

## **Análisis químico-proximal de mermeladas elaboradas a base de nopal (*Opuntia ficus-indica*), chía (*Salvia hispánica*), aguamiel y xoconostle (*Opuntia spp.*) a diferentes concentraciones**

Proximal chemical analysis of jams made from nopal (*Opuntia ficus-indica*), chia (*Salvia hispánica*), aguamiel and xoconostle (*Opuntia spp.*) in different concentrations

Magdalena Bravo Cruz<sup>1</sup>, Aurora Quintero Lira<sup>1\*</sup>, Javier Piloni Martini<sup>1</sup>, Cesar Uriel López Palestina<sup>1</sup> y Esther Ramírez Moreno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias (UAEH), Avenida Universidad Km. 1 s/n Exhacienda Aquetzalpa, 43600 Tulancingo, Hgo.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud. Carretera Pachuca-Actopan camino a Tilcuautla s/n Pueblo San Juan Tilcuautla, 42160 Hgo filiación

Autor de correspondencia: \*aurora\_quintero1489@uah.edu.mx

### **Resumen**

Las enfermedades crónico-degenerativas, como la diabetes, representan un problema global de salud, causando más de 15 millones de muertes prematuras en personas de entre 30 y 70 años. Esto ha impulsado a los consumidores a buscar alimentos de mejor calidad, que además ofrezcan beneficios para la salud. Esta relación entre los alimentos y el bienestar ha fomentado estudios científicos sobre la importancia de ciertos alimentos funcionales, que aporten componentes como probióticos y antioxidantes. En base a lo anterior, el presente estudio de investigación desarrolló una mermelada a base de nopal, endulzada con aguamiel, enriquecida con chía y xoconostle a diferentes concentraciones (T1: 1%, T2: 2%, y T3: 3%). El nopal y el xoconostle se obtuvieron de invernaderos en Hidalgo, México. El proceso de elaboración de las mermeladas consistió en la cocción y reducción del aguamiel hasta obtener los grados Brix adecuados y la consistencia propia de las mermeladas. Se realizó un análisis químico-proximal del nopal, xoconostle y mermeladas, además de un análisis fisicoquímico. Los resultados mostraron que el nopal y el xoconostle tienen porcentajes similares a reportados por otros autores de humedad, grasa, fibra, cenizas y carbohidratos. Las mermeladas mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en humedad, fibra y proteínas. El tratamiento T2 destacó por su mayor contenido de fibra y grasa, y los niveles de proteína fueron similares entre todos los tratamientos. En conclusión, la elaboración de mermeladas a base de nopal y xoconostle presenta una opción nutritiva, ya que emplea ingredientes naturales con propiedades beneficiosas para la salud.

**Palabras clave:** mermelada, nopal, aguamiel, xoconostle, chía.

### **Abstract**

Chronic-degenerative diseases, such as diabetes, represent a global health problem, causing more than 15 million premature deaths in people aged between 30 and 70 years. This has driven consumers to seek higher quality foods that also offer health benefits. This relationship between food and well-being has fostered scientific studies on the importance of certain functional foods that provide components such as probiotics and antioxidants. Based on the above, the present research study developed a jam made from nopal, sweetened with aguamiel, and enriched with chia and xoconostle at different concentrations (T1: 1%, T2: 2%, and T3: 3%). The nopal and xoconostle were obtained from greenhouses in Hidalgo, Mexico. The process of making the jams involved cooking and reducing the aguamiel until the appropriate Brix degrees and the typical consistency of jams were achieved. A chemical-proximal analysis of the nopal, xoconostle, and jams was carried out, in addition to a physicochemical analysis. The results showed that the nopal and xoconostle have percentages like those reported by other authors for moisture, fat, fiber, ash, and carbohydrates. The jams showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in moisture, fiber, and proteins. Treatment T2 stood out for its higher fiber and fat content, and protein levels were similar across all treatments. In conclusion, the production of nopal and xoconostle-based jams presents a nutritious option, as it uses natural ingredients with beneficial health properties.

**Keywords:** jam, nopal, aguamiel, xoconostle, chia.

## Introducción

En la actualidad las enfermedades crónico-degenerativas entre ellas Diabetes ha causado más de 15 millones de muertes prematuras en personas de entre los 30 y 70 años, generando un grave problema de salud mundial (World Health Organization, 2017). Estos problemas han llevado a generar interés por parte de los consumidores para buscar alimentos de mayor calidad y aprovechar sus componentes nutricionales, además de obtener posibles efectos benéficos para la salud (Alvídrez-Morales et al., 2002). Hay una relación directa entre los alimentos y la salud de las personas que ha provocado una variedad de estudios científicos para descubrir la relevancia y la participación de alimentos con funciones específicas en el cuerpo humano (Meléndez-Sosa et al., 2020). Además, en años recientes las tendencias mundiales sobre el consumo de alimentos a dado lugar al desarrollo de nuevas tecnologías en la ciencia de alimentos y la nutrición conocido como alimentos funcionales, estos se caracterizan por contribuir al bienestar de los consumidores. Los ingredientes de estos productos suelen tener propiedades como: probióticos, prebióticos, antioxidantes, fitoesteroles, entre muchos otros (Meléndez-Sosa et al., 2020). Uno de ellos es el nopal que es un género de plantas de la familia de las cactáceas y es de gran interés en la industria alimentaria por su funcionalidad, es originaria de México y del género *Opuntia* se han clasificado con más de 150 especies. Es una planta altamente adaptable, ya que es capaz de crecer en zonas áridas o semiáridas (Hernández-Becerra et al., 2022). El cladodio de nopal tiene componentes como polímeros que contienen carbohidratos, principalmente mucilago, un hidrocoloide formado de azúcares como arabinosa, galactosa, ramnosa, xilosa, ácido urónico y ácido acturónico. Este mucilago es el que le da la propiedad al nopal de retener agua y formar geles, lo cual lo hace un compuesto de interés para la industria farmacéutica y alimentaria (Mondragon et al., 2018). La formulación de nuevos alimentos como mermeladas funcionales proporcionar una alternativa para el consumo de este tipo de productos para las personas con padecimientos como Diabetes, ya que este cuenta con ingredientes naturales y saludables para la salud. CODEX STAN 296-2009 define a la mermelada como "Producto preparado por cocimiento de fruta(s) entera(s), en trozos o machacadas mezcladas con productos alimentarios que confieren un sabor dulce hasta obtener un producto semilíquido o espeso/viscoso" las características que debe cumplir una mermelada es un contenido mínimo de 30% de fruta del producto terminado y como mínimo 45°Brix. En base a lo anterior, se plantea la elaboración de una mermelada funcional a base de nopal, endulzada con aguamiel y enriquecida con chía y xoconostle a diferentes concentraciones para conocer sus características nutrimentales a través del análisis químico proximal y fisicoquímico de las diferentes mermeladas.

## Metodología

### Selección de la materia prima

El nopal (*Opuntia ficus-indica*) y el xoconostle (*Opuntia spp.*) se obtuvieron de invernaderos controlados en La Esperanza, Cuauhtepic de Hinojosa, Hidalgo, con coordenadas geográficas 20.06902°N y 98.31803°O. El aguamiel se obtuvo en Singuilucan, Hidalgo, ubicado en 19.96757°N y 98.51858°O. Finalmente, la chía (*Salvia hispánica*) se adquirió a través de fuentes comerciales.

### Elaboración de mermeladas

En la Tabla 1 se muestran las 4 formulaciones de mermeladas de nopal endulzadas con aguamiel y enriquecidas con chía (3%) a diferentes concentraciones de xoconostle (control: 0%, T1: 1%, T2: 2% y T3: 3%). Todas las formulaciones se obtuvieron a una concentración final de 58°Brix. Los cladodios de nopal se seleccionaron con unas medidas de entre 5 y 9cm de largo, esta característica cumple con el estado de maduración deseada (Guzmán Loayza & Chávez, 2007). En la Tabla 1 se presenta los porcentajes utilizados de cada ingrediente para las formulaciones de cada tratamiento.

Para la elaboración de la mermelada control se realizó utilizando la metodología descrita por Gutiérrez-Fernández (2017), donde los nopales se picaron y se pusieron a cocción en agua y jugo de limón por 5min a 92°C, una vez cocidos se escurrieron y se molieron en una licuadora por 2min hasta obtener una pulpa. Por otra parte, el aguamiel fue filtrado y se redujo a 92°C hasta obtener 38°Brix, una vez obtenidos, se añadió la pulpa de nopal y la harina de chía, se dejó calentando hasta obtener 58°Brix. Para la elaboración de las mermeladas de los diferentes tratamientos, los nopales se picaron y se cocieron a 92°C en agua durante 5min, se escurrieron y se molieron en una licuadora convencional hasta obtener una pulpa. El xoconostle se pelo, se retiró la semilla y se molió por aproximadamente 2min. El aguamiel se filtró con manta de cielo para



eliminar impurezas, se calentó hasta reducir el líquido y obtener una concentración de 38°Brix, una vez que se obtuvo la concentración se agregó la pulpa de nopal junto con la harina de chía y la pulpa de xoconostle a diferentes tratamientos (T1: 1%, T2: 2% y T3: 3%) y se continuó el proceso de calentamiento a 92°C hasta que se obtuvo 58°Brix, posteriormente se envasaron y esterilizaron.

**Tabla 1.** Formulación de mermeladas con diferentes concentraciones de xoconostle

Tratamientos	Nopal	Chía	Xoconostle
Control	97 %	3 %	0 %
T1	96 %	3 %	1 %
T2	95 %	3 %	2 %
T3	94 %	3 %	3 %

### Análisis químico proximal del nopal, xoconostle y mermeladas

Los análisis químicos proximales se realizaron por triplicado en la materia prima (nopal, xoconostle) y en las mermeladas (Control 0%, T1: 1%, T2: 2% y T3: 3%). Se determinó la humedad por el método 925.49 de la (AOAC, 2016a). En charolas de aluminio (a peso constante) se pesaron 10g de cada muestra (nopal, xoconostle y mermeladas), se metieron en una estufa marca Craft a 105°C durante 4h, transcurrido ese tiempo se colocaron en un desecador durante 15min para su enfriamiento, finalmente se pesaron hasta obtener un peso constante. La determinación de cenizas se realizó con el método 900.02 de la (AOAC, 2016b). En crisoles de porcelana (a peso constante) se pesaron 5g de cada muestra. Estas se carbonizaron utilizando un mechero Bunsen y un triángulo de porcelana. Posteriormente, se llevaron a calcinación en una mufla marca Felisa a 525-550°C durante 4h hasta obtener unas cenizas de color blanco grisáceo. Se dejaron enfriar los crisoles con la muestra en un desecador por 15min y se pesaron. Para la determinación de grasa se utilizó el método de Soxhlet 920.75 de la (AOAC, 2016c). Se colocaron las muestras libres de humedad en vasos Büchi y cartuchos de celulosa. Se empleó como solvente éter de petróleo, y se inició la extracción en el equipo Soxhlet Marca Buchi durante 4h. Terminando la extracción, se dejó enfriar los vasos Büchi en un desecador por 15min y se pasaron. Para la determinación de fibra se utilizó el método 930.20 de la (AOAC, 2018a), se utilizaron las muestras obtenidas de la extracción de grasa y se colocaron en un vaso Berzelius. Se añadió 200mL de ácido sulfúrico 0.255N y se calentaron los vasos en un determinador de fibra marca Labconco. La muestra hirvió por 30min se filtró y se lavó con agua destilada hasta obtener un pH neutro. Las muestras filtradas se colocaron una vez más en los vasos Berzelius y se le añadirán 200mL de hidróxido de sodio 0.313N caliente. Se colocaron a ebullición en el equipo por 30min, se filtraron y se agregaron 25mL de ácido sulfúrico 0.255N caliente, 150mL de agua caliente y 25mL de alcohol. El residuo obtenido del filtrado se pasó a crisoles y se dejaron secar por 2h a 130°C, se enfriaron en un desecador. Las muestras se llevaron a calcinar a 530°C durante 30min, ya fríos se pesaron. Por último, para la determinación de proteína se realizó de acuerdo con el método de Kjeldahl 970.22 de la (AOAC, 2018b). Este procedimiento consta de 3 etapas. En la primera etapa, se realizó una digestión Kjeldahl. En un tubo Kjeldahl se colocarán 0.5g de las diferentes muestras (nopal, xoconostle y mermeladas), una pastilla digestora y 15mL de ácido sulfúrico concentrado y se colocó en el digestor. Al finalizar el proceso, se añadió 20mL de agua destilada a los tubos, y estos se colocaron en el destilador Büchi. En el tubo terminal del refrigerante del equipo de destilación Kjeldahl se colocó un matraz Erlenmeyer con 50mL de ácido bórico al 2% y 2 gotas de rojo de metilo, y se procedió a realizar la destilación (2da etapa). En la tercera etapa, se llevó a cabo una titulación con ácido sulfúrico 0.1N.

### Análisis Físicoquímico de las Mermeladas

Los análisis se realizaron por triplicado de los tratamientos de las mermeladas incluyendo el control. La acidez titulable es representada por ácidos orgánicos libres, se mide con la neutralización a partir de una solución base. Se expresarán los datos como porcentaje de ácido cítrico para todos los tratamientos de las mermeladas. En 25mL de agua destilada se añadir 2g de cada muestra. La fenoltaleína es la solución indicadora, se añadió a la muestra 2 gotas y la titulación se realizó con una solución base, en este caso NaOH a 0.1N que se utilizó para neutralizar la sustancia (Rodríguez-Arzave et al., 2020).

Para la determinación de pH se utilizó un potenciómetro marca HANNA. Se calibró el equipo utilizando soluciones amortiguadoras de pH 4 y 7 a temperatura ambiente. En vasos de precipitado se colocarán 10g de cada muestra y se realizó la lectura. Entre cada lectura se enjuaga el electrodo con agua destilada (Rodríguez-Arzave et al., 2020).

## Resultados

En la Figura 1 se puede observar las mermeladas obtenidas elaboradas a base de nopal, chíá (3%), aguamiel y xoconostle en diferentes concentraciones (Control: 0%, T1: 1%, T2: 2% y T3: 3%).



Figura 1. Mermeladas de nopal (imágenes obtenidas de las mermeladas elaboradas en este proyecto).

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos del análisis químico-proximal del nopal y xoconostle. El nopal presentó una humedad del 94.9%. Mondragón et al. (2018) reportó una humedad máxima del 95%, lo que indica que la réplica experimental proporcionó un valor similar con lo reportado en la bibliografía. El contenido de humedad depende de la madurez del cladodio; a menor tiempo de maduración, mayor será la humedad (Alvarado-Raya et al., 2016). Para cenizas, grasa, fibra, proteína y carbohidratos se obtuvieron valores menores al 2%. El contenido de carbohidratos fue menor en comparación con Mondragón et al. (2018) y Peralta-Bautista (2024), lo que puede deberse a que los cladodios más jóvenes suelen tener un mayor contenido de agua y un menor contenido de carbohidratos, mientras que los cladodios más maduros tienden a acumular más carbohidratos (Alvarado-Raya et al., 2016). Finalmente, la cantidad de fibra cruda reporta una cantidad ligeramente mayor al comparado con De Santiago et al. (2018).

**Tabla 2.** Composición químico proximal del Nopal y xoconostle para la elaboración de las diferentes mermeladas

	Nopal	Xoconostle
% Humedad	94.98 ± 0.006	94.74 ± 0.29
% Cenizas	1.11 ± 0.11	0.71 ± 0.02
% Grasa	0.44 ± 0.10	1.08 ± 0.03
% Fibra	1.44 ± 0.66	1.19 ± 0.44
% Proteína	1.39 ± 0.26	0.46 ± 0
% Carbohidratos	0.64 ± 0.55	1.82 ± 0.35

Los resultados del análisis químico-proximal del xoconostle, mostrados en la Tabla 2, determinaron una humedad del 94.7%, un contenido de fibra de 1.19% y carbohidratos de 1.82%, que son semejantes a los

reportados por Morales et al. (2012). La determinación de proteínas arrojó resultados similares a los reportados por García-Hernández (2017). Los porcentajes de grasas y cenizas fueron de 1.08% y 0.71%, respectivamente. Al comparar estos valores con los resultados de Morales et al. (2012), quienes reportaron porcentajes menores de cenizas (0.07%) y grasa (0.03%), se observan diferencias que pueden deberse a que la composición del fruto varía según la variedad, la madurez y las condiciones del suelo (Gutiérrez-Salomón et al., 2021).

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de humedad, cenizas, grasas, fibra cruda, proteína, acidez y pH de las mermeladas con diferentes concentraciones de xoconostle (Control: 0%, T1: 1%, T2: 2% y T3: 3%). El porcentaje de humedad obtenido en los cuatro tratamientos fue menor al reportado por Gutiérrez-Fernández (2017), quien analizó una mermelada de nopal y chía endulzada con aguamiel. La diferencia en los porcentajes de humedad puede deberse a la variación en la humedad de las materias primas utilizadas en la elaboración de las mermeladas. Los resultados de grasa entre las mermeladas indican que no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre T1, T3 y el control; asimismo, no se observaron diferencias entre T1 y T2. Por lo tanto, se concluye que T2 es diferente de T3 y del control. La cantidad de grasa presente en las mermeladas varió de 0.11% a 0.66%, valores similares a los reportados por López Villeda (2023), quien en una mermelada funcional reportó un 0.28% de grasa. El porcentaje de cenizas reportado fue de 2% a 2.53%, valores mayores a los encontrados por González-Montiel et al. (2019). Esto puede deberse al contenido de minerales presentes en el nopal y xoconostle (Chiteva & Wairagu, 2013; Gutiérrez-Rojas et al., 2022). Los resultados de fibra muestran que T1 y T3 son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) del control y T2, siendo estos los que presentan un mayor porcentaje de fibra. En cuanto a los resultados obtenidos en la determinación de proteína, los tratamientos muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en comparación con el control, que presentó un porcentaje menor debido a la adición de chía en los tratamientos, ya que este componente tiene un contenido de 29.50% de proteína (Vázquez-Ovando et al., 2009).

**Tabla 3.** Composición química proximal de las mermeladas con diferentes concentraciones de xoconostle

	Control	T1	T2	T3
% Humedad	28.14 ± 0.53 <sup>a</sup>	30.09 ± 2.07 <sup>ab</sup>	32.78 ± 1.21 <sup>b</sup>	26.74 ± 1.16 <sup>a</sup>
% Cenizas	2.53 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.00 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.07 ± 0.07 <sup>ab</sup>	2.12 ± 0.03 <sup>b</sup>
% Grasa	0.17 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.09 <sup>ab</sup>	0.66 ± 0.32 <sup>b</sup>	0.11 ± 0.04 <sup>a</sup>
% Fibra	1.07 ± 0.058 <sup>b</sup>	0.90 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.18 ± 0.008 <sup>b</sup>	0.86 ± 0.13 <sup>a</sup>
% Proteína	2.19 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.839 ± 0.14 <sup>b</sup>	2.89 ± 0.37 <sup>b</sup>	3.00 ± 0.09 <sup>b</sup>
% Acidez	1.23 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.48 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.009 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.01 <sup>c</sup>
pH	4.91 ± 0.01 <sup>a</sup>	5.65 ± 0.4 <sup>b</sup>	5.4 ± 0.19 <sup>b</sup>	5.39 ± 0.06 <sup>b</sup>

(a, b, c... indican que existen diferencias significativas entre las muestras de cada fila) (Test Tukey  $P \leq 0.05$ ) (Control= 0% xoconostle, T1= 1% xoconostle, T2= 2% xoconostle, T3= 3% xoconostle).

Los resultados obtenidos de los parámetros de acidez mostraron un mayor porcentaje en la mermelada control, mientras que en los tratamientos mostraron un porcentaje menor. La diferencia significativa en la acidez de los tratamientos ( $p < 0.05$ ) se debe a que el aumento de acidez es proporcional a la cantidad de xoconostle añadido. El xoconostle es un fruto que puede contener ácido cítrico, responsables de su acidez. Por lo tanto, los porcentajes de acidez obtenidos en los tratamientos se deben a este ácido presente en el xoconostle (Filardo Kerstupp et al., 2010). Al comparar el pH entre las mermeladas se demostró que el pH más ácido correspondió al control, el cual fue estadísticamente diferente al resto de tratamientos. Esta diferencia se le puede atribuir a la formulación donde la adición de limón con un pH de 2.1 contribuye a la acidez del producto (Rodríguez-Arzave et al., 2020). Las determinaciones de estos parámetros son de importancia en la producción de mermelada, ya que a medida que aumenta la acidez o disminuye el pH, se genera un entorno desfavorable para el crecimiento de bacterias, asegurando la inocuidad del producto (Alvarez Calvache et al., 2016).

## Conclusión



Es posible formular una mermelada funcional a base de nopal utilizando aguamiel como endulzante, la elaboración de mermeladas funcionales a base de nopal puede representar una alternativa saludable para personas con condiciones como la diabetes. La incorporación de xoconostle a esta mermelada funcional permitió evaluar los cambios fisicoquímicos y nutrimentales en las formulaciones, destacando que la adición de este ingrediente modificó el contenido de acidez en las mermeladas. Los análisis mostraron que la mermelada de nopal, aguamiel, chía (3%), y xoconostle (2%) presenta mejores propiedades en términos de fibra y proteína. Además, el nopal, gracias a su capacidad para retener agua y formar geles, junto con el aguamiel y la chía proporcionó una textura viscosa propia de las características tecnológicas de las mermeladas. Este tipo de productos podría ser una opción viable y natural para la industria alimentaria, especialmente para aquellos consumidores que buscan alimentos nutritivos con propiedades específicas que contribuyan al bienestar general y al manejo de enfermedades crónicas. Es importante realizar más determinaciones para evaluar el potencial de esta mermelada funcional.

## Referencias

- Alvarado-Raya, H. E., Salinas-Callejas, E. & Ortiz-Huerta, G. *Peso fresco y calidad de nopalito (Opuntia ficus-indica L.) fertilizado con composta de estiércol de vaca*. <https://doi.org/10.54167/tch.v10i1.581>
- Alvarez Calvache, F., Santamaría, D. E., Santamaría, F. E. & Lara A. E. (2016). *Análisis del tiempo de vida útil en la elaboración de mermelada de higuera (Cucúrbita Odorifera Vell) con zanahoria (Daucus Carota)*. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000300009>
- Alvidrez-Morales, A., Edelia González-Martínez, B., & Jiménez-Salas, Z. (2002). *Tendencias en la producción de alimentos: Alimentos funcionales*. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2002/spn023g.pdf>
- AOAC. (2016a). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 925.49.
- AOAC. (2016b). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 900.02.
- AOAC. (2016c). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 920.75.
- AOAC. (2018a). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 930.20.
- AOAC. (2018b). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 970.22.
- Chiteva R, & Wairagu N. (2013). Chemical and nutritional content of *Opuntia ficus-indica* (L.). *African Journal of Biotechnology*, 12(21). <https://doi.org/10.5897/AJB12.2631>
- CODEX STAN 296-2009. (2009). Norma del CONDEX Para las confituras, jaleas y mermeladas.
- De Santiago, E., Domínguez-Fernández, M., Cid, C., & De Peña, M. P. (2018). Impact of cooking process on nutritional composition and antioxidants of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry*, 240, 1055–1062. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.039>
- Filardo Kerstupp, S., Guadalupe, G. E., Ávila, S., Jesús, V., Scheinvar, L., & García Pérez, Á. (2010). Mermelada horneable de xoconostle, aplicación y su uso en tartas. *Alimentación latinoamericana*, 289 (2010), p. 48-58. <http://www.publitech.com.ar/contenido/objetos/xoconostle.pdf>
- García-Hernández. (2017). *Evaluación del contenido nutrimental, fibra dietética y propiedades antioxidantes de dos variedades de xoconostle (Opuntia, spp)*. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/2594>
- González-Montiel, L., Sánchez Hernández, C., Campos Pastelin, J., Vicente Pinacho, A., Criollo Martínez G, & Güemes Vera N. (2019). *Aprovechamiento agroindustrial del nopal. Mermelada baja en calorías*. [https://correo.unpa.edu.mx/libros/10\\_libro\\_CAEM2019\\_7.pdf](https://correo.unpa.edu.mx/libros/10_libro_CAEM2019_7.pdf)
- Gutiérrez-Fernández A. (2017). *Elaboración de una mermelada funcional a base de nopal (Opuntia ficus indica) y aguamiel, enriquecida con harina de chía*. <https://doi.org/10.29057/licap.v4i7.2964>
- Gutiérrez-Rojas, M., Ruiz-Juárez, D., Vela-Correa, G., Olivares-Orozco, J. L., & Rueda-Puente, E. O. (2022). Physical-chemical quality of xoconostle fruits (*Opuntia matudae* and *O. joconostle*) in the Valle del Mezquital, Hidalgo, Mexico. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 2022, 96–110. <https://doi.org/10.56890/jpacd.v24i.50>

- Hernández-Becerra, E., de los Angeles Aguilera-Barreiro, M., 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*. <https://doi.org/10.1016/J.JFF.2022.105183>
- Hernández-Fuentes, A. D., Trapala-Islas, A., Gallegos-Vásquez, C., Campos-Montiel, R. G., Pinedo-Espinoza, J. M., & Guzmán-Maldonado, S. H. (2015). Variabilité physi co-chimique et caractéristiques nutritionnelles et fonctionnelles de variétés de "xoconostle" (*Opuntia spp.*) du Mexique. *Introduction. Fruits*, 70(2), 109–116. <https://doi.org/10.1051/fruits/2015002>
- López-Vileda L. (2023). *Mermelada de piña (Ananas sativus) con sábila (Aloe barbadensis Miller) reducida en azúcar con edulcorantes de bajo índice glucémico para satisfacer tendencias veganas y saludables*. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000840509>
- Meléndez-Sosa, M. F., García-Barrales, M.A., Ventura-García, N.A. (2020). Perspectivas e impacto en la salud del consumo de los alimentos funcionales y nutraceuticos en México. *Revista RD*, 6(1), 114–136. DOI: 10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2020.16.264
- Mondragon, C., Nefzaoui, A., Saenz, C., Taguchi, M., Makkar, H., & Louhaichi, M. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. *FOOD & AGRICULTURE ORG*. <https://www.fao.org/3/i7628es/i7628ES.pdf>
- Morales, P., Ramírez-Moreno, E., Sanchez-Mata, M. de C., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. F. R. (2012). Nutritional and antioxidant properties of pulp and seeds of two xoconostle cultivars (*Opuntia joconostle* F.A.C. Weber ex Diguét and *Opuntia matudae* Scheinvar) of high consumption in Mexico. *Food Research International*, 46(1), 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.12.031>
- Peralta-Bautista. (2024). *Efecto del sistema de extracción del mucilago de Opuntia ficus-indica sobre las características bromatológicas de Fragaria x ananasa recubierta*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/22244>
- Rodríguez-Arzave, J. A., Florido-Aguilar, A. L., & Hernández-Torres, M. A. (2020). *Determinación de parámetros fisicoquímicos en jugos de frutas cítricas*. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/23524>
- Gutiérrez-Salomón, A. L., Hernández-Hernández H. M. & Jaimez-Ordaz, J. *Efecto de la deshidratación osmótica y convectiva en las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de Opuntia joconostle*. <https://doi.org/10.29057/icbi.v9i17.6339>
- Vázquez-Ovando, A., Rosado Rubio, G., Chel Guerrero, L., & Betancur Ancona, D. (2009). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT*, 42(1), 168–173. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.05.012>
- World Health Organization. (2017). *Noncommunicable diseases progress monitor*. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/259232/WHO-NMH-NVI-17.9-eng.pdf?sequence=1>