Izquierda); 2. Estructuras internas del cladodio (Derecha).

La densidad de drusas (número de cristales por cm^2) en el cladodio se muestra en la Figura 3, se puede apreciar que la distribución de cristales (drusas) en el nopal 100 tiene una distribución casi uniforme en toda la hoja, mientras que en el nopal 200 los cristales se encuentran principalmente en la parte superior y lateral. Esto no es al azar, sino se distribuyen en lugares concretos en la planta, donde dará continuidad otra hoja de nopal o fruto.

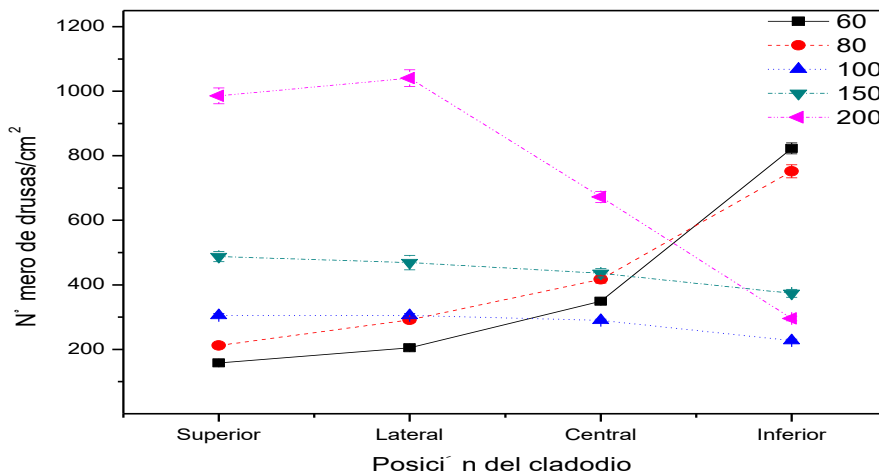


Figura 3. Distribución de la densidad de drusas en el cladodio de acuerdo a su peso.

Considerando que el nopal 200g, presenta mejores características nutrimentales debido a su contenido de cristales de oxalato de calcio es menor. El consumo de

nopal en México se basa principalmente en el nopal tierno que está alrededor de los 100g, por lo que se puede recomendar el consumo de nopal pero con el peso sugerido. Al ser la osteoporosis una enfermedad que afecta a millones de personas en todo el mundo, el consumo de nopal podría considerarse como co-ayudante para disminuir la incidencia de esta enfermedad y aumentar la densidad ósea. El oxalato de calcio ya no sería una limitante para el consumo de nopal, considerando la eliminación del 10% de la parte superior y lateral de la hoja de nopal, esto se puede hacer durante la eliminación de las espinas para consumo humano.

CONCLUSIÓN

Las características fisicoquímicas y nutrimentales del nopal, dependen del periodo de madurez. Además de variar de las diversas variedades y de la temporada de cosecha. De acuerdo a los resultados el nopal puede ser una alternativa como fuente de calcio para incluirse en la dieta, tomando en cuenta su etapa de madures (peso).

BIBLIOGRAFÍA

- Frati-Munari A, Gordillo B, Altamirano P, Araiza C. 1988. Hypoglycemic effect of *Opuntia streptacantha* Lemaire in NIDDM. *Diabetes Care* 11: 63–69.
- Frati-Munari A, Altamirano-Bustamante B, Rodríguez-Barcenas N, Ariza-Andraca R, Lopez-
- Jáuregui-Zúñiga D, Moreno-Cárcamo A. 2004. La biomineralización del oxalato de calcio en plantas: Retos y potencial. *REB* 23 (1): 18-23.
- Kostman T, Tarlyn N, Loewus F, Franceschi V. 2001. Biosynthesis of L-ascorbic acid and conversion of carbons 1 and 2 of L-ascorbic acid to oxalic acid occurs within individual calcium oxalate crystal idioblasts. *Plant Physiol* 125: 634-640.
- McConn M, Nakata P. 2004. Oxalates reduce calcium availability in the pads of the prickly pear cactus through formation of calcium oxalates. *J Agric Food Chem* 52: 1371–1374.
- Rodríguez M, De Lira C, Hernández-Becerra E, Cornejo-Villegas M, Palacios-Fonseca A, Rojas-Molina I, Reynoso R, Quintero L, Del-Real A, Zepeda T, Muñoz-Torres C. 2007. Physicochemical characterization of nopal pads (*Opuntia ficus indica*) and dry vacuum nopal powders as a function of the maturation. *Plant Foods Hum Nutr* 62: 107-112.