

## *Aplicaciones en el procesamiento del nopal y derivados, en Teotihuacán*

### *Enforcement in the processing of nopal and by-products at Teotihuacan*

Flavio Martínez Albino\*,  
Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Interdisciplinaria de  
Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas, México  
[flamaralb@gmail.com](mailto:flamaralb@gmail.com)

Abraham Gordillo Mejía,  
Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Interdisciplinaria de  
Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas, México  
[abragorme@gmail.com](mailto:abragorme@gmail.com)

Recibido 12, agosto, 2021

Aceptado 26, octubre, 2021

#### **Resumen**

En México las nuevas tendencias de consumo del nopal son factores determinantes en el aprovechamiento de los excedentes de nopal de productores a baja escala. Ante la aplicación práctica en la salud por parte de la industria alimenticia, la industria farmacéutica, o la producción de biocombustibles, y en general la expansión hacia otras latitudes. El objetivo es realizar el estudio de literatura para identificar algunas herramientas y tecnologías alternativas en el procesamiento del nopal y tuna, y se puedan ofrecer otras opciones a los productores a baja escala para aprovechar estos recursos que no pueden ser vendidos en fresco, y de esta manera se pueda incrementar el valor de los productos obtenidos, asimismo, presentar algunas consideraciones de innovación en productos para un mayor impacto en las cadenas de valor, propiciando el progreso en las zonas rurales en un entorno sostenible. La metodología es de tipo descriptiva y explicativa, se analizan diversos estudios realizados a través del tiempo en México y en otros países, de este modo es de tipo longitudinal. Se consideran los productos con procesamiento tradicional o artesanal, así como las tecnologías de reciente aplicación, como productos extruidos, tecnologías de membrana o el uso de pulsos de campo eléctrico.

Palabras clave: Transformación, utilización, Opuntia, Industrialización.

#### **Abstract**

*In Mexico, the nopal consumption trends are determining factors to take advantage of nopal surpluses from small-scale producers. Before the practical implementation in the health by the pharmaceutical industry, the food industry, in addition of the production of biofuels and in general the expansion to other latitudes. The objective is to carry out the literature study to identify some alternative tools and technologies in the processing of nopal and prickly pear, and other options can be offered to small-scale producers to take advantage of these resources that cannot be marketed in its fresh presentation, and in this way, the value of the products obtained can be increased, as well as presenting some considerations of innovation in products for a greater impact in the value chains, promoting progress in rural areas in a sustainable environment. The methodology is descriptive and explanatory, various studies carried out through time in Mexico and other countries are analyzed, thus it is longitudinal. Products with traditional or craft production are considered, as well as recently applied technologies, such as extruded products, membrane technologies or the use of Pulsed Electric Fields.*

*Keywords: Transformation, uses, Opuntia, industrialization.*

## 1. INTRODUCCIÓN

**E**n la cosmovisión de Gomez Delgado y Velázquez Rodríguez (2019), México es parte fundamental en la aportación de la biodiversidad global con diferentes áreas geográficas, de especies nativas y diferentes culturas, que han perdurado por muchos años, pero con el advenimiento de la industrialización, el cambio de la vida del campo a la urbana, el sedentarismo y malos hábitos alimenticios, han ocasionado diversos problemas sociales, económicos, políticos, ambientales y de salud pública. Así, se considera que la producción y procesamiento de nopal puede incidir de manera positiva en la salud de la población mexicana.

En la concepción de Callejas-Juárez et al. (2009), la producción de nopal, actividad productiva de cientos de años en México, hoy enfrenta diversos problemas particulares de este sector, en donde los productores en pequeño tienen que sortear con acciones variadas de todo tipo, uno de ellos son los precios fluctuantes en el mercado ligados a la temporalidad y a los excedentes de la producción que ocasiona una excesiva oferta y una demanda a la baja en las temporadas con mayor producción. También los pocos canales de distribución que tienen sobre todo los pequeños productores y la influencia de los intermediarios.

Ante esta situación, Ramírez Abarca et al. (2015), consideran que es importante realizar aportaciones de valor a la cadena productiva de manera integral, que incluyan aspectos organizacionales para formar negocios formales, en lo individual y en lo grupal, fortaleciendo relaciones entre productores, y productores – gobierno, buscando asesoría, capacitación y apoyos técnicos, económicos y financieros; es necesario revisar toda la trazabilidad del producto para identificar aquellas acciones que eleven la productividad, la eficiencia y la calidad, tanto de procesos, productos y derivados, que permitan la comercialización en nuevos mercados nacionales y extranjeros. En la perspectiva de Mochi et al. (2019), para lograr sellos de garantía en sanidad e inocuidad, en mejores prácticas ambientales que se sumen a programas nacionales de sostenibilidad, soberanía alimentaria, manejo responsable del agua y la tierra y de la salud, así como tratar de mantener la cultura reinante en el medio como parte de la identidad nacional. Todo esto en el mediano y largo plazo traerá ventajas competitivas para los productores a baja escala.

Este estudio es descriptivo a través del análisis de literatura con aportaciones de diversas latitudes. También, este trabajo busca mostrar las técnicas y la metodología que ayuden a procesar el nopal que no puede ser vendido en su presentación al natural y en ocasiones puede representar merma, y contribuir en el combate al desperdicio de alimentos.

### **Objetivos**

Realizar un análisis de literatura que permita identificar algunas técnicas y tecnologías alternativas o emergentes sobre el procesamiento del nopal, a través de las cuales se ofrezcan opciones a los pequeños productores de nopal y tuna.

Considerar el factor tecnológico a través de algunas tendencias de reciente introducción para el procesamiento de la planta nopal y sus derivados.

Mostrar como mediante el procesamiento del nopal, se pueden obtener otras opciones para incrementar el valor de los productos y subproductos obtenidos.

Presentar algunos aspectos de innovación para ofrecer productos que tengan mayor impacto en las cadenas cortas de valor, propiciando el bien común en un entorno sostenible.

### **Marco teórico**

De acuerdo con Sáenz (2018), en México la mayor cantidad producida de nopal verdura y tuna se consume en su presentación al natural, debido a sus características de productos perecederos, es necesario comprender las técnicas y tecnologías para el procesamiento, y de esta manera incrementar el tiempo de preservación y conservación. Aunado a que contienen elementos químicos que representan un beneficio más allá del aspecto nutricional, y que se deben mantener en buen estado a través de tal procesamiento, para maximizar los beneficios en la salud del consumidor.

Con referencia a Sáenz et al. (2013), en los cultivos de nopalitos, en la temporada de mayor producción, la oferta es mayor a la demanda, y con los excedentes en el mercado, causa mermas que en algunas temporadas son hasta del 60% de lo producido. Debido a que los nopalitos pueden ser cosechados a lo largo del año, pero debido a que contiene una considerable cantidad de agua y su proceso oxidativo, hacen necesario contar con un tiempo de preservación mayor, e implementar tecnologías de conservación para evitar su deshidratación y descomposición.

Desde el punto de vista de Sáenz (2018), existe una gran variedad de tecnologías de proceso del nopal verdura, la tuna y sus semillas, como los productos deshidratados, para controlar la proliferación de gérmenes, la deshidratación es una de las técnicas con mayor arraigo para conservar los alimentos, pueden realizarse mediante el congelado, o a través de equipos como los rodillos y secadores por aspersión, o de forma natural con la desecación solar, sin embargo, actualmente existen otras técnicas más novedosas que proporcionan alimentos con más calidad.

Para el nopal, el uso que se le ha dado a las harinas como producto deshidratado ha ido en aumento, principalmente en México, así como la elaboración de jugos a base de tuna y nopal. También, en México, han ido en aumento las técnicas de envasado y pasteurizado, en su presentación en escabeche y salmuera. Otro de los procedimientos más utilizado a través de los años es la fermentación. La obtención de pigmentos naturales a base de la tuna se ha incrementado al sustituir a aquellos colorantes sintéticos que representan un riesgo para la salud. El mucílago del nopal o el extracto viscoso del jugo tiene aplicaciones en la industria alimenticia, como elemento espesante. Incluso de las semillas se puede extraer esencia de aceites útiles en la industria farmacéutica y cosmética (Sáenz, 2018).

Es por lo anterior el interés y la necesidad de procesarlo y envasarlo para darle un mayor tiempo de conservación y que esto logre colocarlo en otros mercados, incluso de forma internacional, y que el consumidor obtenga un producto en condiciones óptimas.

Con referencia a Hernández Bonilla et al. (2020), en el Valle de Teotihuacán la venta de la tuna se lleva a cabo sobre todo en los tianguis de San Martín de las Pirámides, Otumba y Nopaltepec. Ahí convergen los productores para vender su producción, y compradores con transportes de grandes dimensiones, para llevar la fruta a otros mercados. El precio se pacta respecto a la oferta y demanda y, por lo regular, el trato es al mayoreo y de contado. Otros agricultores y de acuerdo con su posibilidad, llevan sus cosechas a centrales de abasto cercanas, o lo venden al menudeo a pie de las carreteras o en las cercanías de la zona arqueológica; y hay también quien hace exportaciones.

En esta región del Valle de Teotihuacán, hay tres sociedades cuyo objetivo principal es comercializar nopal, tuna y xoconostle, son un número considerable de productores que han edificado bodegas con incentivos del gobierno, su propósito es concentrar y vender su producto, no obstante, el proyecto aún no funciona del todo bien (Hernández Bonilla et al., 2020).

En la visión de Sandoval-Trujillo et al. (2019), hay varias investigaciones referentes a la producción, industrialización y distribución de productos de nopal en México y otros países, aunque, son pocas las investigaciones en la región del Valle de Teotihuacán. No hay contundencia en estudios que recalquen el procesamiento del nopal en la zona, sin embargo, en otros estados hay situaciones de empresas que de manera exitosa han procesado el nopal, generando varios productos, y que pueden llegar a ser propuestas factibles para los productores regionales.

En este contexto, en la experiencia de los pequeños productores, una cosecha abundante, no representa que conlleve un beneficio, por el contrario, con demasiada oferta de nopal, consideran el abaratamiento de sus cosechas, incluso resulta incosteable, con relación al costo de producción. El desconocimiento en la inclusión financiera, el emprendimiento y el no acceder a los subsidios del gobierno, resultan en restricciones en la obtención de capital y tecnología para emprender y procesar los excedentes de nopal (Hernández Bonilla et al., 2020).

De acuerdo con Domínguez-García et al. (2017), en la economía del conocimiento no se ha incluido a productores rurales en la importancia de aspectos administrativos, como costos de producción, planeación o economía de empresa; así, una parte considerable de los productores no tienen conocimientos sólidos de dichos términos.

En la perspectiva de Antunes-Ricardo et al. (2020), hoy en día, el uso de los nopalitos o también llamados cladodios *Opuntia* pueden ser una importante estrategia para incrementar el bienestar socioeconómico de las comunidades rurales a través de la producción de materias primas de valor añadido, esto contribuye a los objetivos de desarrollo sostenible.

Referente a Mora (2018), en los plantíos de nopal sobre todo en zonas rurales, las tareas agrícolas son llevadas a cabo por pequeños agricultores con poca superficie de tierra; de esta manera, considerado desde una visión estratégica, plantea un escenario atractivo y debe estar en concordancia con las políticas oficiales de los planes de desarrollo.

Lo anterior deja ver que los pequeños productores de nopal, de dicha región no cuentan con las técnicas o la metodología que les permita tener mayor competitividad en el mercado y poder lograr, en primer lugar, presencia en el mercado local o regional, y en segundo lugar en mercados más amplios a nivel nacional y una posible expansión a nivel internacional. De esta manera, se busca que los productores a baja escala puedan considerar el poder procesar los excedentes de su producción que no puede ser comercializada en fresco. Esto en concordancia con las políticas sociales y económicas, los lineamientos de los Programas Nacionales Estratégicos (ProNacEs) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y los objetivos de desarrollado sostenible 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

En la visión de Badui (2012), la cactácea de nopal conocida como *Opuntia ficus indica* o *Nopalea cochenillifera*, o *nopalli*, o *nochtli* tiene gran propagación en México y está considerado en los símbolos patrios y en el origen del nombre de Tenochtitlan (*tetl*, piedra, *nochtli*, nopal, y *titlan* lugar). Sáenz et al. (2013) citan a (Scheinvar, 1999), y le atribuyen a Tournefort en el año 1700 el nombre científico del nopal, por la similitud con una planta de la región de Opus en Grecia.

Con referencia a Nazareno (2018), investigaciones con sustento científico determinan que el fruto y el nopalito se pueden utilizar para el aporte de nutrientes y fitoquímicos como: vitaminas, minerales, fibras, entre otros. Cobrando relevancia en el aspecto nutritivo y funcional. Los productos de nopal muestran particularidades funcionales con gran potencial en sus propiedades benéficas en la salud humana.

De acuerdo con Ramadan et al. (2021), los compuestos del nopal y tuna como la vitamina C y E, aminoácidos (taurina), minerales (hierro, potasio, magnesio, calcio, sodio y fósforo) y en general, los fitoquímicos del género *Opuntia* o del nopal se cree que representan beneficios en tratamientos contra la esclerosis, el cáncer y de protección al hígado, entre otros.

Los comestibles naturales presentan compuestos bioactivos que repercuten en la salud de forma positiva, ejemplo de ello son los fitoquímicos (del griego *fito*, planta), o también llamados fitonutrientes, son elementos de frutas y verduras principalmente, entre los que se pueden mencionar los carotenoides, polifenoles, glucosinolatos, entre otros. Gran parte de los fitoquímicos son antioxidantes presentes de forma natural, su función es neutralizar a los radicales libres (Badui, 2012).

De esta manera, existen opiniones de profesionales para añadir a la dieta frutas y verduras. En nuestros días, con la presencia de un mercado globalizado, podemos encontrar gran disponibilidad de productos procesados, que aprovechan la nobleza del nopal, así como el incremento del interés la industria para el desarrollo de productos nutraceuticos a base de nopal (Nazareno, 2018).

El término nutraceuticos fue acuñado en los años 90, es la combinación de las palabras nutrición y farmacéutico. Hace alusión a los compuestos que, con el consumo por parte del ser humano, se beneficia su salud. En esta línea se consideran en la dieta a los fitoquímicos. Los nutraceuticos pueden estar en los alimentos en su forma natural o ser sintetizados en laboratorio y usarse como aditivos alimenticios (Badui, 2012).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es de tipo descriptivo y explicativo, la investigación documental de algunos artículos de revistas y libros electrónicos, se obtuvo de acuerdo con información del motor de búsqueda Google Scholar, se consiguió principalmente para el marco teórico referente a algunas problemáticas que se han suscitado a través de los años, de la Revista Digital Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México; de la Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración (RICEA); de la revista VinculaTégica EFAN por la Universidad Autónoma de Nuevo León (Facultad de Contaduría Pública y Administración); de la base de datos ResearchGate y con aportaciones de la Revista Agrociencia, la Revista Mexicana de Agronegocios, y de la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas; y de la base de datos Elsevier. Para las características y cualidades del nopal se consultaron los libros electrónicos de la Editorial Pearson Educación y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y así como de un artículo de la base de datos Springer. Para el hallazgo de los resultados se consultó la base de datos Springer; los libros electrónicos consultados son: de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); del Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A. C.; de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; de la Dirección General de Innovación del Gobierno de la Rioja. Así como los desarrollos del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C (CIATEJ); y del XII Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos (CIBIA). El análisis de la información se consideró en productos con procesamientos con mayor difusión en México, como harina, mermeladas, y enlatados como conservas y jugos. Se consideran también, los métodos tradicionales, como los físicos, químicos y bioquímicos, así como las tecnologías de reciente uso, y que no tienen una difusión tan extendida, sobre todo en los productores a baja escala.

## 3. RESULTADOS

Con referencia a la SAGARPA (2015), los principales cultivos de nopal son para: verdura, tuna y forraje. Recientemente ha cobrado importancia la biomasa, en la producción de biogás y biocombustibles, así como el proceso de fermentación y el uso del combustible generado. Los nopales son un recurso natural de gran importancia para la industrialización, aplicando tecnologías similares al procesamiento de la tuna en su procesamiento.

Los cambios oxidativos en el nopalito, ocasionados a los cambios enzimáticos, cambiando la textura debido a reacciones químicas, que alteran sus condiciones como el color, aroma y sabor. La eliminación de sus propiedades nutritivas y los cambios físicos como la pérdida de agua también provocan alteraciones en la estructura biológica de esta planta. Sin embargo, lo que puede representar una mayor amenaza en los cambios de su condición, son los agentes patógenos, como lo son hongos y bacterias, y ataques de fauna nociva como insectos y roedores. Esto implica la inseguridad de la sanidad e inocuidad en la materia prima y el riesgo que representa en la salud del consumidor (Sáenz et al., 2013).

Entre los procesos tecnológicos que se pueden usar en la conservación del nopal, están los métodos físicos, químicos o bioquímicos. Los procesos físicos utilizan la transferencia de temperatura para preservar el producto, como la esterilización, el congelado y la deshidratación. Existen también los sistemas de irradiación y otros de introducción reciente como la generación de alta presión e impulsos eléctricos. Los métodos químicos comprenden la adición de sal, azúcar, la acidificación y el uso de conservadores. Los métodos bioquímicos consisten en la fermentación láctica o alcohólica (Sáenz et al., 2013).

Con referencia a Bobo y La Farga (2018), un proceso químico de reciente introducción para eliminar microorganismos es el agua electrolizada (electrolisis), es decir, con la aplicación de una alta diferencia de potencial a una solución salina y su descomposición. El ozono es utilizado para desinfectar agua, áreas de trabajo, además de preservar alimentos. Otras opciones pueden ser los ácidos, como el acético y cítrico, pues tienen propiedades contra los microorganismos y como antioxidantes. Los aceites esenciales y compuestos orgánicos germicidas han ido en aumento también (Bobo y La Farga., 2018).

### **Transferencia de temperatura**

El método para eliminar el agua en la preservación de alimentos frutales puede ser usado el congelado, controlando el crecimiento de microorganismos. Para el nopal verdura, no se deshidratan para su consumo inmediato o posterior, en tal caso, se convierten en harina (Sáenz et al., 2010), citados por (Sáenz, 2018). Así, la harina puede usarse en galletas, tortillas como en México o como suplementos alimenticios. No obstante, es necesario mayor investigación para lograr un polvo con mayor fibra dietética y elementos antioxidantes y menor sabor herbáceo y color verde, pues esto repercute en la aceptación de cierto sector de consumidores (Sáenz, 2018).

El deshidratador de alimentos que utiliza energía renovable, específicamente con energía solar, es también una opción viable y de bajo costo que se puede implementar para la deshidratación de productos, el CIATEJ (2019), tiene una patente de este tipo.

Algunos estudios indican que el proceso de congelamiento con pulpa de tuna podría ser una mejor opción en vez de congelar el fruto completo o en secciones, ya que al descongelarlo genera mucílago en exceso, lo que no representa una buena apariencia para algunos consumidores. Los helados a base de tuna pueden ser una excelente opción para utilizar su pulpa, además de lo atractivo de sus colores (Sáenz, 2018).

### **Mermeladas de nopal**

Se puede utilizar calor para reducir el agua y en ocasiones también el pH, para utilizar tratamientos menos agresivos (Sáenz et al., eds. 2006), citados por (Sáenz, 2018). Recientemente se ha utilizado la mermelada de nopal con limón. Para eliminar lo abundante de mucílago que afecta la textura de los nopalitos, se puede realizar un preprocesamiento con hidróxido de calcio, aunque se puede omitir si el nopal tiene poca cantidad de mucílago (Sáenz, 2018).

### **Nopalitos enlatados**

El enlatado y la pasteurización han tenido gran aceptación en la manufactura con productos a base de nopal. Son de los procedimientos más utilizados en México desde hace varios años, para la preparación de nopalitos en salmuera o en escabeche (Corrales García y Flores Valdés, 2003), citados por (Sáenz, 2018).

### **Fermentación**

La fermentación es un procedimiento ancestral en la conservación y transformación de alimentos y bebidas, ejemplo de ello es el colonche, elaborado a base de la tuna roja (Corrales García y Flores Valdés, 2003; Díaz, 2003), citados por (Sáenz, 2018). Otro producto es el vinagre como refiere Pérez

(1999), citado por Sáenz (2018), que obtuvo vinagre de tunas anaranjadas, usando los subproductos de la fermentación alcohólica y el jugo de tuna con azúcar, obteniendo vinagres con un color ámbar intenso, nítido, con buen aroma y buena percepción visual.

### Jugo de nopal y tuna

Son producidos por diversas compañías en México, agregando diversas frutas y elementos como ácido cítrico y otros azúcares, aumentándose la oferta de néctares y jugos en los últimos años (Sáenz, 2018). Incluso en el mercado artesanal en México, existen diversidad de combinados con excelente sabor y personalización para cubrir la necesidad de los consumidores, visto desde un punto de vista mercadológico.

Con referencia a Karacabey et al. (2021), recientes estudios en el procesamiento del nopal y la tuna y en general de su composición, han ido en aumento. Algunas técnicas para el proceso de extracción y producción de jugo de la tuna son novedosas o de recién introducción, como el uso de pulsos de campo eléctrico o *Pulsed Electric Fields* (PEF por sus siglas en inglés), alta presión hidrostática o *High Hydrostatic Pressure* (HHP por sus siglas en inglés), calentamiento por microondas, ultrasonido o *Ultrasound* (USN por sus siglas en inglés) y técnicas de membrana. Algunas de ellas pueden ser usadas como preprocesamiento en la extracción del jugo o a la vez con otros métodos habituales, y otros después de que se ha extraído el jugo, estos procesos se usan para el aseguramiento de la sanidad y para preservar los elementos bioactivos.

La aplicación de pulsos elevados de campos eléctricos o *High-Pulsed Electric Fields* (HPEF por sus siglas en inglés) incrementó la cantidad de jugo extraído de 4.48 % sin tratamiento HPEF a 52.2% con el tratamiento HPEF, incluso la calidad del jugo se incrementó, como los elementos antioxidantes y la estabilidad del color (Jiménez-Alvarado et al., 2015), citados por (Karacabey et al., 2021).

Koubaa et al. (2016), citados por Karacabey et al. (2021), también evaluaron los PEFs y USN para obtener mejores resultados en el color del jugo de tuna (*Opuntia stricta* Haw), los hallazgos determinaron que los procedimientos combinados PEF + SAE (Extracción Acuosa Suplementaria o *Supplementary Aqueous Extraction*, SAE por sus siglas en inglés), y USN + SAE, mejoraron la extracción de los colorantes.

En la perspectiva de Behera et al. (2021), estas tecnologías de preservación sin uso de calor, como PEF, HHP y el plasma frío a presión atmosférica sirven para mejorar la producción de jugos de tuna y preservar las características nutritivas.

El plasma es un gas ionizado, es decir, las partículas contienen carga eléctrica y es considerado un estado de la materia, la Real Academia Española define al plasma como: Gas ionizado que se produce a temperaturas extremadamente elevadas y que contiene cargas positivas y negativas en un número aproximadamente igual. En este contexto, en la perspectiva de Gelvez e Ibarra (2019), su aplicación puede servir para preservar alimentos y eliminar elementos patógenos o microorganismos, causantes de enfermedades, ellos desarrollaron un reactor de plasma frío con baja frecuencia con buenos resultados para preservar la calidad de carne de bovino, el objetivo de su desarrollo fue para la investigación de alumnos de la Universidad de Pamplona en Colombia.

El proceso ultrasónico surge como una opción tecnológica simple y barata, amigable con el medio ambiente y confiable (Tiwari et al., 2009b; Zafra-Rojas et al., 2013), citados por (Behera et al., 2021). Este procedimiento también ha sido utilizado para inducir microorganismos y mejorar la calidad de los jugos (Zafra-Rojas et al., 2013; Cruz-Cansino et al., 2015, 2016), citados por (Behera et al., 2021).

Cansino et al. (2013), citados por Karacabey et al. (2021), utilizaron el ultrasonido para eliminar bacterias, la amplitud y el tiempo fueron los parámetros más significantes en el uso del ultrasonido para eliminar a los microbios en muestras de jugo de tuna.

Cruz-Cansino et al. (2016), citados Karacabey et al. (2021), también reportaron investigaciones favorables para eliminar la bacteria *escherichia coli* en jugos de tuna hasta con 2 días de almacenamiento, sin que se presentara un cambio significativo en las propiedades físicas de las muestras de jugo (pH, acidez, entre otros compuestos).

La alta presión hidrostática a 600 MPa, sostenidos por 10 minutos fueron necesarios para asegurar la sanidad y la eliminación microbiana en las muestras de jugo, la composición de antioxidantes en la pasteurización tradicional del jugo fue levemente más baja que la preservación de los jugos por las técnicas PEF y HHP (Moussa-Ayoub et al., 2011b), citados por (Karacabey et al., 2021).

### **Tecnologías de membrana**

Esta técnica de separación se ha incrementado en los últimos años, eliminando los sólidos en jugos o para la clarificación, y el concentrado de elementos bioactivos (Cisse et al., 2011; Rai et al., 2006; Todisco et al., 2002), citados por (Sáenz, 2018).

Algunas ventajas respecto otros procedimientos de separación, filtrado y concentrado son: el ciclo a bajas temperaturas, el bajo consumo energético e impide la degradación de elementos sensibles al calor y tampoco se utilizan químicos (Cassano et al., 2010), citados por (Sáenz, 2018).

En este tipo de procesos, la membrana de cerámica o polímeros funciona como barrera, filtrando ciertos elementos de una mezcla e impidiendo el acceso a otros. La afluencia de estas sustancias es debido a la presión, la concentración o la electricidad. Es posible potencializar el flujo de una o más sustancias en el acceso de la membrana, la presión de dos sustancias fluye al acceso: el filtrado o permeado y el concentrado o retenido. El filtrado contiene lo rico en la sustancia y el concentrado no sobrepasa la membrana (Raventós, 2005), citados por (Sáenz, 2018).

Castro-Muñoz et al. (2018), citados Karacabey et al. (2021), se dieron a la tarea de investigar los efectos de la ultrafiltración (UF) en la composición fisicoquímica del jugo de xoconostle, originario de México, para mostrar la clarificación del jugo de este fruto, que es una variedad del nopal. El método resultó en un jugo claro y una mejora en las propiedades del color, además de un alto potencial funcional.

Vergara et al. (2015), citados Karacabey et al. (2021), por su parte en la obtención de jugo de tuna, usaron membranas de microfiltración con 2 tipos diferentes, cerámica y de polímero con tamiz de 0.2 µm para evaluar la clarificación de acuerdo con el color de los pigmentos y betalaina, los resultados mostraron, claridad y baja turbidez, además de una alta retención de betalaina (20%), la mejor separación se obtuvo con la membrana de cerámica.

### **Productos extruidos**

Es una tecnología de alta temperatura en corto tiempo o *High Temperature Short Time* (HTST por sus siglas en inglés). A pesar de que hay pocos estudios concernientes al nopal y la tuna, este procedimiento es aplicado a otras industrias alimenticias, como los cereales, botanas, alimentos ligeros y para el bebé. Las materias primas son cocinadas y tienen una textura plastificada por el calor, esto incluye la mezcla de temperatura, humedad, presión y ruptura. Las consideraciones que afectan la calidad del producto son: el tipo de extrusor, el tipo de tornillo, velocidad, temperatura y tasa de suministro de materia prima a la máquina, así como la composición de las materias primas e ingredientes alimenticios utilizados en el procedimiento (Singh et al., 2007; El Samahy et al., 2007b), citados por (Sáenz, 2018).

En la visión de Ruiz-Gutiérrez y Quintero-Ramos (2021), la cocina por extrusión es un proceso tecnológico que consiste en la dosificación de materia prima, la combinación y la cocción del material a una alta temperatura por un corto tiempo. Las características del producto obtenido dependen sobre todo de variables como la velocidad, la temperatura del contenedor, la humedad y el sistema de presión aplicado. Una de las variables más críticas es la composición de la mezcla.

Muchos ingredientes se han utilizado en estas combinaciones para mejorar la calidad nutricional y características físicas que aumenten la aceptabilidad en el consumidor. Debido a que los compuestos de la tuna son susceptibles a cambiar con la alta temperatura, es por eso por lo que se necesitan mayores estudios en la cocina por extrusión, sin embargo, en el caso del jugo de tuna, el color rojo puede ser usado como colorante alimenticio con otros productos de consumo humano, y en combinación con otros cereales, el color rojo es aceptado por los consumidores. Las betalainas son afectadas por el calor, así como los compuestos fenólicos y los antioxidantes, aunque, la cantidad de flavonoides (fitonutrientes) es similar a la presentación en fresco (Ruiz-Gutiérrez y Quintero-Ramos, 2021).

### **Aceite de semilla**

Las semillas obtenidas como subproducto en el procesamiento de la tuna, que pueden resultar en un conflicto al entorno si no se tratan adecuadamente y debido a esto, hace varios años se ha investigado las propiedades de las semillas y otros usos alternos (Inglese et al., 2018).

El contenido de fibra, proteína y grasa, además de minerales como el potasio y sodio fue reportado por (Sawaya et al., 1993), citados por (Sáenz, 2018). El aceite de las semillas contiene ácidos grasos no saturados y gran contenido de ácido linoleico y otros compuestos saludables, pudiendo ser utilizado en la industria alimenticia, aunque las industrias farmacéutica y cosmética pueden ser una mejor opción (Sáenz, 2018).

En Marruecos emergen cooperativas y empresas que obtienen el aceite para la utilización en la industria cosmética (Abderrahman Ait Hamou, ANADEC, Marruecos, comunicación personal), usando el proceso de prensado en frío que es eco-amigable o sustentable y evita usar solventes (Berraaouan et al., 2015; Gharb et al., 2015), citados por (Sáenz, 2018).

### **Revestimientos y biopelículas**

En la perspectiva de Sánchez-Vega et al. (2021), en nuestros días, los clientes demandan alimentos con una calidad superior y con empaques que sean eco-amigables. Que logren la sanidad alimentaria, la calidad y lo fresco de los alimentos. La eliminación de los polímeros tradicionales por biopelículas comestibles o revestimientos biodegradables. El mucílago de los nopales y de otras partes de la planta, así como los subproductos de las frutas como la cáscara, son la principal fuente de polímeros como mayores elementos para la formación de la matriz para la elaboración de biopelículas y revestimientos comestibles.

La piel o cáscara de las tunas representa entre un 40 – 60% de la fruta completa y por lo regular se desecha, esto puede constituir una fuente de compuestos con importancia tecnológica (Ramadan & Mörsel, 2003; Hernández-Carranza et al., 2019), citados por (Sánchez-Vega et al., 2021).

### **La innovación para acrecentar el valor de los productos**

La innovación en una organización implica el establecimiento de procesos nuevos o la mejora de los que ya se cuentan. Algunas consideraciones establecen una estrecha correlación entre innovación y la tecnología, sin embargo, la innovación no necesariamente tiene que ver con el uso de elementos tecnológicos. Con los productores del nopal se presenta la imperiosa necesidad del uso de las tecnologías para la industrialización de la materia prima, para innovar con el procesamiento de productos de vanguardia, pues la mayoría de los productores venden el producto en su presentación en fresco, a pesar de esto, si hay microindustrias en la zona del Valle de Teotihuacán que ya se han aventurado en la industrialización en el mercado del nopal (Sandoval-Trujillo et al., 2019).

Con referencia a Sáenz (2018), existe el poco aprovechamiento comercial de las laminillas deshidratadas de tuna sin conservadores, y, por otro lado, son pocos los productos a base de esencia de la fruta de tuna y mermeladas, y que son fabricados por empresas artesanales a baja escala. Una innovación en el mercado chileno fue la elaboración de dulces de gel de tuna, se realiza con la deshidratación de la tuna, y se le añaden elementos como la pectina, para obtener la consistencia de gel, de esta manera, en las zonas desérticas con agricultores con poca producción y donde existe escasez de agua y de electricidad, se utilizan los recursos disponibles y se añade valor a los productos.

De acuerdo con Menéndez Gamiz (2017), en la Ciudad de México, en la actual Alcaldía de Tlalpan, la principal innovación de la empresa Procesadora de Salud y Nutrición, SA de CV, son sus tortillas de maíz y nopal, con un empaquetado al alto vacío, lo que le confiere mayor tiempo de conservación, también, consideran las mejoras en adaptaciones en maquinaria y el respectivo ahorro en gastos ocasionados por el mantenimiento, soluciones en los procesos, lo que reditúa en ahorros de gas y suministro eléctrico, además de la eliminación de tiempos muertos y mayor eficiencia del personal, aunado a las exportaciones de tipo gourmet que tienen en puerta al mercado de Dubai. Por otro lado, de acuerdo con Calixto Escobar (2017), en la empresa Nopal Mexica, SC de RL de CV, su principal innovación es su producto diferenciado "nopal en salmuera", con ello, lograron obtener innovaciones de proceso, en mercadotecnia y mayor organización en toda la cadena productiva, cómo mayor sanidad e inocuidad, desarrollo de canales de venta, el diseño de empaques, renovación de plantas de nopal, la instauración del área de investigación y desarrollo, entre otras innovaciones.

### **Otras tendencias en la promoción de productos: Agroturismo**

Pérez-Olmos y Aguilar-Rivera (2021), citan a Gómez-Merino et al. (2013), y consideran que para generar un medio ambiente armónico que proporcione valor añadido en las zonas rurales a partir del turismo, se requiere la interrelación de un entorno sostenible y de la biodiversidad, con la capacitación del factor humano. También es necesario promover la diversificación centrados en productos denominados de origen e integrados con un excelente nivel de servicio y que sean complemento al trabajo de los campesinos.

El turismo en zonas rurales puede contribuir a las comunidades para que estén implicadas de forma directa en estas tareas y el beneficio de la obtención y diversificación de los ingresos para los productores agrícolas. Propiciando el crear un mercado de valor añadido para los productores locales, así como nuevos productos artesanales (Ferrari et al., 2018; Rid et al., 2014), citados por (Pérez-Olmos y Aguilar-Rivera, 2021).

Algunos casos de éxito en México, por mencionar algunos son: la ruta del chocolate en Tabasco, la ruta del mole negro en Oaxaca, la ruta del vino en Baja California, la ruta del queso y vino en Querétaro (Alcalá Escamilla & López López, 2017; González-Ávila, 2011), citados por (Pérez-Olmos y Aguilar-Rivera, 2021). Así, las rutas de agro alimentos representan una estrategia y alternativas para la producción agrícola, orientados hacia el turismo en el entorno de la agricultura con fines recreativos y de concientización para el cuidado del medio ambiente (Pérez Olmos & Aguilar Rivera, 2019), citados por (Pérez-Olmos y Aguilar-Rivera, 2021). Esto representa, el valorar consideraciones técnicas para la innovación de productos locales (Blanco Murillo, 2012), citados por (Pérez-Olmos y Aguilar-Rivera, 2021). De esta manera, estas experiencias en México han propiciado beneficios que ayudan en la producción agrícola en el país (Pérez-Olmos y Aguilar-Rivera, 2021).

#### 4. DISCUSIÓN

Se busca identificar una solución a los productores del sector rural para que puedan procesar los excedentes de su producción, si bien, se procura atender aspectos que durante mucho tiempo no se le ha dado la importancia debida, no se le dio la atención oportuna o se ha postergado. Afortunadamente, existen agroindustrias con historias de éxito, las cuales se pueden tomar como punto de partida y considerar a las personas como factores principales para llevar a cabo la transformación del campo y donde toda la población pueda ser integrada a labores que redunden en progreso para la economía doméstica y regional, y de esta manera se pueda contribuir con la creación de empleos, un desarrollo sostenible y que las personas tengan un aumento en su calidad de vida.

Consideraciones que a través de los años han ido en declive, como el abandono al campo por parte de otras políticas, el desgano de cierto sector en las nuevas generaciones para trabajar en actividades agrícolas por la poca rentabilidad y el desconocimiento en ser partícipes de nuevos modelos de negocio, así como el casi nulo uso del factor tecnológico, sin embargo, toma relevancia la curiosidad e inventiva para hacer que las cosas sucedan.

En la consideración de Mochi et al. (2019), la concientización por parte del consumidor como se viene haciendo con la comercialización a un precio razonable, valorizar a las personas en sus territorios de origen y de esta manera darles mayor fomento a sus necesidades y que tengan un acceso a mercados equitativos y que vayan encaminadas a una cadena corta de valor en el mercado doméstico o regional, de esta manera se tiene una visión social en los mercados y no de una manera global que extinguen a los procesos en el desarrollo rural. En esta perspectiva los puntos de producción y consumo se deben involucrar en un área delimitada, a través de la correspondencia de conocimientos entre los involucrados para una mejor adaptación colectiva, esto representa la base para la innovación social, vista como un proceso.

La vinculación que pretende una cadena corta de valor para darle mayor valía a los productores y consumidores, que han sido desacoplados por agroindustrias y grandes consorcios de alimentos (Bagnasco, 1997; Bonanno, 2004), citados por Mochi et al. (2019). Para la Red de Sistemas Agroalimentarios Localizados (SIAL), la influencia recíproca ha sido esencial para vincular a elementos multidisciplinarios para robustecer tales cadenas cortas de valor y también los procesos para comercializar los productos. En esta consideración de unión, se han incentivado sistemas para mejorar los procesos tecnológicos en beneficio y satisfacción de las necesidades de los productores. También se han apoyado los talleres participativos para acrecentar las capacidades y buscar otras alternativas con una visión estratégica hacia el futuro, lejos de ver a los territorios como zonas de problemas y disputas, desde un punto de vista de la teoría, la Red cambia la disposición en propuestas de valor para los representantes principales y de esta manera, que las zonas rurales puedan ser reivindicadas como lugares de distribución de la riqueza como opción a la desigualdad y la pobreza (Mochi et al., 2019).

#### 5. CONCLUSIONES

Se analizaron algunas de las técnicas de reciente introducción, algunas no tienen un uso muy extendido y representan un alto costo, y se puede considerar que algunas de las tecnologías presentadas, los productores a gran escala tienen mayor capacidad para acceder, como los productos extruidos, las tecnologías de membrana, o el uso de pulsos de campo eléctrico, sin embargo, es importante que puedan ser adquiridas por los productores con pequeña capacidad productiva, mediante apoyos o subsidios. Se pueden considerar otros métodos tradicionales y de fácil acceso a los productores a baja escala, aprovechando también las nuevas tendencias como la elaboración de productos orgánicos, cadenas cortas de valor donde se reivindique el papel del productor rural, o el trabajar en nuevos canales de distribución. Esto tiene importancia para ofrecerles una mayor ventaja al competir con agricultores

con mayor producción y utilizar los medios que estén al alcance en el sector rural, y así empoderar a la gente, esto puede darse por la unión de los productores o en las nuevas tendencias de la economía social y solidaria o en su caso, aplicar tecnologías a la que tengan acceso todo sector de la población, cómo el proceso ultrasónico que representa una opción sencilla y de bajo costo, el deshidratador con energía renovable o los métodos tradicionales y artesanales. También es necesario los estudios inter y multidisciplinarios, y la vinculación del sector gubernamental, educativo y de los productores para lograr la transformación del campo, para revertir los problemas que aquejan a esta cadena y repercute en otras más, y para preservar los recursos de una manera sostenible. La adquisición de equipos o el diseño de prototipos de corte y desespinadoras, puedan representar estudios en donde se puede ahondar más, y también podrían ser consideraciones importantes para los productores a baja escala.

## 6. REFERENCIAS

- Antunes-Ricardo, M., Mendiola, J. A., García-Cayuela, T., Ibañez, E., Gutiérrez-Urbe, J. A., Pilar Cano, M., & Guajardo-Flores, D. (2020). Enzyme-assisted supercritical fluid extraction of antioxidant isorhamnetin conjugates from *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. *Journal of Supercritical Fluids*, 158, 104713. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104713>
- Badui, D. (2012). *La ciencia de los alimentos en la práctica*. México: Editorial Pearson Educación.
- Behera, S. S., Adebisi, J. A., Adebo, O. A., Sobowale, S. S., & Panda, S. K. (2021). Novel Technologies in Juice Processing from *Opuntia* spp. Fruits. In Ramadan, M. F., Ayoub, T. E. M., & Rohn, S. (Eds.), *In Opuntia spp.: Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications* (pp. 561–574). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7\\_284](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7_284)
- Bobo, G., y La Farga, T. (2018). Estudio de tecnologías aplicadas a Transformados Vegetales. Retos y oportunidades de I+D. INCREA. Innovación y Creatividad Alimentaria. Gobierno de la Rioja. Dirección General de Innovación. <https://www.increa.es/descargas/>
- Calixto Escobar, N. (2017). En Nopal Mexica: “De la raíz mexicana, vida, salud y manjar”. En Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, AC. (eds). *In Innovar para Competir 40 Casos de éxito*.
- Callejas-Juárez, N., Matus-Gardea, J. A., García-Salazar, J. A., Martínez-Damián, M. Á., & Salas-González, J. M. (2009). Situación actual y perspectivas de mercado para la tuna, el nopalito y derivados en el estado de México, 2006. *Agrociencia*, 43(1), 73–82.
- CIATEJ. (2019). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Deshidratador de alimentos utilizando energía renovable. <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/726>
- Domínguez-García, I. A., Granados-Sánchez, M. D. R., Sagarnaga-Villegas, L. M., Salas-González, J. M., & Aguilar-Ávila, J. (2017). Viabilidad económica y financiera del cultivo de nopal tuna (*Opuntia ficus-indica*), Nopaltepec Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1371. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.304>
- Gelvez, M., & Ibarra, M. (2019). Desarrollo e implementación de un reactor de plasma frío para la conservación de alimentos. XII del CIBIA. Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17408.38401>
- Gomez Delgado, Yeniffer y Velázquez Rodríguez, Elisa B. (2019). Salud y cultura alimentaria en México. *Revista Digital Universitaria (RDU)*. Vol. 20, núm. 1 enero-febrero. doi: <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a6>

- Hernández Bonilla, B. E., Ruiz Reynoso, A. M., Ramírez Cortés, V., Sandoval Trujillo, S. J., & Dávila Hernández, M. (2020). Análisis económico de productores y comercializadores de nopal en el Valle de Teotihuacán. In RICEA Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración (Vol. 9, Issue 17). <https://doi.org/10.23913/ricea.v9i17.147>
- Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui, A., Saenz, C., Taguchi, M., Makkar, H., & Louhaichi, M. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del Nopal. In Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. <https://www.fao.org/3/i7628es/l7628ES.pdf>
- Karacabey, E., Turgut, S. S., & Küçüköner, E. (2021). Modern Technologies in Opuntia spp. Juice Processing. In Ramadan, M. F., Ayoub, T. E. M., & Rohn, S. (Eds.), In Opuntia spp.: Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications (pp. 541–559). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7_27)
- Menéndez Gamiz, C. (2017). En Las tortillas de nopal, solución alimentaria saludable. En Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, AC. (eds). En Innovar para Competir 40 Casos de éxito.
- Mochi, P., Camhaj, A., Acosta, A., Belletti, G., Torres, G., Carlizzi, M., Girardo, S., Rojas, J.J., (2019). Otras economías, otros desarrollos: Agricultura familiar y economía social. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A. C.
- Mora, M. (2018). En Mercado, estrategias y limitaciones de comunicación. En Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui, A., Saenz, C. (eds). In Ecología del cultivo, manejo y usos del Nopal. In Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. <https://www.fao.org/3/i7628es/l7628ES.pdf>
- Nazareno, M. (2018). En Propiedades nutricionales y medicinales de frutos y cladodios de nopal. En Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui, A., Saenz, C. (eds). In Ecología del cultivo, manejo y usos del Nopal. In Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. <https://www.fao.org/3/i7628es/l7628ES.pdf>
- Pérez-Olmos, K.N., & Aguilar-Rivera, N. (2021). Agritourism and sustainable local development in Mexico: a systematic review. Environ Dev Sustain (2021). <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01413-0>
- Ramadan, M. F., Ayoub, T. E. M., & Rohn, S. (Eds.). (2021). Opuntia spp.: Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7>
- Ramírez Abarca, O., Figueroa Hernández, E., & Espinosa Torres, L. E. (2015). Análisis De Rentabilidad De La Tuna En Los Municipios De Nopaltepec Y Axapusco, Estado De México. Revista Mexicana de Agronegocios, XIX(36), 1199–1210.
- Ruiz-Gutiérrez, M. G., & Quintero-Ramos, A. (2021). Prickly Pear (Opuntia ficus indica) Processing by Extrusion-Cooking. In Ramadan, M. F., Ayoub, T. E. M., & Rohn, S. (Eds.), In Opuntia spp.: Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications (pp. 657–677). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7_34)
- Sáenz, C., Berger, H., Rodríguez-Félix, A., Galletti, L., García, J. C., Sepúlveda, E., Teresa, M., Víctor, V., De Cortázar, G., Cuevas García, R., Arias, E., Mondragón, C., Higuera, I., & Rosell, C. (2013). Agro-industrial utilization of cactus pear. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2013. <https://www.fao.org/publications>

- Sáenz, C. (2018). En Procesamiento y utilización de frutos, cladodios y semillas. En Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui, A., Saenz, C. (eds). In *Ecología del cultivo, manejo y usos del Nopal*. In Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. <https://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>
- SAGARPA. (2015). Estudio de factibilidad para el establecimiento de cultivo de nopal (opuntia) en tierras ociosas en los estados de Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Zacatecas con fines alimenticios, energéticos y ambientales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. INFORME DETALLADO, 34–87. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346982/Nopal\\_Detallado.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346982/Nopal_Detallado.pdf)
- Sánchez-Vega, R., Chávez-Martínez, A., Tirado-Gallegos, J. M., Reyes-Jurado, F., Ochoa-Velasco, C. E., & Avila-Sosa, R. (2021). Opuntia spp. Products and By-products as a Potential Source of Edible Films and Coatings. In Ramadan, M. F., Ayoub, T. E. M., & Rohn, S. (Eds.), In *Opuntia spp.: Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications* (pp. 777–797). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78444-7_39)
- Sandoval-Trujillo, S. J., Ramírez-Cortés, V., & Hernández-Bonilla, B. E. (2019). Alternativas de producción del nopal en el Estado de México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Contaduría Pública y Administración. Vinculatégica. EFAN. [http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/vinculategica\\_5\\_2/A.48](http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/vinculategica_5_2/A.48) Alternativas de producción del nopal en el Estado de México.pdf