







## Potencial del nopal para su incursión en la industria de la confitería Nopal potential for its foray into the confectionery industry

A. Ponce-Luna <sup>a</sup>, J. G. Pérez-Flores <sup>a, b, \*</sup>, E. Pérez-Escalante <sup>a</sup>, L. A. Portillo-Torres <sup>a</sup>, L. García-Curiel <sup>b</sup>  
E. Contreras-López <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Área Académica de Química, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

<sup>b</sup> Área Académica de Enfermería, Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42060, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México.

### Resumen

El nopal es una fuente de diversos componentes bioactivos y tecno-funcionales que pueden ser aprovechados para el desarrollo de nuevos productos con potenciales beneficios a la salud. Dentro de estos compuestos, destaca el alto contenido de polifenoles y de polisacáridos relacionados con actividades antioxidantes, antidiabéticas y anticancerígenas. Además, el nopal cuenta con polisacáridos estructurales útiles para fines tecnológicos, como el mucílago empleado en la elaboración de mermeladas o como reemplazante de agentes gelificantes en formulaciones de malvaviscos o dulces de cacao. En este sentido, la industria de la confitería presenta un gran nicho de oportunidad para generar productos a base de nopal, una vez que son escasos los avances en la utilización de esta especie botánica en dicha industria. Una propuesta interesante es la obtención de confitados suaves o duros a partir del uso de partes comestibles del nopal, cuyo proceso no requiere de la aplicación de altas temperaturas, permitiendo mantener un mayor contenido de componentes biológicamente activos.

**Palabras Clave:** Nopal, propiedades tecno-funcionales, industria alimentaria, industria confitera, dulces confitados.

### Abstract

Nopal is a source of various bioactive and techno-functional components that can be used to develop new products with potential health benefits. Among these compounds, the high content of polyphenols and polysaccharides related to antioxidant, antidiabetic, and anticancer activities stands out. In addition, nopal has useful structural polysaccharides for technological purposes, such as the mucilage used in the preparation of jams or as a replacement for gelling agents in formulations of marshmallows or cocoa sweets. In this sense, the confectionery industry presents a great opportunity niche to generate nopal-based products since there are few advances in using this botanical species in this industry. An interesting proposal is to obtain soft or hard sugar-panned confections by using edible parts of the cactus, whose process does not require the application of high temperatures, allowing to maintain higher content of biologically active components.

**Keywords:** Nopal, techno-functional properties, food industry, confectionery industry, sugar-panned confections.

### 1. Introducción

El nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller, 1768) es una planta arbustiva con un tronco leñoso, pertenece a la familia de las cactáceas y es originario de México, aunque también crece de manera silvestre en regiones áridas y semiáridas de América Central y del Sur, de África y en el área mediterránea. Las diferentes partes de esta planta: frutos, cladodios y flores, han sido utilizadas como parte de la alimentación humana debido a sus propiedades nutricionales y a la actividad

biológica de sus compuestos bioactivos (CB) (Aragona *et al.*, 2018).

México es el principal productor de nopal en el mundo, con un 36% de la producción total, mientras que el estado de Hidalgo ocupa el sexto lugar como productor de esta especie en el país. Adicionalmente, la región centro de México demanda el 50% del consumo total de nopal del país, por lo que el empleo de este recurso repercutiría directamente en la activación económica de dicha región (Ciriminna *et al.*, 2019; Roldán Cruz, 2019; Torres Salcido *et al.*, 2018).

\*Autor para la correspondencia: [jesus\\_perez@uaeh.edu.mx](mailto:jesus_perez@uaeh.edu.mx)

**Correo electrónico:** A. Ponce-Luna ([po315165@uaeh.edu.mx](mailto:po315165@uaeh.edu.mx)), J. G. Pérez-Flores ([jesus\\_perez@uaeh.edu.mx](mailto:jesus_perez@uaeh.edu.mx)), E. Pérez-Escalante ([emmanuel\\_perez@uaeh.edu.mx](mailto:emmanuel_perez@uaeh.edu.mx)), L.A. Portillo-Torres ([lizabeth\\_portillo@uaeh.edu.mx](mailto:lizabeth_portillo@uaeh.edu.mx)), L. García-Curiel ([laura.garcia@uaeh.edu.mx](mailto:laura.garcia@uaeh.edu.mx)), E. Contreras-López ([elizac@uaeh.edu.mx](mailto:elizac@uaeh.edu.mx))

Los cladodios del nopal son una hortaliza promisoriosa por su alta adaptabilidad ecológica y por su composición química que les otorga un enorme potencial de aplicación como alimento funcional por su valor nutricional y por su contenido de fitoquímicos con potencial nutraceutico y bioactivo (Hernández-Becerra *et al.*, 2022), por lo que pueden ser aprovechados para ofertar un vehículo de consumo distinto al convencional. Dentro de los CB con efecto positivo hacia la salud destacan, por ejemplo: polifenoles, carotenoides, betalaínas, ácido ascórbico y tocoferoles con capacidad antioxidante, así como esteroides y ácidos grasos (Albuquerque *et al.*, 2021; Angulo-Bejarano *et al.*, 2021; Barba *et al.*, 2020; El-Mostafa *et al.*, 2014; Rocchetti *et al.*, 2018; Slimen *et al.*, 2016).

En lo que respecta al mercado para productos a base de nopal, un estudio demostró una alta potencialidad para dicho mercado ya que dentro de los hallazgos encontrados se reveló que tanto la población brasileña como mexicana está dispuesta a aceptar este tipo de productos, incluso a pesar de que el nopal no se encuentra dentro de la cultura alimentaria de Brasil (Albuquerque *et al.*, 2019). No obstante, la pulpa de nopal ha tenido un escaso avance como ingrediente bioactivo y/o tecnofuncional para la industria de la confitería, teniendo como únicos ejemplos la aplicación de nopal en productos como malvaviscos (Du, 2018) y en caramelos macizos o en gomitas (Corrales-García, 2009), donde el mucílago presente del nopal fue utilizado para reemplazar alguno de los ingredientes de la formulación.

Dado lo anterior, el objetivo del presente trabajo es brindar un panorama general de las propiedades morfológicas, fisicoquímicas y tecnofuncionales del nopal y de los productos donde se ha incluido a esta especie o sus componentes, mediante la revisión de la literatura, para finalmente establecer sus posibles aplicaciones en la industria de la confitería.

## 2. Morfología del nopal

El nopal es un cactus domesticado de la familia de las cactáceas que puede alcanzar de 3 a 5 m de altura, tiene un tronco corto y robusto de 30-45 cm de diámetro con tallos de color verde grisáceo formados por una serie de segmentos carnosos ovalados de 25-60 cm de largo y 20-40 cm de ancho, llamados cladodios (Figura 1) (Almanza-Merchán & Fischer, 2012; Lim, 2012; Reyes-Agüero *et al.*, 2005). Dentro del nopal se encuentran dos capas, la capa externa llamada clorénquima y una capa interna que se encuentra formada por células blancas (parénquima), donde es posible encontrar un reservorio de mucílago.

Las flores del nopal son hermafroditas, presentan forma redonda con una longitud de entre 6 y 7 cm, los principales tonos que estas flores llegan a presentar son tonos rojizos, amarillentos y blanquecinos. Los frutos por su parte se producen a través de la florescencia, son comúnmente conocidas como tunas y son una especie de baya falsa en forma ovoide, carnosa y con gran número de semillas. La forma y el tamaño de estos frutos varía de acuerdo con la especie, pero todas presentan una morfología similar con abundantes espinas pequeñas durante la maduración (Muñoz-Urías *et al.*, 2008; Pilligua, 2017).

## 3. Composición química del nopal

Los cladodios de nopal constituyen un alimento nutricional, debido a que aporta minerales, fibra y compuestos fitoquímicos. Es capaz de aportar vitaminas A, B1, B2, B3, C y en gran medida minerales como el calcio y el potasio (Guzmán Loayza & Chávez, 2007; Torres-Ponce *et al.*, 2015).

La composición química de los cladodios de nopal varía dependiendo de la edad y de la variedad de la planta, tal como se puede observar en las Tablas 1 y 2, respectivamente. En términos de base seca, se componen de la siguiente manera: 3.7-19.0% de proteínas, 0.1-1.8% de lípidos, 5.2-21% de cenizas, 5.5-20.4% de fibra cruda y 42.4-80.9% de carbohidratos.

El contenido de agua de 88-95 % hace que los cladodios sean un alimento de bajo aporte calórico con apenas 27 kcal/100 g. Además, puede ser beneficioso aprovechar la disponibilidad de minerales en estas hortalizas para combatir enfermedades relacionadas con la deficiencia de micronutrientes. Por ejemplo, la carencia de calcio contribuye a la baja densidad mineral ósea y a la osteoporosis. En este sentido, la ingesta de productos a base de nopal constituye una fuente crucial de calcio, de manera que, al ser introducido en la dieta diaria, se combaten las carencias minerales de las poblaciones humanas (Hernández-Becerra *et al.*, 2022). También se ha reportado que los cladodios son un buen complemento alimenticio por su contenido de aminoácidos esenciales, posee 17 aminoácidos diferentes de los cuales, nueve son esenciales. El contenido de histidina, leucina y lisina aumenta con la edad de los cladodios (Hernández-Urbiola *et al.*, 2010). Adicionalmente, aunque el contenido de lípidos es bajo, los cladodios son una fuente de ácidos grasos omega y esenciales. El más abundante fue el ácido eicosadienoico (C 20:2, ω6), seguido del ácido oleico, el ácido palmítico y el ácido γ-linolénico (Abdel-Razek *et al.*, 2019). Finalmente, las diferencias en la composición química entre variedades cultivadas y silvestres, de los cladodios, podrían deberse a diferencias en los suelos y en el ambiente climático (Rodríguez-Félix, 2002; Stintzing y Carle, 2005; Rodríguez-García *et al.*, 2007; Guevara-Figueroa *et al.*, 2010).

## 4. Propiedades bioactivas del nopal

La principal propiedad bioactiva que presenta el nopal es su capacidad antioxidante, misma que ha sido demostrada de forma *in vitro* con los métodos de DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) y de FRAP (Capacidad de Reducción del Hierro). Se ha reportado que los cladodios mantuvieron concentraciones equivalentes de ácido gálico de entre 1040 y 1638 mg por kilogramo de materia fresca. Además, de una concentración de compuestos polifenólicos equivalente a 2 g/kg en extractos hidro-alcohólicos, asociando la alta capacidad antioxidante con esta concentración de polifenoles (Rocchetti *et al.*, 2018). Así también, se ha destacado la cantidad de compuestos fenólicos y de flavonoides, con concentraciones de 2.48 g equivalentes de ácido gálico/100 g de materia seca y 1.06 g de quercetina equivalente/ 100 g de materia seca, respectivamente (Barba *et al.*, 2020).

Otras bioactividades atribuidas al nopal han sido por ejemplo su asociación con efectos antidiabéticos, donde en conjunto con algunas plantas medicinales se han controlado los niveles sanguíneos de glucosa, atribuyéndose este efecto al contenido de polisacáridos presentes en el nopal.

Adicionalmente, se ha relacionado una potencial actividad anticancerígena por parte del nopal derivado de su capacidad antioxidante, teniendo efectos positivos sobre algunas líneas

celulares de ovario (Angulo-Bejarano *et al.*, 2021; Slimen *et al.*, 2016; Tahir *et al.*, 2019).

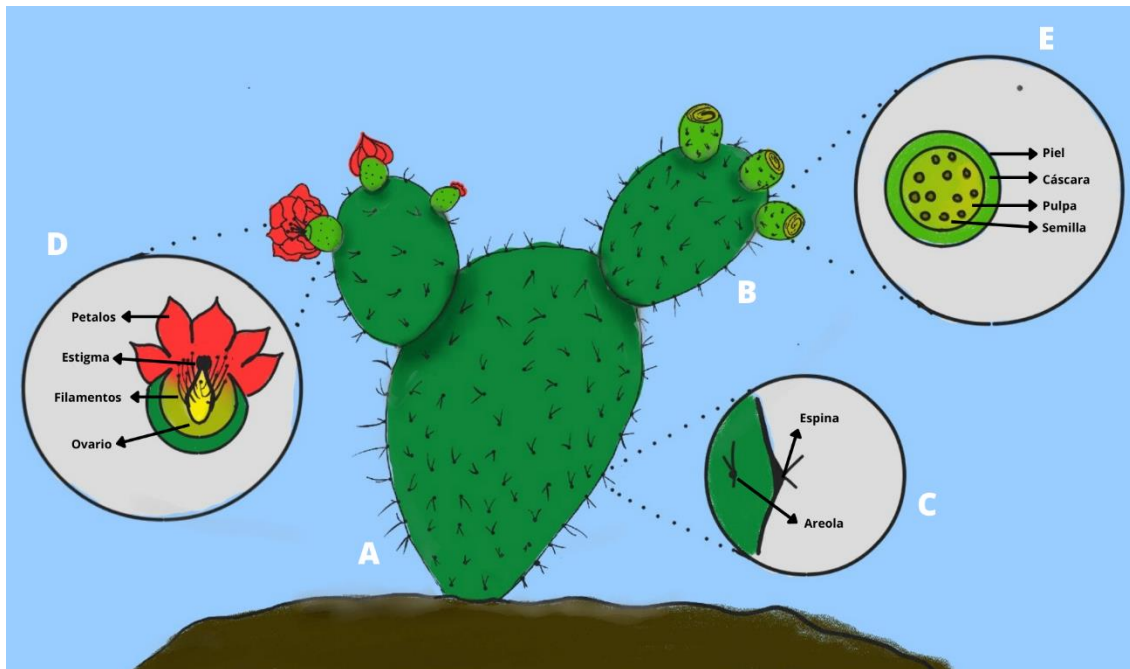


Figura 1: Esquema de las partes del nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) A: hábitat; B: cladodios con frutos; C: detalle de la areola del fruto y cladodio con espinas; D: corte longitudinal de la flor; E: detalle del fruto corte transversal.

Tabla 1: Composición proximal en base seca de cladodios del nopal de diferentes edades (Sáenz & Berger, 2006).

Edad (años)	Descripción	Proteína	Lípidos	Cenizas	Fibra cruda	Carbohidratos
0.5	Brotes	9.4	1	21	8	60.6
1	Nopal	5.4	1.29	18.2	12	63.1
2	Nopal	4.2	1.4	13.2	14.5	66.7
3	Nopal	3.7	1.33	14.2	17	63.7

Tabla 2: Composición proximal de cladodios comerciales y silvestres de distintas variedades de nopal (Sáenz & Berger, 2006).

Variedad	Tipo	Proteína	Lípidos	Cenizas	Fibra cruda	Carbohidratos
Blanco	C	6.7	0.1	17.3	15	61.4
Manso	C	16	0.1	18.8	10.8	55.1
Amarillo	S	15.1	0.6	14.9	6.2	63.2
Blanco	S	19	ND	18.3	ND	62.7
Cristalino	S	9.4	1.5	14.8	7.7	66.5
Duraznillo	S	13.5	1.1	19.7	7.1	69.8
Morado	S	13.9	ND	5.2	ND	80.9
Tapón-I	S	15.1	ND	18.9	ND	66
Tapón-II	S	17.4	1.8	19.5	20.4	42.4
Tempranillo	S	13.4	ND	19.3	5.5	61.9

ND = No determinado, C = Variedad comercial, S = Variedad silvestre

## 5. Viabilidad de mercado y algunos ejemplos de desarrollo de productos a base de nopal

Basado en un estudio de aceptación de productos de nopal realizado recientemente, en donde participaron 200 personas tanto de México como de Brasil, es posible determinar que dichas poblaciones mantienen una alta probabilidad de consumo de este tipo de productos. Dentro de los resultados más sobresalientes se encontró que la aceptación está basada

principalmente en las propiedades funcionales y nutraceuticas que ofrece el nopal, así como por el beneficio económico que puede ser alcanzado en zonas áridas y semiáridas, donde la abundancia de nopal es mucho mayor (Albuquerque *et al.*, 2019).

Por otro lado, algunos ejemplos de productos a base de nopal desarrollados han sido snacks de tercera generación con harinas de nopal y arroz (Anchondo-Trejo *et al.*, 2020), galletas de harina proveniente de cladodios (Nabil *et al.*, 2020), galletas a base de harina de nopal, el hongo *Pleurotus*

*ostreatus* y amaranto (Uriarte-Frías *et al.*, 2021), gelatina y fruta cristalizada con sacarosa (da Silva Junio *et al.*, 2013), mermeladas a partir de pulpa de nopal (Barba *et al.*, 2020) y aplicación de la pulpa como agente colorante en yogur (Carmona *et al.*, 2021).

## 6. Aplicación del nopal en formulaciones de confitería

El alto aporte calórico y el bajo valor nutricional de los productos de confitería son cuestionables por su asociación con enfermedades cardiovasculares, hipertensión, diabetes y obesidad. Por eso, los consumidores exigen productos de confitería más saludables, con mayor cantidad de fibra dietética y de antioxidantes naturales, y con un contenido de azúcar más bajo que los productos comerciales actuales (Hind Saad *et al.*, 2022).

En relación con las aplicaciones tecnológicas del nopal, se han reportado algunos trabajos en donde se han aplicado en el desarrollo de productos de confitería. Anteriormente, se propuso la elaboración de un dulce confitado a base de mango, tratándose de aprovechar el mango en estado de maduración temprana. Fue obtenido un dulce con un 70% de sólidos solubles y con un tiempo de 60 días de conservación (Peña, 2019). En otra investigación, se sustituyó gelatina como ingrediente en la elaboración de malvaviscos, encontrando que la mejor formulación de reemplazo consistió en la mezcla de 75% de mucílago de nopal, 12.5% de goma xantana y 12.5% de agar (Du, 2018). Así también, utilizó la pectina de nopal para la generación de una jalea de cacao, encontrando una buena aceptación por parte de los panelistas encargados de realizar el análisis sensorial, pero con ligeros defectos texturales que se plantea mejorar (Pilligua, 2017).

Por último, en la región de Jocotitlán perteneciente al Estado de México, se elabora un dulce artesanal a base de nopal, el cual es hervido con azúcar o piloncillo y ofertado a la población local. Según un análisis mercadológico, este dulce tiene un alto potencial de venta, lo que permitiría introducirlo a otros puntos de adquisición como tiendas de abarrotes o mercados locales (Santamaria, Mendoza *et al.*, 2018).

Por lo tanto, las características tecno-funcionales y nutricionales de los cladodios, hacen que esta hortaliza sea adecuada para su implementación en formulaciones de confitería, lo que conduciría a un aumento en el valor agregado de este tipo de productos.

## 7. Propuesta de productos de confitería donde puede ser introducido el nopal

Basado en los avances existentes en la elaboración de productos de confitería a base de nopal, es posible determinar que un área de oportunidad para el desarrollo de este tipo de productos se encuentra en la formulación de dulces confitados o grajeas.

Se le llama dulces confitados o grajeas a aquellos dulces que se fabrican a partir de un producto denominado centro o núcleo que puede ser natural (cacahuates o almendras) u obtenido mediante otro proceso (chicle de bola, caramelo macizo, caramelo suave, dulces comprimidos, bases de goma, centros de chocolate o de chocolate sucedáneo, etcétera), a los que se les realiza un proceso de engrosamiento con capas sucesivas de microcristales, aportados por la adición consecutiva de jarabes de sacarosa o de sacarosa con glucosa, aunque en ocasiones, aparte de estos jarabes, también puede

ser agregada azúcar en polvo. Finalmente, también se adicionan colorantes, saborizantes, acidulantes y agentes abrillantadores. Este proceso es realizado en un bombo de grajeado o bombo para confitería (Figura 2), que consiste en un recipiente elíptico, fabricado con cobre o con acero inoxidable. Las corazas obtenidas poseen texturas diferentes, desde duras y quebradizas hasta suaves (Figura 3). Un elemento importante que llega a influir en las corazas es la composición de los jarabes y la propia naturaleza del azúcar al formar cristales que ayudan a crear la cubierta (Hartel *et al.*, 2018; Ramírez & Orozco, 2012).

La composición típica de un confitado suave va del 50 al 60% en composición del núcleo, 30 a 35% de azúcar o polvo seco, 10 a 12% de jarabe absorbente y un aproximado de 2% de ingrediente menores tales como, la precapa, saborizantes, agentes acidulantes y colorantes.

En el caso del confitado duro, una vez que el centro se encuentra cubierto se procede a recubrir con jarabe de manera homogénea; un factor crucial en este procesamiento es la viscosidad del jarabe, debido a que, si éste es muy viscoso, provoca que otras piezas se adhieran entre sí, mientras que si la viscosidad es muy baja la concentración de agua es mayor y como consecuencia se necesita un secado más prolongado para dar paso a la formación de los cristales (Boutin *et al.*, 2004; Hartel *et al.*, 2018; Ramírez & Orozco, 2012).

## 8. Abreviaciones y acrónimos

CB: Compuestos bioactivos

DPPH: 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo

FRAP: Capacidad de Reducción del Hierro

## 9. Conclusiones

El nopal es una especie botánica que puede ser ampliamente aprovechada para potencializar la economía de las regiones donde es cultivado, a partir del desarrollo de productos novedosos con alto valor agregado. Éstos, deben permitir la ingesta de sus diferentes componentes biológicamente activos sin comprometer su estabilidad, por lo que la generación de formulaciones adecuadas y sobre todo con una alta aceptación por parte de consumidores potenciales, debe ser el punto crucial del desarrollo. Así también, aunque el mercado de productos a base de nopal ha exhibido una mayor demanda, es cierto que no existe una amplia gama de productos de consumo que oferten una propiedad funcional y que a la vez produzcan una respuesta hedónica positiva. En este sentido, la industria de la confitería ofrece un nicho de oportunidad, debido a que los productos de esta industria provocan comúnmente placer al consumidor, por lo que desarrollar productos con esta respuesta y que además puedan tener un beneficio sobre la salud, implicaría un gran avance en la tecnología de alimentos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) y a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por el soporte brindado durante la realización de esta investigación.



Figura 2: Dulces confitados elaborados en un bombo de grajeado (imágenes de autoría propia).

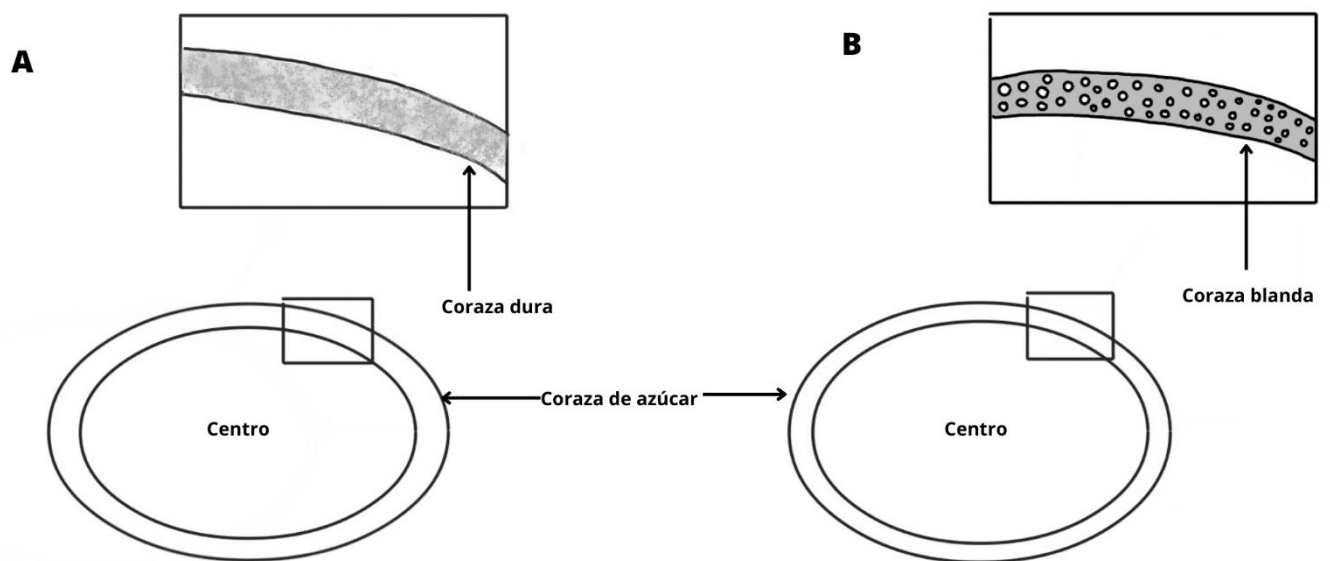


Figura 3: Cristalización de coraza dura (A) y de coraza suave (B) (Hartel *et al.*, 2018).

## Referencias

- Abdel-Razek, A. G., Shehata, M. G., Badr, A. N., Gromadzka, K. & Stępień, L. (2019). The effect of chemical composition of wild *Opuntia ficus indica* byproducts on its nutritional quality, antioxidant and antifungal efficacy. *Egyptian Journal Chemistry* 62(1), 47–61. DOI: 10.21608/ejchem.2019.15895.1967.
- Albuquerque, J. G., Escalona-Buendía, H. B., Magalhães Cordeiro, A. M. T., dos Santos Lima, M., de Souza Aquino, J., da Silva Vasconcelos, M. A., (2021). Ultrasound treatment for improving the bioactive compounds and quality properties of a Brazilian nopal (*Opuntia ficus-indica*) beverage during shelf-life. *LWT - Food Science and Technology* 149, 1–12. DOI: 10.1016/J.LWT.2021.111814
- Albuquerque, J. G., Souza Aquino, J., Albuquerque, J. G., Farias, T. G. S., Escalona-Buendía, H. B., Bosquez-Molina, E., Azoubel, P. M., (2019). Consumer perception and use of nopal (*Opuntia ficus-indica*): A cross-cultural study between Mexico and Brazil. *Food Research International* 124, 101–108. DOI:10.1016/j.foodres.2018.08.036
- Anchondo-Trejo, C., Loya-Carrasco, J. A., Galicia-García, T., Estrada-Moreno, I., Mendoza-Duarte, M., Castellanos-Gallo, L., Márquez-Meléndez, R., Portillo-Arroyo, B., Soto-Figueroa, C., (2020). Development of a Third Generation Snack of Rice Starch Enriched with Nopal Flour (*Opuntia ficus indica*). *Molecules* 26, 54–63. DOI: 10.3390/MOLECULES26010054

- Angulo-Bejarano, P. I., Martínez-Cruz, O., Paredes-Lopez, O., (2021). Phytochemical Content, Nutraceutical Potential and Biotechnological Applications of an Ancient Mexican Plant: Nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Current Nutrition and Food Science* 10, 196–217. DOI:10.2174/157340131003140828121015
- Aragona, M., Lauriano, E. R., Pergolizzi, S., Faggio, C., (2018). *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition. *Natural Product Research* 32, 2037–2049. DOI:10.1080/14786419.2017.1365073
- Barba, F. J., Garcia, C., Fessard, A., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Aboudia, A., Ouadia, A., Remize, F., (2020). *Opuntia Ficus Indica* Edible Parts: A Food and Nutritional Security Perspective. *Food Reviews International* 38, 930–952. DOI:10.1080/87559129.2020.1756844
- Boutin, R., Kannan, A., Warner, J., (2004). Sugarless Hard Panning. *The manufacturing confectioner* 2004, 35–41.
- Carmona, J. C., Robert, P., Vergara, C., Sáenz, C., (2021). Microparticles of yellow-orange cactus pear pulp (*Opuntia ficus-indica*) with cladode mucilage and maltodextrin as a food coloring in yogurt. *LWT* 138, 110672. DOI:10.1016/J.LWT.2020.110672
- Ciriminna, R., Chavarría-Hernández, N., Rodríguez-Hernández, A. I., Pagliaro, M., (2019). Toward unfolding the bioeconomy of nopal (*Opuntia* spp.). *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 13, 1417–1427. DOI:10.1002/BBB.2018
- Corrales-García, J., (2009). Industrialization of cactus pads and fruit in Mexico: Challenges and perspectives. *Acta Horticulturae* 811, 103–112. DOI:10.17660/ACTAHORTIC.2009.811.10
- da Silva Junio, J. J., Cardoso, R. L., de Oliveira Fonseca, A. A., Machado, E. S., (2013). Elaboration and sensorial evaluation of jelly and fruit crystallized cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill). *IDESIA (Arica)* 31, 59–64. DOI:10.4067/S0718-34292013000300008
- Du, T. L., (2018). Celling properties of cactus pear mucilage-hydrocolloid combinations in a sugar-based confectionery [Master's Thesis, University of the Free State].
- El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbj, M. S., Latruffe, N., Lizard, G., Nasser, B., Cherkaoui-Malki, M., (2014). Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease. *Molecules* 19, 14879–14901. DOI:10.3390/MOLECULES190914879
- Guevara-Figueroa, T., Jiménez-Islas, H., Reyes-Escogido, M. L., Mortensen, A. G., Laursen, B. B., Lin, L. W., De León-Rodríguez, A., Fomsgaard, I. S., Barba de la Rosa, A. P., (2010). Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). *Journal of Food Composition and Analysis* 23, 525–532. DOI:10.1016/j.jfca.2009.12.003
- Guzmán Loayza, D., Chávez, J., (2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 73, 41–45.
- Hartel, R. W., von Elbe, J. H., Hofberger, R., (2018). Sugar and Sugar-Free Panned Confections. In: Springer, Cham (Ed.), *Confectionery Science and Technology*, Vol 1. Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, Ch. 13, pp. 361–391. DOI:10.1007/978-3-319-61742-8\_13
- Hernández-Becerra, E., Aguilera-Barreiro, M. de los Á., Contreras-Padilla, M., Pérez-Torrero, E., Rodríguez-García, M. E., (2022). Nopal cladodes (*Opuntia Ficus Indica*): Nutritional properties and functional potential. *Journal of Functional Foods* 95, 105183. DOI: 10.1016/J.JFF.2022.105183
- Hernández-Urbiola, M.I., Contreras-Padilla, M., Pérez-Torrero, E., Hernández-Quevedo, G., Rojas-Molina, J.I., Cortes, M.E., Rodríguez-García, M.E., (2010). Study of nutritional composition of nopal (*Opuntia ficus indica* cv. Redonda) at different maturity stages. *Open Nutrition Journal* 4, 11–16. DOI:10.2174/1874288201004010011
- Hind Saad, A., Fatma, A. A., Hossam, E.D., (2022). Assessment of jelly candy manufactured from prickly pear fruits (*Opuntia* Spp.). *World Journal of Advanced Research and Reviews* 16, 767–783. DOI:10.30574/wjarr.2022.16.1.1100
- Lim, T., (2012). *Opuntia ficus-indica*. In: T. Lim (Ed.), *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*. Vol. I. Springer, Netherlands, Ch. 15, pp. 660–682. DOI:10.1007/978-90-481-8661-7\_94
- Muñoz-Urías, A., Palomino-Hasbach, G., Terrazas, T., García -Velázquez, A., Pimienta-Barrios, E., (2008). Variación anatómica y morfológica y entre poblaciones de *Opuntia* en la porción ser del Desierto Chihuahuense. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 83, 1–11.
- Nabil, B., Ouaabou, R., Ouhammou, M., Essaadouni, L., Mahrouz, M., Contreras-Gámez, M. D. M., (2020). Functional Properties, Antioxidant Activity, and Organoleptic Quality of Novel Biscuit Produced by Moroccan Cladode Flour " *Opuntia ficus-indica* ". *Journal of Food Quality* 2020, 1–12. DOI:10.1155/2020/3542398
- Peña, C. J. A., (2019). Obtención de parámetros óptimos en la elaboración de fruta confitada a partir del mango verde (*Mangifera Indica*) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Piura].
- Pilliga, P. F. M., (2017). Extracción de la pectina del nopal (*Opuntia ficus indica*) y su aplicación en un dulce de cacao [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil].
- Ramírez, G. M. M., Orozco, S. N. E., (2012). Confitería. De lo artesanal a la tecnología. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes.
- Reyes-Aguero, J. A., Aguirre-Rivera, J. R., Hernández, H. M., (2005). Systematic notes and a Detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. (CACTACEAE). *Agrociencia* 39, 395–408.
- Rocchetti, G., Pellizzoni, M., Montesano, D., Lucini, L., (2018). Italian *Opuntia ficus-indica* Cladodes as Rich Source of Bioactive Compounds with Health-Promoting Properties. *Foods* 7, 24–36. DOI:10.3390/FOODS7020024
- Rodríguez-Felix, A., (2002). Postharvest physiology and technology of cactus pear fruits and cactus leaves. *Acta Horticulturae* 581, 191–199. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.581.18
- Rodríguez-García, M. E., De Lira, C., Hernández-Becerra, E., Cornejo-Villegas, M. A., Palacios-Fonseca, A. J., Rojas-Molina, I., Reynoso, R., Quintero, L. C., Del-Real, A., Zepeda, T. A., 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 for Human Nutrition* 62, 107–112. DOI:10.1007/s11130-007-0049-5
- Roldán Cruz, E. I., (2019). Proximidad geográfica y organizativa en la producción de la *Opuntia* spp en Hidalgo. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional* 29, 1–33. DOI:10.24836/ES.V29I53.699
- Sáenz, C., Berger, H., (2006). Utilización agroindustrial del nopal. FAO, Roma, Italia.
- Santamaria, Mendoza, E., González, M. G., Gutiérrez, A. E., Bernal, R. O., (2018). Oportunidad competitiva del dulce de nopal elaborado en Jcotitlán para su consumo en el Valle de Toluca. *Vinculatégica* 1, 86–95.
- Slimen, I. B., Najjar, T., Abderrabba, M., (2016). *Opuntia ficus-indica* as a Source of Bioactive and Nutritional Phytochemicals. *Journal of Food and Nutrition Sciences* 4, 162–169. DOI: 10.11648/j.jfns.20160406.14
- Stintzing, F. C., Carle, R., (2005). Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Molecular Nutrition and Food Research* 49, 175–194. DOI: 10.1002/mnfr.200400071
- Tahir, H. E., Xiaobo, Z., Komla, M. G., Mariod, A. A., (2019). Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) as a Source of Bioactive Compounds. In A. M. Abdalbasit (Ed.), *Wild Fruits: Composition, Nutritional Value and Products*. Vol. I. Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, Ch. 26, pp. 333–358. DOI:10.1007/978-3-030-31885-7
- Torres Salcido, J. G., Cornejo Oviedo, F. M., Torres Salcido, J. G., Cornejo Oviedo, F. M., (2018). Organización y liderazgo en la construcción de un Sistema Agroalimentario Localizado. Un estudio de caso sobre el nopal en Hidalgo, México. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)* 28, 1–25. DOI:10.24836/ES.V28I51.496
- Torres-Ponce, R., Morales-Corral, D., Ballinas-Casarrubias, M., Nevárez-Moorillón, G., (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 6, 1129–1142.
- Uriarte-Frías, G., Hernández-Ortega, M. M., Gutiérrez-Salmeán, G., Santiago-Ortiz, M. M., Morris-Quevedo, H. J., Meneses-Mayo, M., (2021). Pre-Hispanic Foods Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*), Nopal (*Opuntia ficus-indica*) and Amaranth (*Amaranthus* sp.) as New Alternative Ingredients for Developing Functional Cookies. *Journal of Fungi* 7, 911–931. DOI:10.3390/JOF7110911