

DETERMINACIÓN DE LOS CAMBIOS ORIGINADOS POR LOS PROCESOS DE ASADO Y FREÍDO DEL NOPAL VERDURA (*Opuntia ficus-indica*) SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE CAROTENOIDES, FENOLES TOTALES Y LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Hernández-Castillo JBE, Bernardino-Nicanor A, Juárez-Goiz JMS, González-Cruz L*. Instituto Tecnológico de Celaya, Departamento de Ingeniería Bioquímica, Av. Tecnológico s/n y A. García Cubas, Col. Alfredo V. Bonfil, 38010, Celaya, Guanajuato, México.
[*lgonzalezcruz@yahoo.com](mailto:lgonzalezcruz@yahoo.com).

RESUMEN:

El nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) forma parte básica en la dieta de los mexicanos. En su composición química se encuentran carotenoides, fenoles y vitamina C que le confieren actividad antioxidante, la cual, puede ser afectada por tratamientos térmicos. Considerando que asado y frito son dos formas de consumo de nopal, es necesario evaluar los cambios en la concentración de estos compuestos y en la actividad antioxidante. Para determinar estos cambios, el nopal fue sometido a asado y freído, utilizando tres temperaturas (75, 100 y 125° C), considerando tiempos de tratamiento de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos, tomando nopal fresco como control. Los resultados indican que el nopal asado presenta un incremento de 6.1 % en la actividad antioxidante con relación al nopal en fresco; contrario a las muestras fritas, con un decremento promedio de 1.9 %. La concentración de fenoles totales mostró el mismo comportamiento, incrementando 302.7 µg/g en el nopal asado y disminuyendo 326.8 µg/g en el nopal frito, con respecto al control. Estos resultados sugieren que los cambios originados en la matriz del nopal, posterior al asado, incrementan la liberación de compuestos antioxidantes; contrario al nopal frito, en el que la presencia del aceite facilita la solubilización de algunos compuestos antioxidantes.

ABSTRACT:

Nopal (*Opuntia ficus-indica*) is a basic part of the Mexican diet. In its chemical composition are carotenoids, phenols and vitamin C that confer antioxidant activity, which, can be affected by thermal treatment. Considering that roasting and frying are two ways of consuming nopal, it is necessary to evaluate changes in the concentration of these compounds and antioxidant activity. To determine these changes, nopal was subjected to roasting and frying, using three temperatures (75, 100 y 125° C), considering treatment times of 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutes, taking fresh nopal as a control. The results indicate that roasted nopal presents a 6.1 % increase in antioxidant activity relative to fresh nopal; contrary to fried samples, with an average decrease of 1.9 %. The concentration of total phenols showed the same behavior, increasing 302.7 µg/g in the roasted nopal and decreasing 326.8 µg/g in fried nopal, with respect to control. These results suggest that changes caused in the matrix of nopal, after roasting, increase the release of antioxidant compounds; contrary to fried nopal, in which the presence of the oil facilitates the solubilization of some antioxidant compounds.

Palabras clave: Nopal, actividad antioxidante, nutracéutico.

Área: Nutrición y nutracéuticos.

INTRODUCCIÓN

El nopal es una cactácea importante social y económicamente en México. Forma parte de nuestra identidad como mexicanos, encontrándose como un símbolo fundamental en la historia de la fundación de México y estando presente en símbolos patrios. En nuestro País ha sido utilizado desde la época prehispánica como alimento y con fines medicinales. Es importante económicamente ya que México cuenta con la mayor superficie destinada para su producción, con un total de 3,227,500 ha. El nopal verdura en la actualidad, es un alimento básico en la dieta de los mexicanos; su consumo per cápita es de 10-17 g/día. Pertenece al género *Opuntia* y a la especie *ficus-indica*; México cuenta con el 98 % del total de la superficie destinada para su producción. En su composición química se encuentran fenoles, vitamina C y carotenoides, estos compuestos presentan propiedades nutraceuticas debido a su actividad antioxidante, la cual proporciona beneficios a la salud, permitiendo la prevención y tratamiento de algunas enfermedades (Kaur *et al.*, 2012; Majure *et al.*, 2012; Bensadón *et al.*, 2010; Hernández-Cruz y Paredes-López, 2010; Scheinvar *et al.*, 2009). Dos formas comunes de consumo del cladodio de nopal verdura son asado y frito. Los tratamientos térmicos producen cambios en la matriz del alimento, por lo que se espera variación en la concentración de los carotenoides, fenoles totales y por lo tanto, en la actividad antioxidante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

Se utilizaron cladodios jóvenes de nopal verdura, recolectados manualmente en el municipio de Otumba, Estado de México. Se seleccionaron de acuerdo a su tamaño (longitud aproximada de 20 cm). Se almacenaron en bolsas de polietileno en lotes de aproximadamente 1.2 Kg a 4° C por no más de una semana hasta su utilización.

Determinación de la pérdida de peso por efecto del tratamiento térmico

Se tomaron nopales aleatoriamente, fueron pesados, sometidos al proceso de asado, se pesaron por segunda vez y por diferencia se determinó el tamaño de la muestra a utilizar. Por otra parte, se tomaron nopales aleatoriamente, fueron cortados en cubos de aproximadamente 1 cm de lado; 10 g de nopales troceados fueron sometidos a un pre-tratamiento con agua, se secaron, fueron sometidos al proceso de freído, se secaron nuevamente y pesaron por segunda vez para determinar el tamaño.

Tratamientos térmicos

Para el tratamiento térmico de asado, los nopales fueron colocados directamente sobre una placa de calentamiento previamente acondicionada a cada una de las temperaturas establecidas (75, 100 y 125° C), durante los diferentes tiempos del tratamiento (5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos), manteniendo las muestras en constante movimiento. Para las muestras fritas se realizó un pre-tratamiento térmico con agua (95° C durante 20 min), las muestras se secaron y fueron sometidas al proceso de freído, para lo cual, 333.3 mL de aceite vegetal de girasol fueron colocados en un recipiente de acero inoxidable y puestos a fuego directo hasta alcanzar la

temperatura de cada uno de los tratamientos (75, 100 y 125° C) manejando tiempos de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 min.

Determinación de actividad antioxidante

Se utilizó la técnica de DPPH. El nopal se maceró con Celite, adicionando 45 mL de metanol al 80 % v/v; la mezcla se filtró utilizando vacío, el residuo se re-extrajo dos veces. El filtrado se centrifugó a 4,000 rpm durante 20 minutos. Se tomaron 0.1 mL del sobrenadante y fueron agregados a un tubo que contenía 2.9 mL de DPPH 0.1 mM. La mezcla se dejó reaccionar en la oscuridad a temperatura ambiente durante 30 minutos. Fue medida la absorbancia a 515 nm del DPPH (ABScontrol), así como la absorbancia del DPPH en reacción con el extracto (ABSmuestra). La actividad antioxidante se calculó como el porcentaje de inhibición con relación al control, utilizando la siguiente fórmula (Modificado: Hyun-II *et al.*, 2013): Actividad antioxidante (%) = $((\text{ABScontrol} - \text{ABSmuestra}) / \text{ABScontrol}) * 100$.

Contenido de fenoles totales

Fue utilizado el método de Folin-Ciocalteu. El nopal se maceró con Celite, adicionando 45 mL de etanol al 10 % v/v; la mezcla se filtró utilizando vacío, el residuo se re-extrajo dos veces. El filtrado se centrifugó a 4,000 rpm durante 20 minutos. Se mezclaron 1580 µL del extracto y 100 µL del reactivo Folin-Ciocalteu, la mezcla se dejó reaccionar durante 8 minutos. Se añadieron 300 µL de carbonato de sodio al 20 % p/v. La mezcla se dejó reaccionar durante 15 minutos a 50° C, posteriormente se determinó la absorbancia a 765 nm (ABSmuestra). Se elaboró una curva patrón de ácido gálico; la ecuación obtenida de esta curva es la siguiente (Modificado Cardor-Martínez *et al.*, 2011; Cardoso-Silva *et al.*, 2010): Fenoles totales (mg/mL) = $(\text{ABSmuestra} - 0.0068) / 82.331$.

Análisis de datos

Se realizó ANOVA en un diseño experimental de dos factores en completamente al azar y comparación entre medias por el método de Tukey, utilizando un $\alpha = 0.05$, con el paquete estadístico SAS 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la pérdida de peso por efecto del tratamiento térmico

La disminución de peso promedio para los nopales asados y fritos fue de 58.2 y 59.9 % respectivamente. La pérdida de peso en ambos casos aumentó conforme incrementó la temperatura del tratamiento. El nopal contiene fibra dietaria insoluble y mucílago, estos componentes interactúan formando una red que tiene la capacidad de retener agua y formar un gel, aumentando la viscosidad en el alimento. En el nopal frito, la pérdida de peso fue mayor, pudiendo atribuirse al tratamiento previo con agua, el cual, afectó las propiedades de la fibra dietaria y permitió la solubilización del mucílago. La viscosidad disminuyó y el grado de retención de agua fue menor. El uso de altas temperaturas provocó que las

muestras se deshidrataran; en los espacios que dejó el agua fue absorbido el aceite. Las muestras asadas no tuvieron un tratamiento con agua, por lo que, la pérdida de mucílago fue menor y la viscosidad disminuyó en menor grado, generando una menor pérdida de peso (Ramírez-Moreno *et al.*, 2013; Badui-Dergal, 2006).

Determinación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante del nopal fresco fue de 10.7 ± 0.8 % (Figura 1). En promedio, para los nopales asados fue de 16.8 %, mayor en 6.1 % con respecto al control. La actividad antioxidante aumentó al incrementar la temperatura; los nopales asados a 75, 100 y 125° C tuvieron mayor actividad con respecto al control en 1.9, 8.0 y 10.67 % respectivamente. La misma tendencia se presentó respecto al tiempo. La mayor actividad antioxidante se obtuvo en el nopal asado a 125° C durante 30 min (29.9 ± 1.8 %); la menor actividad antioxidante se obtuvo en el nopal asado a 75° C durante 5 min (10.3 ± 0.6 %). Los carotenoides son los principales compuestos responsables de la actividad antioxidante del nopal. En asado, por efecto de la temperatura, la matriz del alimento se rompió, provocando la desnaturalización de los complejos proteína-carotenoide, los pigmentos quedaron expuestos, facilitando la penetración del disolvente, facilitando la extracción. El aumento en la viscosidad tuvo efecto positivo en la retención de carotenoides. En los nopales fritos, la actividad antioxidante promedio fue de 8.8 %, menor en 1.9 % con respecto al control. La actividad aumentó al incrementar la temperatura del tratamiento; los nopales fritos a 75, 100 y 125° C tuvieron menor actividad antioxidante con respecto al control en 4.8, 4.0 y 2.7 % respectivamente. La misma tendencia se presentó respecto al tiempo hasta llegar a los 20 minutos, disminuyendo para los 25 y 30 min. La mayor actividad antioxidante se registró en el nopal frito a 125° C durante 20 min (17.4 ± 0.3 %); la menor actividad se obtuvo en el nopal frito a 75° C durante 5 min (2.4 ± 0.2 %). Por efecto del pre-tratamiento, la viscosidad disminuyó, por lo que el grado de retención de carotenoides fue menor. Los carotenoides fueron solubilizados en el aceite (Mohd *et al.*, 2013; Ramírez-Moreno *et al.*, 2013; Azizah *et al.*, 2009; Badui-Dergal, 2006; Jaramillo-Flores *et al.*, 2003).

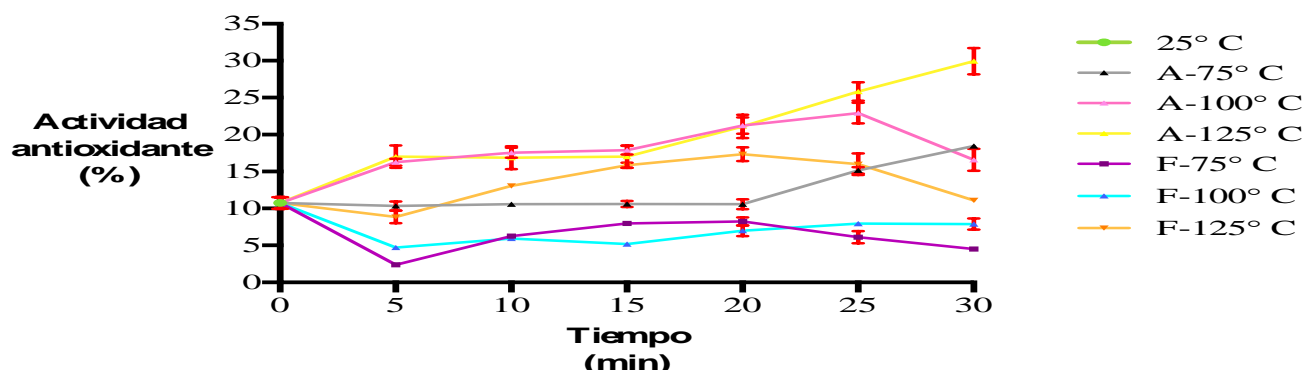


Figura 1. Actividad antioxidante en nopal fresco (25° C), asado (A) y frito (F).

Determinación de fenoles totales

La concentración de fenoles totales en el nopal fresco fue de $574.6 \pm 44.8 \mu\text{g/g}$. La concentración promedio en los nopales asados fue de $877.3 \mu\text{g/g}$, mayor en $302.7 \mu\text{g/g}$ con respecto al control (Figura 2). La concentración disminuyó al aumentar la temperatura del tratamiento; los nopales asados a 75 , 100 y 125°C tuvieron mayor concentración con respecto al control en 403.0 , 308.4 y $196.6 \mu\text{g/g}$ respectivamente. Con respecto al tiempo, la concentración aumentó de los 5 a los 30 min. La mayor concentración de fenoles totales se obtuvo en el nopal asado a 75°C durante 20 min ($1650.1 \pm 24.6 \mu\text{g/g}$), mientras que la menor concentración fue registrada en el nopal asado a 125°C durante el mismo tiempo ($407.4 \pm 35.6 \mu\text{g/g}$). El aumento en la concentración de fenoles totales puede atribuirse a la presencia de carotenoides solubles, tocoferoles, ácido ascórbico y tioles celulares (glutatió y otros) en el extracto. La concentración promedio de fenoles totales en los nopales fritos fue de $247.8 \mu\text{g/g}$, menor en $326.8 \mu\text{g/g}$ con respecto al control. La concentración de fenoles totales disminuyó al aumentar la temperatura del tratamiento; los nopales fritos a 75 , 100 y 125°C tuvieron menor concentración con respecto al control en 344.8 , 271.6 y $359.6 \mu\text{g/g}$ respectivamente. La concentración de fenoles totales aumentó de los 5 a los 30 min. La mayor concentración se obtuvo en el nopal frito a 100°C durante 30 minutos ($360.3 \pm 23.0 \mu\text{g/g}$), mientras que la menor concentración fue registrada en el nopal asado a 75°C durante 10 minutos ($151.3 \pm 15.4 \mu\text{g/g}$). Los fenoles son compuestos hidrosolubles, por lo tanto, al tener un tratamiento previo al con agua se solubilizaron, disminuyendo su concentración. La pérdida de fenoles totales atribuida a los proceso térmicos de asado y freído produjo disminución de la actividad antioxidante, sin embargo, se ha reportado que los principales compuestos responsables de esta actividad son los carotenoides, por lo que se realizara su cuantificación (Ramírez-Moreno *et al.*, 2012; Dudonné *et al.*, 2009; Jaramillo-Flores *et al.*, 2003).

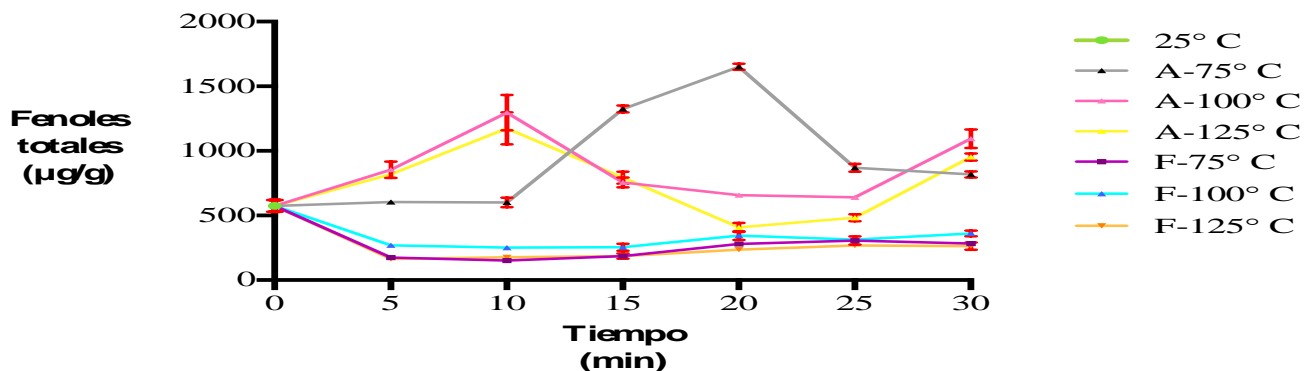


Figura 2. Concentración de fenoles totales en nopal fresco (25°C), asado (A) y frito (F).

BIBLIOGRAFÍA

- Azizah H, Week C, Azizah O, Azizah M. 2009. Effect of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids and radical scavenging activity of pumpkin (*Cucurbita moschato*). International Food Research Journal. 16: 45-51.
- Badui-Dergal S. 2006. Química de los alimentos. Pearson educación. México. Pp.281-282.

- Bensadón S, Hervert-Hernández D, Sáyago-Ayerdi, Goñi I. 2010. By-products of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber. *Plant Food for Human Nutrition*. 65(3): 210-216.
- Cardor-Martínez A, Jiménez-Martínez C, Sandoval G. 2011. Revalorization of cactus pear (*Opuntia spp.*) como uma fonte de antioxidantes. *Ciência e Tecnologia de alimentos*. 31(3): 782-788.
- Cardoso-Silva M, Silva-Costa R, Dos Santos-Santana A, Bello-Koblitz M. 2010. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity in plant products. *Ciências Agrárias, Londrina*. 31(3): 669-682.
- Dudonné S, Vitrac X, Coutiere P, Woillz M, Merillon J. 2009. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD and ORAC assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57(5): 1768-1774.
- Hernández-Cruz A, Paredes-López O. 2010. Enhancement of economical value of nopal and its fruits through biotechnology. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 12: 110-116.
- Hernández-Cruz A, Paredes-López O. 2010. Enhancement of economical value of nopal and its fruits through biotechnology. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 12: 110-116.
- Hyun-Il J, Mi-Na C, Eun-In Y, Dong-Geun C, Ypung-Soo K. 2013. Physicochemical properties and antioxidant activity of Korean cactus (*Opuntia humifusa*) cladodes. *Horticultural Environment Biotechnology*. 54(3):288-295.
- Jaramillo-Flores M, González-Cruz L, Cornejo-Mazón M, Dorantes-Álvarez M, Gutiérrez-López G, Hernández-Sánchez H. 2003. Effect of thermal treatment on the antioxidant activity and content of carotenoids and phenolic compounds of cactus pear cladodes (*Opuntia ficus-indica*). *Food Science and Technology International*. 9(4): 0271-8.ç
- Kaur M, Kaur A, Sharma R. 2012. Pharmacological actions of *Opuntia ficus-indica*: A Review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 02(07): 15-18.
- Majure L, Puente R, Patrick-Griffith M, Judd S, Soltis M, Soltis D. 2012. Phylogeny of *Opuntia s.s. (Cactaceae)*: clade delineation, geographic origins, and reticulate evolution. *American Journal of Botany*. 99(5): 847-864.
- Mohd-Azman A, Jailani S, Mashitha-Mohd Y, Ibrahim-Abu B, Mohd-Rizal M. 2010. Effect of temperature and time to the antioxidant activity in *Plecranthus amboinicus Lour.* *American Journal of Applied Sciences*. 7(9): 1195-1199.
- Ramírez-Moreno E, Córdoba-Díaz D, Sánchez-Mata M, Díez-Marqués C, Goñi I. 2013. Effect of boiling on nutritional, antioxidant and physicochemical characteristics in cladodes (*Opuntia ficus indica*). *LWT-Food Science and Technology*. 51: 296-302.
- Scheinvar L, Filardo-Kerstupp S, Olalde-Parra G, Zavaleta-Beckler P. 2009. Diez especies mexicanas productoras de xoconostles: *Opuntia spp.* y *Cylindropuntia imbricata (Cactaceae)*. Primera edición. México, D.F. Pp. 17 y 24.