

## CARACTERIZACIÓN DE EXTRACTOS ACUOSOS A PARTIR DE CÁSCARA DE PITAYA (*STENOCEREUS SP.*) Y TUNA (*OPUNTÍA FICUS INDICA*)

CHARACTERIZATION OF AQUEOUS EXTRACTS FROM PITAYA (*STENOCEREUS SP.*) AND PRICKLY PEAR (*OPUNTÍA FICUS INDICA*)

LUISALDO SANDATE-FLORES<sup>1</sup>

JORGE A. SANTIAGO-URBINA<sup>2</sup>

ROBERTO PARRA-SALDÍVAR<sup>3</sup>

ALBERTO GARCÍA-UROSTEGUI<sup>4</sup>

SUGEY R. SINAGAWA-GARCIA<sup>1</sup>

1. Facultad de Agronomía,  
UANL.

2. Universidad Tecnológica de  
los Valles Centrales de Oaxaca.

3. School of Engineering and  
Sciences, ITESM.

4. Instituto Tecnológico de  
Ciudad Altamirano.

### RESUMEN

La pitaya (*Stenocereus sp*) y la tuna (*Opuntia ficus-indica*) son consideradas alimentos funcionales, sin embargo, existen pocos estudios sobre las propiedades nutraceuticas en las cáscaras de estas frutas. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las propiedades nutraceuticas de las cáscaras de tuna y pitaya. Las cáscaras de ambos frutos fueron secadas a 60°C (48 h) y 70°C (18 h), luego, se molieron para obtener una harina, a partir de la cual se realizaron soluciones para determinar la capacidad antioxidante (ABTS y DPPH), compuestos fenólicos totales, betalainas y carbohidratos totales. La capacidad antioxidante más alta fue presentada por la harina de cáscara de tuna, alcanzando  $3,137.22 \pm 113.45 \mu\text{M}$  de Trolox equivalente (TE) a 70°C por el método ABTS. De manera similar, las concentraciones de betaxantinas ( $9.21 \pm 0.22 \text{ mg/L}$ ), betacianinas ( $8.397 \pm 0.11 \text{ mg/L}$ ) y azúcares totales ( $31,676.99 \pm 530.97 \mu\text{g/mL}$ ) fueron mayores en los extractos de cáscara de tuna secadas a 70°C. La concentración de compuestos fenólicos totales ( $14024 \pm 1228.5 \text{ mg/mL}$ ) también fue mayor en los extractos de cáscara de tuna seca a 60°C. Los resultados obtenidos muestran que la cáscara de tuna tiene propiedades nutraceuticas y que el tratamiento de secado a 70°C podría ser útil para su procesamiento.

Palabras clave: tuna (*Opuntia ficus indica*); pitaya (*Stenocereus sp.*); cáscara, betalainas y azúcares totales.

Correspondencia  
sugeysinawagr@uanl.edu.mx  
ORCID: 0000-0002-5961-0968

Recepción de artículo  
9 de abril de 2024.

Artículo aceptado  
19 de julio de 2024.



CienciAcierta

## ABSTRACT

*Pitaya (Stenocereus sp) and prickly pear (Opuntia ficus-indica) are considered functional foods, however, there are few studies on the nutraceutical properties of the peels of these fruits. This work aimed to evaluate the nutraceutical properties of prickly pear and pitaya peels. The peel of both fruits were dried at 60°C (48 h) and 70°C (18 h), then they were ground to obtain a flour, from which solutions were made to determine the antioxidant capacity (ABTS and DPPH), total phenolics compounds, betalains and total carbohydrates. The highest antioxidant capacity was presented by prickly pear peel flour, reaching  $3,137.22 \pm 113.45 \mu\text{M}$  of Trolox equivalent (TE) at 70°C by the ABTS method. Similarly, the concentrations of betaxanthins ( $9.21 \pm 0.22 \text{ mg/L}$ ), betacyanins ( $8.397 \pm 0.11 \text{ mg/L}$ ) and total sugars ( $31,676.99 \pm 530.97 \mu\text{g/mL}$ ) were higher in the prickly pear peel extracts dried at 70°C. The concentration of total phenolic compounds ( $14024 \pm 1228.5 \text{ mg/mL}$ ) was also higher in the prickly pear peel extracts dried at 60°C. The results obtained show that the prickly pear shell has nutraceutical properties and that the drying treatment at 70°C could be useful for its processing.*

**Keywords:** prickly pear (*Opuntia ficus indica*); pitaya (*Stenocereus sp.*); peel; betalains and total sugars.

## INTRODUCCIÓN

La flora en México es considerada una de las más variadas del mundo, entre ellas se encuentra la familia Cactaceae. Esta es originaria de América con aproximadamente 4,000 especies (Nobel, 2003). En México se han reportado 675 especies, de las cuales el 84% son endémicas (Villavicencio-Gutiérrez y col., 2010). Este tipo de plantas produce frutos que pueden ayudar a aumentar la actividad económica en las regiones semiáridas del mundo donde se cultivan, ya que tienen un bajo requerimiento de agua (Stintzing & Carle, 2007). Actualmente, la población busca alimentos con



ingredientes de origen natural (Jiménez-Aguilar y col., 2015), funcional y sostenible (Tejada-Ortigoza y col., 2022).

La pitaya (*Stenocereus pruinosus*) es una fruta tropical y crece en estado silvestre. Se ha reportado que las pitayas pueden considerarse como un alimento funcional ya que protegen a quien lo consume de enfermedades crónicas, debido a su elevada capacidad para reducir la propagación de radicales libres en el organismo, por su contenido de fenoles totales y ácido ascórbico, además de contener betalaínas (Balderas-Guerrero y col., 2016).

Mientras que la tuna es un fruto que posee una amplia gama de propiedades funcionales como su actividad antioxidante, esto debido a su contenido en carotenos, betalaínas y ácido ascórbico (Silem y col., 2016). También cuenta con propiedades digestivas, anticancerígenas, antivirales y antidiabéticas (SAGARPA, 2011). Las betalaínas son los pigmentos responsables del color en los frutos de la tuna (Amaya-Cruz y col., 2019) y la pitaya (García-Cruz y col., 2017). A diferencia de los betabeles que son la principal fuente comercial de estos pigmentos (betalaínas) y que tienen un sabor terroso (Azeredo, 2009), la ventaja de las frutas de cactáceas es que no poseen este sabor. El principal problema de este tipo de frutas es que tienen una corta vida de anaquel por lo que se conservan muy poco tiempo después de la cosecha (Hernandez-Valencia y col., 2016). Por lo anterior, es importante buscar otros usos y aplicaciones para su aprovechamiento al máximo de estas frutas.

En la pitaya la parte comestible solo representa aproximadamente 69% del peso del fruto, dejando el 31% correspondiente a la cáscara sin aprovechamiento, que, en el mejor de los casos debido a la falta de conocimientos de los beneficios de esta, es utilizada como forraje para el ganado o desechada (CONABIO, 2017); por lo que hoy en día, la comunidad científica está interesada en las cáscaras de las frutas de estas plantas, ya que se han encontrado compuestos como el ácido 4-hidroxibenzoico, ácido cinámico, rutina, quercetina y los glucósidos de kaempferol (Albergamo y col., 2022). Además se han producido suplementos a base de cáscara de tuna y *Lactobacillus rhamnosus* (Ochoa-Velasco y col., 2022). Adicionalmente Salem y



col. (2022) sugirió que las cáscaras y las semillas de tuna podrían proteger las células hepáticas del daño inducido por tetracloruro de carbono  $\text{CCl}_4$ . Con respecto a la alimentación animal, la cáscara de la tuna se ha utilizado como sustituto de maíz en el rendimiento productivo en pollos de engorda (Cherif y col., 2022). Sin embargo, no se han reportado estudios sobre las propiedades nutraceuticas de las cáscaras de pitaya y tuna para promover su uso y aprovechamiento en la industria de alimentos.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad antioxidante, concentración de compuestos fenólicos, betalainas y azúcares totales de la harina de cáscara de pitaya (*Stenocereus sp.*) y tuna (*Opuntia ficus indica*) en extractos acuosos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las frutas con las que se trabajó en este estudio fueron adquiridas en dos lugares. Un lote de 20 kg de pitaya (*Stenocereus sp*) se compró en Río Verde, San Luis Potosí, México. Mientras que un lote de tunas (*Opuntia ficus indica*) de 40 kg se adquirió en San Nicolás, Nuevo León, México. Los frutos colectados se almacenaron a 5°C por 24 h para su posterior procesamiento. Las espinas de los frutos fueron removidas manualmente con cuidado, luego fueron lavados con agua corriente y jabón. Las cáscaras fueron separadas de la pulpa con un cuchillo.

El secado de las cáscaras se realizó en una incubadora de hibridación (Robbins Scientific, modelo 400, CA, E.U.A). Las cáscaras de ambos frutos fueron secadas a 60°C por 48 h y 70°C por 18 h hasta obtener el 10% del peso húmedo. Posteriormente, las cáscaras secas se molieron usando un procesador de alimentos, (Nutribullet, modelo NB-101B, China) hasta alcanzar un polvo fino que fue tamizado a través de mallas de 250  $\mu\text{m}$ . Se prepararon soluciones de la harina, se pesaron 5g y se mezclaron con 100 mL de agua bidestilada. La solución se colocó en tubos de centrifuga de polipropileno de 50 mL. Los tubos se sometieron a centrifugación



(5000 rpm, 4 °C, 10 min, Model Z 400k, Labnet, Wertheim, Alemania). Se recuperó el sobrenadante y, el proceso se repitió hasta lograr la completa separación de la mezcla. Los análisis de la determinación de la capacidad antioxidante, betalaínas y azúcares totales de los extractos ya centrifugados de ambas frutas se describe a continuación.

Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el método descrito por Re y col. (1999). Primero se preparó una solución de ABTS al mezclar una solución de persulfato de potasio 2,45 mM y ABTS a 7 mM, posteriormente, se dejó reposar 16 h. Dicha solución se diluyó en etanol absoluto hasta una absorbancia de 0.7 a 734 nm (espectrofotómetro, Modelo SmartSpec Plus, BIO RAD, U.S.A). Se colocaron 10  $\mu$ L de la muestra del extracto de harina centrifugado y un mL de solución ABTS (absorbancia 0,7), después de seis minutos se leyeron las absorbancias a 734 nm. La absorbancia se leyó utilizando Trolox como estándar en concentraciones que oscilan entre 100 y 1200 ppm. Como segundo método para la determinación de la capacidad antioxidante de las soluciones se utilizó el de DPPH, basado en el procedimiento descrito por Brand-Williams y col. (1995). Se preparó una solución al 0.0002% de DPPH en un matraz volumétrico (solución madre). Se utiliza la solución madre para preparar una nueva solución que tenga una absorbancia de 0.7 a 515 nm.

La absorbancia se midió en un espectrofotómetro (Modelo SmartSpec Plus, BIO RAD, U.S.A). Las lecturas se tomaron en cubetas de cuarzo de 3mL, mezclando 25  $\mu$ l de muestra y 975  $\mu$ l de solución diluida de DPPH. La reacción tiene lugar 30 min en oscuridad después de mezclar los reactivos. Luego se leyeron las absorbancias a 515 nm. La curva de calibración se realizó utilizando Trolox con concentraciones de 100 ppm a 1200 ppm.

Se realizó la determinación de compuestos fenólicos totales con el método de Singleton & Rossi (1965) en las soluciones centrifugadas. Se preparó una solución Folin-Ciocalteu 1 N con agua destilada y otra de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20%p/v. Posteriormente se preparó la curva de calibración con una solución estándar de ácido



gálico (0.1 mg/mL). Se procedió a agregar 500  $\mu$ l de la muestra más 250  $\mu$ l de reactivo Folin 1 N y 1250  $\mu$ l  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Una vez agregado se dejó reposar durante 2 horas en la oscuridad. Pasado el tiempo se midió la absorbancia de la curva y la muestra a 760 nm con un espectrofotómetro (modelo SmartSpec Plus, BIO RAD, U.S.A.).

Se calcularon las concentraciones de las betacianinas y betaxantinas con el coeficiente de extinción basados en las siguientes metodologías Nilsson (1970) y Sandate-Flores y col. (2020). Se usó agua destilada para las diluciones necesarias.

Utilizando el método de Dubois (1956) (fenol-ácido sulfúrico) se realizó la determinación de azúcares totales. Se preparó la solución de stock de glucosa, y una solución de fenol al 5%p/v. Se colocaron 2 ml de la muestra, se añadió 1 ml de fenol al 5%p/v, y 5 ml de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentrado. Posteriormente fueron agitados en un mezclador durante 30 segundos. Se dejaron reposar por 10 minutos y después se agitaron en vortex durante 30 segundos para dejarse reposando en agua por 20 minutos más. Finalmente se midió la absorbancia a  $\lambda$  490 nm. Las diferencias significativas entre la capacidad antioxidante, concentración de compuesto fenólicos totales, betaxantinas, betacianinas y azúcares totales de cada tratamiento de secado de las cáscaras fue determinado mediante un análisis de la varianza, usando el software estadístico minitab 17.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1. El extracto de la harina de cáscara de tuna secada a 70°C presentó mayor capacidad antioxidante ( $3137.2 \pm 113.4 \mu\text{M}$ ) que la muestra secada a 60°C ( $2865.0 \pm 109.3 \mu\text{M}$ ), por medio del método ABTS. Mientras que la capacidad antioxidante determinada con la técnica de DPPH no mostró diferencia estadísticamente significativa. Con respecto a la literatura se ha encontrado en la cascara de pitahaya (*Hylocereus undatus*) actividad antioxidante por ambos métodos mencionados (Figuerola y col., 2011).



La capacidad antioxidante determinada por el método ABTS en la solución de la cáscara de tuna secada a 70°C fue 334% mayor a la capacidad antioxidante de la harina de cáscara pitaya secada a esa misma temperatura. Con estos resultados se sugiere que la temperatura de secado de la cáscara del fruto juega un papel importante en la capacidad antioxidante, ya que se observa que a mayor temperatura mayor capacidad antioxidante; sin embargo, en el estudio de Pérez-Henríquez (2019) se reporta que el aumento excesivo del calor modifica el pigmento de los alimentos, y por ende el contenido de compuestos fenólicos totales y su capacidad antioxidante.

En la Tabla 1 se puede observar que los extractos de la harina de cáscara de tuna y pitaya presentaron mayor concentración de compuestos fenólicos totales a 60°C que a 70°C. Estos resultados concuerdan con los reportados por Fernández & Ruiz (2022), en el cual la temperatura afecta drásticamente a los fenoles totales los cuales son bioactivos característicos de *Opuntia ficus indica* donde la cascara sobresale en el contenido de estos sobre las otras partes de la tuna como la pulpa y las semillas (Albergamo y col, 2022). En cuanto a las betalainas a mayor temperatura se aumentó su concentración en ambas frutas, siendo los extractos de la cascara de tuna a 70°C con la mayor concentración de betacianinas y betaxantinas. Lo anterior concuerda con un estudio previamente realizado con la cáscara de la pitaya (*Selenicereus megalanthus*) en donde encontraron mayores concentraciones a altas temperaturas (Cejudo-Bastante y col, 2016). Con respecto a los carbohidratos totales se encontró que la mayor concentración se encuentra en los extractos de tuna a la temperatura de 70°C. Los extractos de la cáscara de tuna a 70°C tienen un 298% más carbohidratos que las de la pitaya mientras que la tuna a 60°C tiene 226% más que pitaya. Con estos resultados la cáscara de pitaya podría ser utilizada en alimentos bajos en azúcares.



Tabla 1.

*Resultados de la capacidad antioxidante (ABTS y DPPH), compuestos fenólicos totales, betalainas y carbohidratos totales.*

Soluciones	Tratamiento	ABTS <sup>1</sup> μM	DPPH <sup>1</sup> μM	Compuestos fenólicos totales <sup>2</sup> (mg/ml)	Betaxan- tinas (mg/l) <sup>3</sup>	Betaciani- nas <sup>3</sup> (mg/l)	Azúcares totales <sup>4</sup> (μg/ml)
Pitaya	Temp 60°C	506.3 ± 37.6 <sup>c</sup>	2723.3 ± 90.4 <sup>c</sup>	2615 ± 775	3.24 ± 0.08 <sup>c</sup>	3.30 ± 0.10 <sup>c</sup>	7,942 ± 181.4 <sup>2</sup>
	Temp 70°C	721.9 ± 69.3 <sup>c</sup>	4608.7 ± 168.7 <sup>b</sup>	1607 ± 316.7 <sup>a</sup>	6.38 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.14 ± 0.10 <sup>c</sup>	7,782 ± 367.2 <sup>5</sup>
Tuna	Temp 60°C	2865.0 ± 109.3 <sup>b</sup>	7080.0 ± 100 <sup>a</sup>	14024 ± 1228.5 <sup>a</sup>	7.15 ± 0.56 <sup>b</sup>	7.364 ± 0.55 <sup>c</sup>	25,858 ± 199.11 <sup>b</sup>
	Temp 70°C	3137.2 ± 113.4 <sup>a</sup>	7346.7 ± 76.4 <sup>a</sup>	10113 ± 300 <sup>b</sup>	9.21 ± 0.22 <sup>a</sup>	8.397 ± 0.11 <sup>a</sup>	31,677 ± 530.97 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Para ABTS y DPPH, se usó trolox para la curva de calibración, las unidades usadas fueron μM de trolox equivalente, para la capacidad antioxidante. <sup>2</sup>Las unidades usadas para compuestos fenólicos totales fueron mg de ácido gálico/mL extracto. <sup>3</sup>Betacianinas y betaxantinas, las unidades usadas fueron mg/L. <sup>4</sup>En carbohidratos totales, se usó glucosa como estándar y las unidades fueron μg/mL. Los valores se presentan como promedio ± desviación estándar (n=3), las diferentes letras (a-c) representan diferencias significantes estadísticamente (p < 0.05).

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permitieron determinar la presencia de propiedades nutraceuticas en los extractos obtenidos a partir de harinas de cáscara de pitaya y tuna. Los resultados mostraron que la cáscara de tuna secada a 70°C tuvo una mayor capacidad antioxidante, mayor cantidad de betalainas y carbohidratos totales. Con base en estos resultados, el tratamiento de secado a 70°C pudiera ser una alternativa viable para el aprovechamiento de las propiedades nutraceuticas de la cáscara de tuna. Por otro lado, por el bajo contenido de azúcares que presentó la harina de la cáscara de pitaya, ésta podría utilizarse en alimentos con bajos niveles de azúcares.



## REFERENCIAS

- Albergamo, A., Potortí, A. G., Di Bella, G., Amor, N. B., Vecchio, G. L., Nava, V., Rando, R., Mansour, H. B., & Turco, V. L. (2022). Chemical characterization of different products from the tunisian *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. *Foods*, 11(2): 1–19. <https://doi.org/10.3390/foods11020155>
- Amaya-Cruz, D. M., Pérez-Ramírez, I. F., Delgado-García, J., Mondragón-Jacobo, C., Dector-Espinoza, A., & Reynoso-Camacho, R. (2019). An integral profile of bioactive compounds and functional properties of prickly pear (*Opuntia ficus indica* L.) peel with different tonalities. *Food Chemistry*, 278: 568–578. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.031>
- Azeredo, H. M. C. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability - a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 2365–2376. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x>
- Balderas-Guerrero, V. (2017) Evaluación de la calidad física, sensorial, nutritiva y nutracéutica de frutos de pitaya (*Stenocereus pruinosus*) cosechados en la región de Huitziltepec, Puebla. *Colegio de Postgraduados*. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/4047>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1): 25-30.
- Cejudo-Bastante, M. J., Hurtado, N., Delgado, A., & Heredia, F. J. (2016). Impact of pH and temperature on the colour and betalain content of Colombian yellow pitaya peel (*Selenicereus megalanthus*) [Impacto del pH y la temperatura en el color y contenido de betalaína de la cáscara de pitaya amarilla colombiana (*Selenicereus megalanthus*)]. *Journal of Food Science and Technology*, 53(5): 2405–2413. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2215-y>
- Cherif, I., Arbouche, R., Arbouche, Y., Mennani, A., & Arbouche, F. (2022). Dehydrated husks and cake of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) processing for broiler feed: Effects on growth performance, carcass characteristics, and meat quality. *Veterinary World*, 15(3): 551–557. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.551-557>
- CONABIO. 2017. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. México, D. F.: SEMARNAP-CONABIO
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3): 350-356.



- Figueroa, R., Tamayo, J., González, S., Moreno, G., & Vargas, L., (2011). Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1): 44-50. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81318808007>
- García-Cruz, L., Santos-Buelgas, C., Valle-Guadarrama, S., & Salinas-Moreno, Y. (2017). Betalains and phenolic compounds profiling and antioxidant capacity of pitaya (*Stenocereus* spp.) fruit from two species (*S. Prinosus* and *S. stellatus*). *Food chemistry*, 234: 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.174>
- Hernandez-Valencia, C. G., Shirai, K., Mejia, P., Blanco, S., Román-Guerrero, A., Yáñez-López, M. de L., & Escalona, H. (2016). Postharvest preservation of cactus fruits (*Stenocereus pruinosus* and *Stenocereus Stellatus*) produced in semidesertic area of Oaxaca by biopolymer coating. *The International Journal of Interdisciplinary Social Sciences: Annual Review*, 11(1): 15–26. <https://doi.org/10.18848/1833-1882/CGP/15-26>
- Jiménez-Aguilar, D. M., López-Martínez, J. M., Hernández-Brenes, C., Gutiérrez-Urbe, J. A., & Welti-Chanes, J. (2015). Dietary fiber, phytochemical composition and antioxidant activity of Mexican commercial varieties of cactus pear. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41: 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.01.017>
- Nilson, I. (1970). Studies into the pigments in beet root. *Lantbrukshögskoleens årsberättelse*. 36: 179-83.
- Nobel, P. S. (2003). Environmental biology of agaves and cacti. *Cambridge University Press*.
- Ochoa-Velasco, C. E., Palestina-Rivera, J., Ávila-Sosa, R., Navarro-Cruz, A. R., Vera-López, O., & Lazcano-Hernández, M. A. (2022). Use of green (*Opuntia megacantha*) and red (*Opuntia ficus-indica* L.) cactus pear peels for developing a supplement rich in antioxidants, fiber, and *Lactobacillus rhamnosus*. *Food Science and Technology*, 42: 1–6. <https://doi.org/10.1590/fst.101421>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & RiceEvans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26(9-10): 1231-1237. [10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)
- SAGARPA. (2011). Nopal y tuna, una mirada a su realidad actual. *Revista mensual Claridades Agropecuarias*. 3-5
- Salem, M. A., Mariam A., E.-K., Badawy, W. Z., & El-Bana, M. A. (2022). Biological evaluation of prickly pear peels and seeds (*Opuntia ficus-indica*) in CCL4-intoxicated rats. *Current Science International*, 11(01): 64–83. <https://doi.org/10.1111/ner.12242>



- Sandate-Flores, L., Romero-Esquivel, E., Rodríguez-Rodríguez, J., Rostro-Alanis, M., Melchor-Martínez, E. M., Castillo-Zacarías, C., Ontiveros, P. R., Celaya, M. F. M., Chen, W. N., Iqbal, H. M. N., & Parra-Saldívar, R. (2020). Functional attributes and anticancer potentialities of chico (*Pachycereus weberi*) and jiotilla (*escontria chiotilla*) fruits extract. *Plants*, 9(11): 1623. [10.3390/plants9111623](https://doi.org/10.3390/plants9111623)
- Singleton, V. & Rossi, J. A. (1965) Colorimetry of Total Phenolic Compounds with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158. [10.5344/ajev.1965.16.3.144](https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144)
- Stintzing, F. C., & Carle, R. (2007). Betalains emerging prospects for food scientists. *Trends in Food Science & Technology*, 18(10): 514–525. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.04.012>
- Tejada-Ortigoza, V., Garcia-Amezquita, L. E., Campanella, O. H., Hamaker, B. R., & Welti-Chanes, J. (2022). Extrusion effect on in vitro fecal fermentation of fruit peels used as dietary fiber sources. *LWT*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.11.2569>
- Villavicencio-Gutiérrez, E. E., Arredondo-Gomez, A., Carranza-Pérez, M. A., Mares Arreola, O., Comparan Sánchez, S., & González-Cortés, A. (2010). *Cactáceas ornamentales del desierto Chihuahuense que se distribuyen en Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.