

# Extracción de mucílago, evaluación de la actividad antioxidante y el contenido total de fenoles de cuatro variedades de *Opuntia ficus-indica*

Extraction of mucilage, evaluation of antioxidant activity and total phenolic content of four varieties of *Opuntia ficus-indica*

Francisco del Anghel Valenzuela-Zapata<sup>1</sup>, Luisa Fernanda Treviño-Martínez<sup>1</sup>, Rigoberto Eustacio Vázquez-Alvarado<sup>2</sup>, David Paniagua-Vega<sup>1</sup>, Aurora de Jesús Garza-Juárez<sup>1</sup> y Perla Giovanna Silva-Flores<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina, Monterrey, N.L., México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Escobedo, N.L., México.

\*Correspondencia: [m.c.perlasilva@gmail.com](mailto:m.c.perlasilva@gmail.com) (Perla Giovanna Silva-Flores)

DOI:

Recibido: 13 de enero de 2024; Aceptado: 14 de mayo de 2024

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editor de Sección: Dr. León Hernández-Ochoa

## Resumen

Los extractos de plantas son una rica fuente de compuestos naturales con propiedades antioxidantes, con potencial aplicación en la prevención o tratamiento de enfermedades crónico degenerativas de importancia en nuestro país. Los cladodios de *Opuntia ficus-indica* son una fuente de mucílago, un complejo de fitoquímicos y otros nutrientes, el cual podría representar un nutraceutico natural con una importante capacidad antioxidante. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la técnica de extracción de licuado-centrifugado de *Opuntia ficus-indica*, con diferentes solventes, calculando el porcentaje de rendimiento de extracción, contenido total de fenoles y capacidad antioxidante como equivalentes de Trolox de diferentes variedades de *O. ficus-indica*. La técnica de extracción permitió obtener mucílagos con porcentajes de rendimiento mayores a 10 %. La variedad Jalpa presentó la mejor capacidad antioxidante con 0.616  $\mu$ moles ET/ g peso seco y un mayor contenido de fenoles con  $10.35 \pm 0.95$  mg EAG/g peso seco. El mucílago obtenido tiene propiedades que lo recomiendan como un material natural que puede utilizarse como potencial antioxidante.

**Palabras clave:** *Opuntia ficus-indica*, mucílago, cladodio, antioxidante, fenoles.

## Abstract

Plant extracts are a rich source of natural compounds with antioxidant properties with potential application in the prevention or treatment of chronic degenerative diseases of importance in our country. *Opuntia ficus-indica* cladodes are a source of mucilage, a complex of phytochemicals and other nutrients, which could represent a natural nutraceutical with an important antioxidant capacity. The objective of the present work was to evaluate the liquefied-centrifuged extraction technique of *Opuntia ficus-indica*, determining the extraction yield, total phenol content and antioxidant capacity as Trolox equivalents of different varieties of *O. ficus-indica*. The extraction technique allowed obtaining mucilage with yield percentages higher than 10 %. The Jalpa variety showed the major antioxidant capacity with 0.616  $\mu$ moles TE/g dry weight and the highest phenols content with 10.35  $\pm$  0.95 mg GAE/g dry weight. The mucilage obtained has properties that recommend it as a natural material that can be used as a potential antioxidant.

**Keywords:** *Opuntia ficus-indica*, mucilage, cladode, ABTS, phenolic content.

## 1. Introducción

El nopal es una planta muy mexicana, tanto que está presente en el escudo de la bandera nacional, como un elemento imprescindible en el mito fundacional de la gran Tenochtitlan (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016). El nopal (*Opuntia ficus-indica*) pertenece a la familia de las *Cactaceae*, que crecen en ambientes semiáridos y áridos formando grandes cladodios. México es uno de los principales productores de hortalizas, de los cuales el nopal ocupa el 2.59 % de la superficie agrícola nacional, gracias a su capacidad de crecer en tierras donde otros cultivos no prosperan, y esto lo convierte en el principal sustento de muchas familias, debido a sus múltiples usos en la industria de la alimentación, ganadera, farmacéutica, cosmética, entre otras (Reyes-Terrazas *et al.*, 2023).

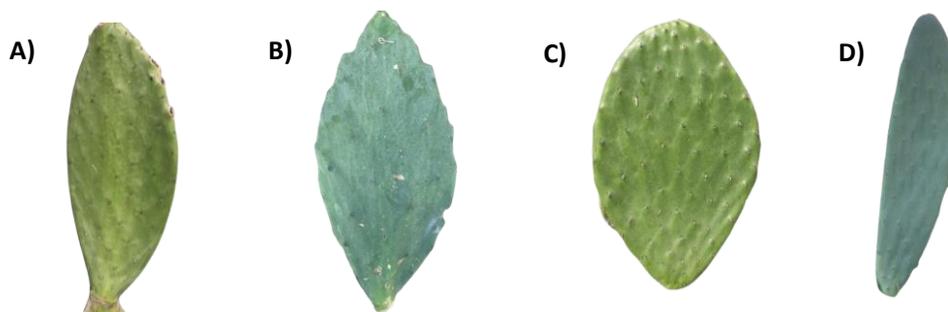
El nopal cuenta con tres partes de su estructura que son aptas para el consumo humano: el cladodio o penca, la tuna y el xoconostle (CONABIO, 2023). Los cladodios de nopal representan una fuente de fitoquímicos, así como de fenólicos, flavonoides, minerales y otros nutrientes (Messina *et al*, 2020). Los cladodios contienen en su parénquima un compuesto heteropolisacárido llamado mucílago. Según estudios previos se ha reportado que está macromolécula está compuesta en mayor proporción de pectina, y una mezcla de monosacáridos de L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa y D-xilosa, y ácido galacturónico, componentes principales presentes en diferentes proporciones dependiendo la extracción del mucílago (Flores-Alcántara, 2015). Una de las funciones más importantes del mucílago en el nopal es el transporte y retención de agua, lo cual es de importancia en periodos de sequía, provocando un aumento en el contenido de mucílago como forma de protección de los cladodios. De acuerdo con Goldstein *et al* (1991) esto puede ser debido a modificaciones, tanto físicas como químicas, como el cambio en la viscosidad, causado por la concentración de solutos presentes en la planta. El mucílago, también conocido como “baba de nopal”, cuenta con propiedades terapéuticas, atribuidas principalmente a su composición química, entre las que se encuentran la actividad antioxidante, antidiabética, antihipertensiva e hipocolesterolémica, entre otras (Bocanegra Alonso *et al.*, 2021, Manzoor *et al.*, 2020). Por lo tanto, el mucílago representa una alternativa de origen natural para el tratamiento de diversas enfermedades crónico-degenerativas relacionadas con el estrés oxidativo. Sin embargo, existe evidencia de que la

técnica y las condiciones de extracción influyen en el rendimiento y la composición del mucílago extraído, y, por lo tanto, en su capacidad antioxidante. Debido a lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la técnica de extracción del mucílago, así como la capacidad antioxidante y el contenido total de fenoles del mucílago obtenido de cuatro variedades de *O. ficus-indica*.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Material vegetal

Los cladodios de *Opuntia ficus-indica* fueron recolectados del Banco de Germoplasma del nopal ubicado en la Facultad de Agronomía de la UANL en el municipio de Escobedo, N.L. Para el presente trabajo se evaluaron cuatro cultivares Jalpa, Villanueva, Oreja de elefante y Copena (Fig. 1), los cuales fueron colectados a las 10:00 horas. Se seleccionaron cladodios con una longitud aproximada de 30 cm, se envolvieron en papel kraft y se resguardaron en refrigeración a una temperatura entre 4-8 °C hasta su uso.



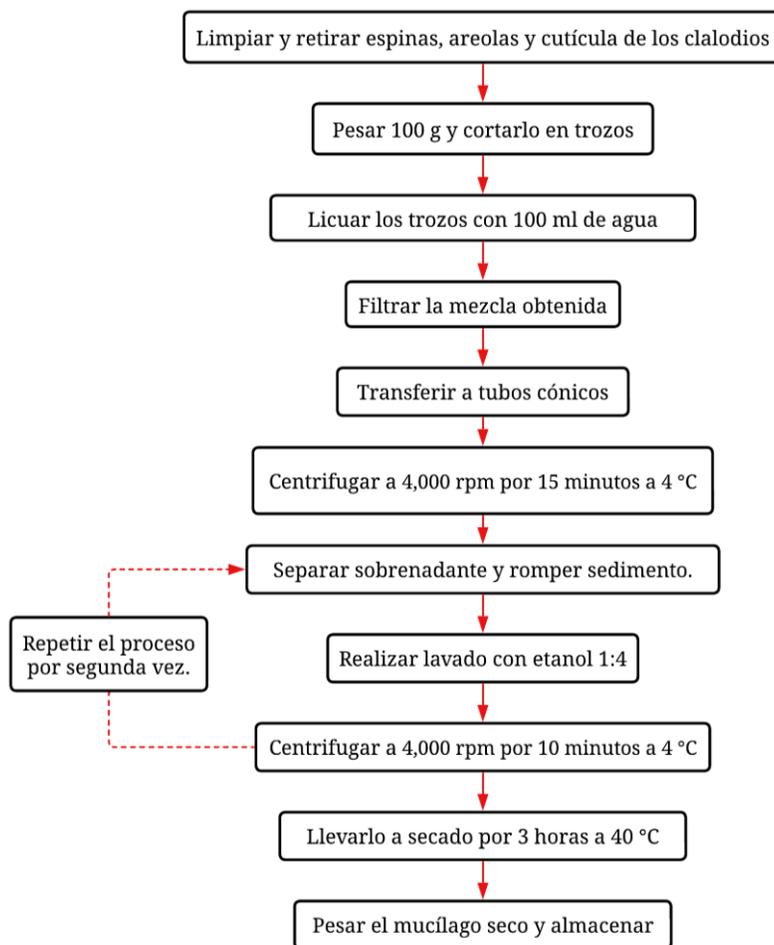
**Figura 1.** Variedades de cladodios de *Opuntia ficus-indica*. A) Jalpa, B) Oreja de Elefante, C) Villanueva, y D) Copena.

**Figure 1.** Variety of cladode of *Opuntia ficus-indica*. A) Jalpa, B) Oreja de Elefante, C) Villanueva, and D) Copena.

### 2.2 Métodos

#### 2.2.1 Técnica de Extracción del Mucílago

El mucílago se obtuvo de acuerdo a la metodología de Licuado-Centrifugado a 4 °C descrita por Guardiola-De León (2018) con modificaciones. En la Figura 2 se describe el procedimiento general para la extracción del mucílago de *Opuntia ficus-indica*.



\* Solventes de extracción evaluados: 1) agua destilada a temperatura ambiente, 2) etanol al 20% (v/v), y 3) agua destilada a temperatura de 40 °C.

**Figura 2.** Procedimiento general para la extracción del mucílago de *Opuntia ficus-indica*.

**Figure 2.** General procedure for the mucilage extraction of *Opuntia ficus-indica*.

Para calcular el porcentaje de rendimiento de los extractos obtenidos se empleó la siguiente fórmula (1).

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso de mucílago seco (g)}}{\text{Peso de materia prima (g)}} * 100 \quad (1)$$

## 2.2.2 Determinación de la Capacidad Antioxidante como Equivalentes Trolox (TEAC)

La capacidad antioxidante fue determinada de acuerdo con la metodología de Espinosa-Leal *et al.*, (2015). Este método se basa en la reducción de la coloración verde/azul producida por la reacción del radical ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS<sup>•+</sup>) con los antioxidantes presentes en la muestra. El radical se obtuvo tras la reacción del ABTS<sup>•+</sup> (7 mM) y persulfato de potasio (2.45 mM) en una relación 1:1 (v/v), la solución se dejó incubar a temperatura ambiente por 16 horas y, posteriormente, se diluyó la solución con etanol al 70 % hasta obtener una absorbancia alrededor de 0.70 a una longitud de onda de 734 nm. En una microplaca de 96 pocillos, se colocaron 20 µL del extracto en agua destilada a una concentración de 2 mg/mL. Posteriormente, se agregaron 120 µL del radical ABTS y se dejó reaccionar por 3 minutos en la oscuridad. Finalmente, se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 734 nm. Como control se utilizó una curva de Trolox en un rango de concentración de 0.0003 a 0.011 µmoles/mL y cada determinación se realizó por triplicado. Los resultados se expresaron como µmoles equivalentes de Trolox (ET) por gramo de peso seco de la muestra (Espinosa-Leal *et al.*, 2015).

## 2.2.3 Determinación del Contenido Total de Fenoles (CTF)

El contenido total de fenoles presentes en los mucílago se determinó de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu descrito por Espinosa-Leal *et al.*, 2015. En una microplaca de 96 pocillos, se agregaron 20 µL de extracto en agua destilada a una concentración de 2 mg/mL, 100 µL del reactivo Folin-Ciocalteu (1 N), y transcurridos 5 minutos, se agregaron 80 µL de carbonato de calcio al 7.5 %. Se dejó reposar por 2 horas a temperatura ambiente en oscuridad y se midió la absorbancia a una longitud de onda de 750 nm. Como control se utilizó una curva de ácido gálico en un rango de concentración de 0.007 a 0.25 mg/mL y cada determinación se realizó por triplicado. De acuerdo con la curva de ácido gálico, se calculó la concentración total de fenoles y se expresaron como miligramos equivalentes a ácido gálico (mg EAG) (Espinosa-Leal *et al.*, 2015).

## 2.2.4 Diseño experimental y análisis de datos

Todos los resultados fueron expresados como promedio y desviación estándar de los ensayos por triplicado. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante la prueba ANOVA de un solo factor, a un nivel de significancia de 0.05 ( $p < 0.05$ ) (software Graph Pad Prism versión 7.0).

# 3. Resultados y discusión

## 3.1 Resultados de las técnicas de extracción del mucílago

La variedad Oreja de elefante fue seleccionada para evaluar las modificaciones en la técnica de extracción, para lo cual las colectas de la variedad se realizaron de la misma planta y sitio de cosecha. Los resultados de los porcentajes de rendimiento de extracción de mucílago obtenidos en cada técnica de extracción modificada se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Porcentajes de rendimiento de extracción del mucílago de la variedad Oreja de elefante.**Table 1.** Mucilage extraction yield percentages of the Oreja de elefante variety.

Solvente evaluado	Fecha de colecta		
	19/06/2023	03/08/2023	23/08/2023
	Porcentajes de rendimiento (%)		
A) Agua destilada	0.75 ± 0.09	NC	10.89 ± 1.04 <sup>a</sup>
B) Etanol al 20 %	NC	3.87 ± 0.59 <sup>a</sup>	14.96 ± 1.76 <sup>b</sup>
B) Agua destilada a 40 °C	NC	4.31 ± 0.47 <sup>a</sup>	15.04 ± 1.14 <sup>b</sup>

NC= No colecta

\*Media ± DE (n=3).

\*Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los resultados de cada columna.

En el presente trabajo se evaluaron como solventes de extracción, agua a diferentes temperaturas (temperatura ambiente y a 40 °C) y etanol. En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de rendimiento obtenidos con las variantes de solventes de extracción evaluados, es importante mencionar que los mucílago extraídos con agua a 40 °C y con etanol presentaron los porcentajes de rendimiento más altos, sin embargo, debido a la naturaleza altamente hidrófila, el mucílago de las plantas puede ser extraído con agua (Soukoulis *et al*, 2018). Diversos estudios han reportado que la temperatura es un factor determinante en la hidrólisis de los polisacáridos, sin embargo, se ha reportado que temperaturas menores a 85 °C no aumenta la hidrólisis de los polisacáridos por lo tanto el rendimiento no se ve afectado (Cai *et al*, 2008). Debido a lo anterior, se seleccionó agua a 40 °C con un pH de 5.9 (sin modificaciones) como solvente de extracción considerado como de bajo costo y “amigable con el ambiente”.

Por otra parte, el etanol se empleó como solvente para la precipitación del mucílago, fase necesaria para la insolubilización de algunos polímeros presentes (Cai *et al*, 2008), así mismo este solvente tiene la capacidad de solubilizar los pigmentos característicos del nopal, minimizando la cantidad de clorofila presente en el mucílago, podría provocar interferencias al momento de realizar pruebas para la determinación de sus propiedades (Diez *et. al.*, 2021). Con relación a esto, se realizó una modificación en el lavado, realizando el lavado con etanol 1:4 por duplicado, ya que de esta manera se eliminó la mayor cantidad posible de clorofila sin afectar el porcentaje de rendimiento del extracto.

Se determinó que los porcentajes de rendimiento de extracción del mucílago de la variedad Oreja de elefante, se vieron afectados en función del periodo de colecta de los cladodios. Los cladodios de la colecta del mes de agosto presentaron el mayor porcentaje de rendimiento, lo cual puede ser atribuido a las condiciones de sequía que presentaba la región de cultivo durante el periodo. Como se mencionó anteriormente, el mucílago tiene la propiedad de retener agua en condiciones de sequía, en la que se presenta una disminución de la humedad disponible del suelo, y un aumento en el contenido de agua de los tejidos de las plantas, por ende, una mayor concentración de mucílago en los cladodios (Melero-Meraz *et al*, 2021).

Los porcentajes de rendimiento obtenidos con el solvente seleccionado fueron  $15.04 \pm 1.14 \%$ ,  $11.87 \pm 1.52 \%$ ,  $13.95 \pm 0.98 \%$  y  $10.33 \pm 0.55 \%$  para la variedad de O. elefante, Villanueva, Copena y Jalpa, respectivamente. Los porcentajes de rendimiento obtenidos para las variedades de O. de elefante y Copena fueron mayores al obtenido por Bayar *et al* (2016), con un porcentaje de rendimiento del 10.24 % en base seca para la misma especie.

### 3.2 Resultados de la capacidad antioxidante y el contenido total de fenoles

Los resultados obtenidos de los ensayos de ABTS y CTF para las cuatro variedades de mucílago se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados de los ensayos de ABTS y CTF de las cuatro variedades de *Opuntia ficus-indica* obtenidos con solvente de extracción acuoso a 40 °C.

**Table 2.** Results of ABTS and CTF tests of the four varieties of *Opuntia ficus-indica* obtained with aqueous extraction solvent at 40 °C.

Variedad	ABTS* <sup>1</sup>	CTF <sup>2</sup>
Oreja de elefante	$0.16 \pm 0.06^a$	$8.10 \pm 0.46^a$
Villanueva	$1.81 \pm 0.17^b$	$9.44 \pm 1.38^{a,b}$
Copena	$2.38 \pm 0.15^{b,c}$	$9.44 \pm 0.42^{a,b}$
Jalpa	$5.18 \pm 0.62^d$	$10.35 \pm 0.95^b$

<sup>1</sup>µmoles equivalentes de Trolox/g peso seco

Media ± DE (n=3)

<sup>2</sup>mg equivalentes de ácido gálico/g peso seco.

\*Diferentes letras indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los resultados de cada columna.

La capacidad antioxidante reportada como la capacidad para reducir el radical ABTS fue significativamente mayor para el mucílago obtenido de la variedad Jalpa con un resultado de  $5.18 \pm 0.616$  µmoles ET/g peso seco en comparación con el resto de las variedades. Sin embargo, los resultados obtenidos para todas las variedades fueron menores a lo reportado por Blando *et al.* (2019) en muestras de cladodio maduro con un valor de  $8.23 \pm 0.72$  µmoles ET/g peso seco, resultado que atribuyen a la presencia de compuestos fenólicos, particularmente derivados del ácido *p*-hidroxibenzoico, los cuales fueron identificados por métodos cromatográficos, diferente al ensayo de contenido de fenoles empleado en el presente trabajo.

Con relación al ensayo de CTF, no se presentaron diferencias significativas en los resultados de las cuatro variedades, sin embargo, la variedad Jalpa presentó el mayor contenido de fenoles con un valor de  $10.35 \pm 0.95$  mg EAG. Todas las variedades presentaron concentraciones mayores a lo reportada por Hernández-Castillo *et al.* (2016) con un CTF de  $574.6 \pm 44.8$  µg/g para el cladodio fresco. Esto nos indica que la técnica de extracción favoreció la conservación de fenoles en el extracto (Zárate-Martínez *et al.*, 2021). Sin embargo, es importante mencionar, que las colectas fueron

realizadas en temporada en la que la región presentaba una sequía considerable, y esto pudo afectar la composición física-química de los especímenes evaluados, por lo cual se tiene como perspectiva realizar la extracción y evaluación de los mucílagos en otras temporadas de colecta.

## 4. Conclusiones

De acuerdo a la amplia gama de aplicaciones que se atribuyen al mucílago de *Opuntia ficus-indica*, en el presente estudio se evaluó la técnica de extracción y la capacidad antioxidante de los mucílagos. A pesar de las dificultades de la sequía en la región, las técnicas de extracción con etanol al 20 % y con agua a 40 °C permitieron obtener aceptables porcentajes de recuperación, sin embargo, se seleccionó agua a 40 °C como solvente de extracción por ser de bajo costo y “amigable con el ambiente”. La variedad Jalpa de *O. ficus-indica* demostró una mayor capacidad para reducir el radical ABTS en comparación con las variedades de Villanueva, Oreja de elefante y Copena, pero un contenido total de fenoles similar en comparación con el resto de las variedades, debido a esto es importante mencionar que se requiere el análisis de la composición y contenido de flavonoides para concluir el potencial antioxidante de la variedad en el tratamiento de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. El presente trabajo muestra el potencial del mucílago de *O. ficus-indica* como un atractivo fitoingrediente con aplicación en la industria de la alimentación, farmacéutica y cosmética, entre otras.

## Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés de ningún tipo en la publicación del presente artículo.

## Nomenclatura

ABTS	Radical químico 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6- ácido sulfónico).
CTF	Contenido total de fenoles.
DE	Desviación estándar.
EAG	Equivalentes de ácido gálico.
ET	Equivalentes de Trolox.
mM	Unidad milimolar.
nm	Unidad de longitud nanómetro.
NC	No colecta.
rpm	Unidad de frecuencia revoluciones por minuto.
v/v	Relación volumen volumen.

## 5. Referencias

- Cai, W., Gu, X., & Tang, J. (2008). Extraction, purification and characterization of the polysaccharides from *Opuntia milpa alta*. *Carbohydrate Polymers* 71(3): 403-410. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.06.008>
- CONABIO. (2023). Nopales. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/nopales>
- Blando, F., Russo, R., Negro, C., De Bellis, L., & Frassinetti, S. (2019). Antimicrobial and Antibiofilm Activity against *Staphylococcus aureus* of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Cladode Polyphenolic Extracts. *Antioxidants* 8(5): 117. <https://doi.org/10.3390/antiox8050117>
- Bocanegra Alonso, J., Lazalde Ramos, B., Gutiérrez Hernández, R., & Campos Ramos, C. (2021). Uso de mucílago de *Opuntia ficus-indica* como tratamiento en obesidad y su efecto en tejido hepático y renal. *IBN SINA*, 12(2): 1-12. <https://doi.org/10.48777/ibnsina.v12i2.1025>
- Diez, L.B., Pérez Zamora, C.M., Michaluk, A.G., Nuñez, M. B., Torres, C. A., & González, A.M. (2021). Mucílago de *Opuntia ficus indica* como potencial excipiente natural de productos cosméticos. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. *Naturalia Patagónica* 16(3):143-157. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/169874>
- Espinosa-Leal, C., Treviño-Neávez, J.F., Garza-Padrón, R.A., Verde-Star, M.J., Rivas-Morales, C., & Morales-Rubio, M.E. (2015). Contenido de fenoles totales y actividad anti-radical de extractos metanólicos de la planta silvestre y cultivada in vitro de *Leucophyllum frutescens*. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 46(3): 52-56. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57945705005>
- Flores-Alcantar, M.A. (2013). Estudio del proceso de secado por aspersión de mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) y su efecto en las propiedades reológicas. (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México) <https://repositorio.unam.mx/contenidos/136384>
- Guardiola de León, A. J. (2018). Extracción y caracterización de mucílago del nopal (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller) de cinco cultivares, en tres estados de maduración. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León). <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/18573>
- Goldstein, G., & Nobel, P. S. (1991). Changes in osmotic pressure and uclage during low-temperature acclimation of *Opuntia ficusindica*. *Plant Physiology* 97(3):954-961. <https://doi.org/10.1104/pp.97.3.954>
- Hernández-Castillo, J. B. E., Bernardino-Nicanor, A., Juárez-Goiz, J.M.S., & González-Cruz, L. (2016). 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. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1(1): 526-531. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/4/90.pdf>
- Manzoor M., Singh, J., Bandral, J. D., Gani, A. & Shams, R. (2020). Food hydrocolloids: functional, nutraceutical and novel applications for delivery of bioactive compounds. *International Journal of Biological Macromolecules* 165. Part A: 554-567. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.182>
- Melero-Meraz V., Zegbe-Domínguez, J.A. & Campos-Fajardo, M.G. (2021). Cambios en la concentración de ácido málico en tejido fotosintético de nopal tunero en condiciones de riego y

- temporal. Memorias XVII Congreso REBISA. [https://congresorebiza.mx/wp-content/uploads/2021/10/21-81-E1\\_VMM-1.pdf](https://congresorebiza.mx/wp-content/uploads/2021/10/21-81-E1_VMM-1.pdf)
- Messina, C. M., Arena, R., Morghese, M., Santulli, A., Liguori, G., & Inglese, P. (2021). Seasonal characterization of nutritional and antioxidant properties of *Opuntia ficus-indica* [(L.) Mill.] mucilage. *Food Hydrocolloids*, 111:106398. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106398>
- Flores Sánchez, D., Reyes-Terrazas, A. S., Navarro-Garza, H., Pérez-Olvera, M. A. & Almaguer-Vargas, G. (2023). Características y retos del sistema de cultivo nopal verdura en Cuautlacingo, Otumba. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(2): 211-222. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.3079>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016) Nopal, indiscutiblemente mexicano <http://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/nopal-indiscutiblemente-mexicano>
- Soukoulis, C., Gaiani, C., & Hoffmann, L. (2018). Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. *Current Opinion in Food Science*, 22: 28-42. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.004>
- Zárate-Martínez, W., González-Morales, S., Ramírez-Godina, F., Robledo-Olivo, A., & Juárez-Maldonado, A. (2021). Efecto de los ácidos fenólicos en el sistema antioxidante de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agronomía mesoamericana* 32(3): 854-868. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.45101>

2024 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>