

Potencial del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para su incursión en la industria de la confitería: Una breve revisión

A. Ponce-Luna¹, E. Pérez-Escalante¹, L. García-Curiel², A. A. Hernández-Hernández¹, E. Contreras-López¹ y J. G. Pérez-Flores¹

¹Área Académica de Química, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo, km 4.5 C.P. 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

jesus_perez@uaeh.edu.mx

²Área Académica de Enfermería, Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Circuito Ex Hacienda La Concepción S/N Carretera Pachuca Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México, C.P. 42060.

RESUMEN

El nopal es una fuente de diversos componentes bioactivos y techno-funcionales que pueden ser aprovechados para el desarrollo de nuevos productos. Dentro de estos compuestos, destaca el alto contenido de polifenoles o 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, materiales de recubrimiento y bombos industriales, cuyo proceso no requiere de la aplicación de altas temperaturas, permitiendo mantener un mayor contenido de componentes biológicamente activos comparado con productos provenientes de la industria de panificación. De esta manera es posible cumplir con uno de los factores primordiales para el consumo de productos de nopal, el cual está asociado con la obtención de beneficios hacia la salud.

Palabras clave: Nopal; Confitería; Viabilidad de mercado

Abstract

Nopal is a source of a broad diversity of bioactive and techno-functional compounds, which could be used for novel product development. Within those components stands out the high content of polyphenols and polysaccharides related to antioxidant, antidiabetic, and anticancerogenic properties. In addition, nopal has structural polysaccharides like mucilage, which has been applied in jelly, marshmallows, and cocoa candies formulations. In this sense, the confectionery industry shows a great target for nopal-based development products because the advances for this industry are very scarce so far. An interesting proposal is the production of soft or hard sugar panning candies using different coating materials and edible nopal parts. A higher concentration of bioactive compounds can be achieved in this process because this does not require high temperatures, compared to products from the baking industry. In this way it is possible to comply with one of the main factors for the consumption of nopal products, obtaining health benefits.

Keywords: *Opuntia*; Confectionery; Market viability

INTRODUCCIÓN

El nopal se encuentra dentro del género *Opuntia*, cuya principal característica es la presencia de espinas, mismas que se encuentran alrededor de la penca. Estas espinas, que por lo general son de tamaño pequeño, se encuentran agrupadas en gran número y son conocidas como ahuates (Peña-Valdivia *et al.*, 2008; Pilligua Piguave, 2017). 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 (Torres Salcido & Cornejo Oviedo, 2018; Ciriminna *et al.*, 2019; Roldán Cruz, 2019).

Morfológicamente, el nopal es una planta arbustiva con un tronco leñoso y ramas que forman cladodios, conocidos comúnmente como nopalitos si éstos son frescos, o pencas si son adultos (Espinoza Sánchez *et al.*, 2014; Pilligua Piguave, 2017). Su composición química puede llegar a variar dependiendo de la edad del nopal, teniendo un contenido proteico, de grasa, cenizas, fibra cruda y extracto no nitrogenado de 3.7-9.4%, 1.0-1.4%, 13.2-21.0%, 8.0-17.0% y 60.6-66.7% en base seca, respectivamente (Sáenz & Berger, 2006). Por otro lado, el nopal es fuente de diversos fitoquímicos con potencial nutraceutico y bioactivo (Angulo-Bejarano *et al.*, 2014; El-Mostafa *et al.*, 2014; Slimen *et al.*, 2016; Rochetti *et al.*, 2018; Barba *et al.*, 2020; de Albuquerque *et al.*, 2021), los cuales pueden ser aprovechados para ofertar un vehículo de consumo distinto al convencional. Dentro de los componentes con efecto positivo hacia a la salud destacan, por ejemplo: polifenoles, carotenoides, betalaínas, ácido ascórbico y tocoferoles con capacidad antioxidante, así como esteroides y ácidos grasos.

En lo que respecta al mercado para productos a base de nopal, un estudio realizado por de Albuquerque *et al.* (2019) 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. 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 Toit, 2018) y caramelos macizos o gomitas (Corrales-García, 2007), donde el mucílago presente en el nopal es utilizado como reemplazante de alguno de los ingredientes de la formulación.

Dado lo anterior, la presente revisión tiene el objetivo de plantear un esquema general de las propiedades morfológicas, fisicoquímicas y funcionales del nopal, así como brindar un panorama general de los productos donde se ha incluido a esta especie para finalmente establecer sus posibles aplicaciones en la industria de la confitería.

Generalidades del nopal: Morfología y composición química

El nopal se encuentra dentro del género *Opuntia* es una planta arbustiva donde las ramas forman cladodios (Figura I). 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 a la especie, pero todas presentan una morfología similar con abundantes espinas pequeñas durante la maduración (Muñoz-Urias *et al.*, 2008; Pilligua Piguave, 2017; Vela, 2022).



Figura I. Descripción botánica del nopal. Adaptado de <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/las-partes-del-nopal>

La composición química del nopal puede llegar a variar dependiendo de la edad de éste, en la Tabla I se muestra la variabilidad composicional de acuerdo con la maduración de la especie. Así mismo, se considera a la especie *Opuntia ficus indica* como un alimento nutricional, ya que, al ser de origen vegetal, aporta grandes cantidades de minerales, fibra y compuestos fitoquímicos capaces de proporcionar en gran medida valores nutricionales altos. El nopal 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; Magro & Pérez, 2017).

Tabla I. Composición del nopal como porcentaje respecto a materia seca. Obtenido de Sáenz & Berger, 2006.

Propiedades bioactivas del nopal

Edad (años)	Descripción	Proteína	Grasa	Ceniza	Fibra cruda	Extracto no nitrogenado
0.5	Brotos	9.4	1.00	21.0	8.0	60.6
1	Nopal	5.4	1.29	18.2	12.0	63.1
2	Nopal	4.2	1.40	13.2	14.5	66.7
3	Nopal	3.7	1.33	14.2	17.0	63.7

La principal propiedad bioactiva que presenta el nopal es su capacidad antioxidante, misma que ha sido demostrada de forma *in vitro* a través de análisis como DPPH y FRAP. Rochetti *et al.* (2018) encontraron que los cladodios mantuvieron concentraciones equivalentes de ácido gálico de entre 1040 y 1638 mg por kilogramo de materia fresca. Además, encontraron una concentración de compuestos polifenólicos equivalente a 2 g/kg en extractos hidro-alcohólicos, asociando la alta capacidad antioxidante con esta concentración de polifenoles. Así también, Barba *et al.* (2020) destacan la alta cantidad de compuestos fenólicos y 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.

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 presente 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 ováricas celulares (Angulo-Bejarano *et al.*, 2014; Slimen *et al.*, 2016; Tahir *et al.*, 2019).

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 por de Albuquerque *et al.* (2019) 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.

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.*, 2021), 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 confitada (da Silva Júnior *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).

Aplicación del nopal en la industria de la confitería

Como se ha descrito con anterioridad, los productos que han sido desarrollados adicionando alguna parte comestible del nopal han estado orientados principalmente en la industria de la panificación o de

mermeladas. No obstante, existen algunos ejemplos de desarrollos en la industria confitera, donde pueden destacarse los siguientes ejemplos.

Peña Custodio (2019) propuso la elaboración de un dulce confitado a base de mango, tratándose de aprovechar el mango en estado de maduración temprana. Una vez confitado el producto final fue un dulce con un 70% de sólidos solubles y con un tiempo de 60 días de conservación. du Toit (2018) 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. Así también, Pilligua Piguave (2017) 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. 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 realizado por Santamaria-Mendoza (2018), este dulce tiene un alto potencial de venta, lo que permitiría introducirlo a otros puntos de adquisición como tiendas de abarrotes o mercados locales.

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 generación de dulces confitados con azúcar.

Este tipo de dulces pueden ser definidos como caramelos azucarados a los que se les realiza un proceso específico para la adición de una capa de azúcar al núcleo base y, a medida que se le añaden más capas por medio de la asistencia de un bombo (Figura II), las corazas obtenidas comienzan a poseer texturas diferentes, desde duras y quebradizas hasta suaves (Figura III). 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 (Herrero, 1991; Cedeño Briones, 2010; Hartel, *et al.*, 2018).



Figura II. Bombo industrial. Adaptado de <http://www.bombosymaquinaria.com/serviciosyproductos.htm>

El proceso general para la elaboración de productos confitados suaves consiste en que, una vez recubierto los centros, se procede a la generación de una cáscara de azúcar a través de la adición consecutiva de jarabe y polvo seco. La composición típica de un moldeado 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 pre-capa, saborizantes, agentes acidulantes y colorantes.

En el caso del moldeado duro, una vez que el centro se encuentra pre-recubierto 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. Aunado a lo anterior, las temperaturas para promover la cristalización están íntimamente relacionadas con la sensibilidad térmica del centro, si se utilizan centros con una baja tolerancia a altas temperaturas, es recomendable que la cristalización se lleve a cabo por debajo del punto de ablandamiento. Por el contrario, si el centro resiste altas temperaturas, es posible aplicar calor de manera directa para acelerar el proceso de secado y cristalización (Boutin *et al.*, 2004; Adele, 2005; Hartel & Hartel, 2014; Hartel *et al.*, 2018).

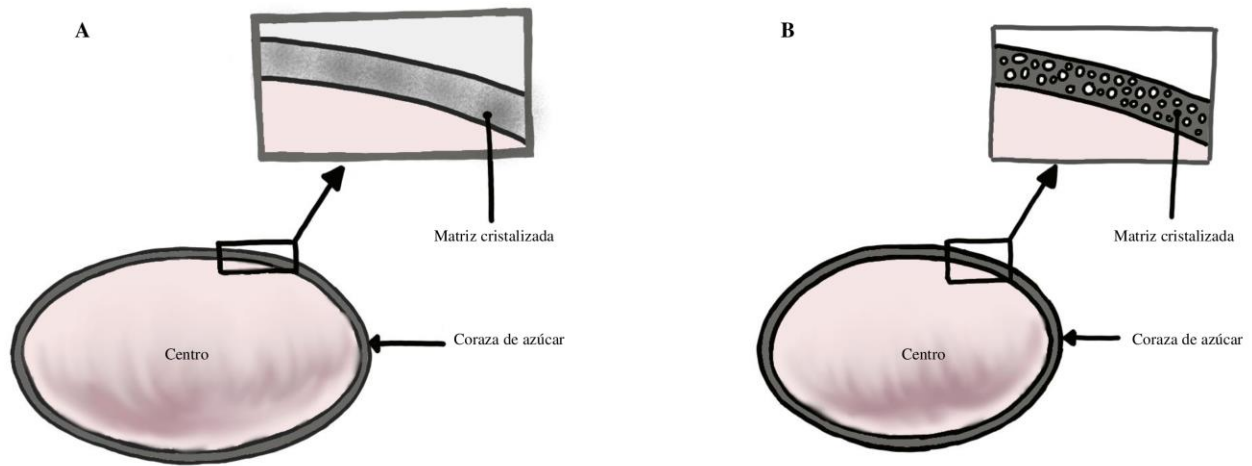


Figura III. Cristalización de coraza dura (A) y suave (B). Adaptado de Hartel *et al.* (2018).

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 nuevos productos. 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 tiene 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.

BIBLIOGRAFÍA

- Adele, F. (2005). Automated panning technology. *Manufacturing Confectioner*, 85(11), 31.
- 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(1), 54.
- Angulo-Bejarano, P. I., Martínez-Cruz, O., & Paredes-López, O. (2014). Phytochemical content, nutraceutical potential and biotechnological applications of an ancient Mexican plant: nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Current Nutrition & Food Science*, 10(3), 196-217.
- Arqueología Mexicana. <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/las-partes-del-nopal>.
- Barba, F. J., Garcia, C., Fessard, A., Munekata, P. E., Lorenzo, J. M., Aboudia, A., Ouadia, A., & Remize, F. (2020). *Opuntia ficus indica* edible parts: A food and nutritional security perspective. *Food Reviews International*, 1-23.
- Bombos y maquinaria. <http://www.bombosymaquinaria.com/serviciosyproductos.htm>
- Boutin, R., Kannan, A. T., & Warner, J. (2004). Sugarless Hard Panning. *Manufacturing Confectioner*, 84(11), 35-42.
- 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.
- Cedeño Briones, M. D. L. A. (2010). *Determinación de la temperatura vitreo de transición en caramelos duros* [Tesis de licenciatura, Ingeniería de Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
- 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(6), 1417-1427.
- Corrales-García, J. (2007, octubre). *Industrialization of cactus pads and fruit in Mexico: challenges and perspectives* [Conferencia]. VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal, Paraiba, Brasil.
- da Silva Júnior, 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 (Chile)*, 31(3), 59-64.
- de Albuquerque, J. G., de Souza Aquino, J., de Albuquerque, J. G., de 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.
- de Albuquerque, J. G., Escalona-Buendía, H. B., de 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*, 149, 111814.

- du Toit, L. (2018). *Celling properties of cactus pear mucilage-hydrocolloid combinations in a sugar-based confectionery* [Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Naturales y Agrícolas, Universidad Pública de Bloemfontein].
- El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. H. 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*(9), 14879-14901.
- Espinoza Sánchez, E. A., Silos Espino, H., Flores Benitez, S., Valera Montero, L. L., Rodríguez Salazar, E., Gallegos Vázquez, C., Guevara Lara, F., González Chavira, M., & Guzmán Maldonado, H. S. (2014). Agrupamiento de genotipos de nopal (*Opuntia* spp.) de México por medio de la técnica de AFLPs y características del fruto. *Phyton: Revista Internacional de Botánica Experimental*, *83*(2), 299-306.
- 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*(1), 41-45.
- Hartel, R. W., & Hartel, A. (2014). Panning Patience. En *Candy Bites* (pp. 179-182). Copernicus.
- Hartel, R. W., Elbe, J. H. V., & Hofberger, R. (2018). Sugar and Sugar-Free Panned Confections. En *Confectionery Science and Technology* (pp. 361-391). Springer.
- Herrero, E. C. (1991). Dulces confites. *Revista de Dialectología y Tradiciones Populares*, *46*, 209-229.
- Magro, S., & Pérez Maurice, M. B. (2017). *Evaluación de nopales (opuntia ficus indica) como fuente de calcio* [Monografía, Ingeniería en Alimentos, Universidad Argentina de la Empresa].
- Muñoz-Urias, A., Palomino-Hasbach, G., Terrazas, T., García-Velázquez, A., & Pimienta-Barrios, E. (2008). Variación anatómica y morfológica en especies y entre poblaciones de *Opuntia* en la porción sur del Desierto Chihuahuense. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, *(83)*, 1-11.
- Nabil, B., Ouaabou, R., Ouhammou, M., Essaadouni, L., & Mahrouz, 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.
- Peña Custodio, J. A. (2019). Obtención de parámetros óptimos en la elaboración de fruta confitada a partir del mango verde (*Mangifera Indica*) [Tesis de licenciatura, Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de Piura].
- Peña-Valdivia, C. B., Luna-Cavazos, M., Carranza-Sabas, J. A., Reyes-Agüero, J. A., & Flores, A. (2008). Morphological characterization of *Opuntia* spp.: a multivariate analysis. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, *10*, 1-21.
- Pilligua Piguave, F. M. (2017). *Extracción de la pectina del nopal (opuntia ficus indica) y su aplicación en un dulce de cacao* [Tesis de licenciatura, Química y Farmacia, Universidad de Guayaquil].
- 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*(2), 24.

- 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(53), e19699.
- Sáenz, C., & Berger, H. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal* (Vol. 162). Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación [FAO].
- Santamaria Mendoza, E. A., González Miranda, G., Gutiérrez Alva, E. E., & Bernal Ramos, O. (2018). Oportunidad competitiva del dulce de nopal elaborado en Jocotitlán para su consumo en el Valle de Toluca, 2017. *VinculaTégica, EFAN*, 3(2), 86-95.
- Slimen, I. B., Najar, T., & Abderrabba, M. (2016). *Opuntia ficus-indica* as a source of bioactive and nutritional phytochemicals. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 4(6), 162-169.
- Tahir, H. E., Xiaobo, Z., Komla, M. G., & Adam Mariod, A. (2019). Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) as a source of bioactive compounds. En A. Mariod (Ed.), *Wild Fruits: Composition, Nutritional Value and Products* (pp. 333-358). Springer.
- 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(51).
- Torres-Ponce, R. L., Morales-Corral, D., Ballinas-Casarrubias, M. D. L., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 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(11), 911.