

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

# Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947  
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



**Ciencias**  
**Exactas,**  
**Naturales**  
**y de la Salud**

**77**  
**ANIVERSARIO**

**Año 15 N° 43**  
**Mayo - Agosto 2024**  
**Tercera Época**  
**Maracaibo-Venezuela**

## Potencialidades del Nopal en la industria alimentaria

Jessenia Fernanda Quishpi Guachalá\*  
Tatiana Elizabeth Sánchez-Herrera\*\*  
Iván Patricio Salgado-Tello\*\*\*  
Byron Fernando Castillo-Parra\*\*\*\*  
Diana Katherine Campoverde-Santos\*\*\*\*\*

### RESUMEN

El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) es una cactácea perteneciente al género *Opuntia* presente en zonas áridas y semiáridas, con una amplia distribución geográfica. A nivel de la industria tiene gran importancia ya que puede ser utilizado para la elaboración de alimentos, por lo que el objetivo del trabajo fue realizar una búsqueda y revisión bibliográfica acerca de su utilización en la Industria Alimentaria para la elaboración de alimentos funcionales. Como una nueva alternativa se obtiene la harina de nopal mediante un proceso de deshidratación. Gracias a su composición nutrimental se considera un buen producto alimenticio, presentando un alto contenido de fibra y compuestos bioactivos; puede ser utilizado para la elaboración de una amplia gama de alimentos como: bebidas en polvo, barras energéticas y productos de repostería; considerándose productos funcionales gracias al aporte de fibra dietética (13,88%) que estos poseen. Por parte de los consumidores existe una aceptación positiva hacia los productos elaborados con harina de nopal. Se recomienda la utilización de la harina en otro tipo de productos como: lácteos, cárnicos y jugos, con el fin de incrementar el contenido de fibra dietética en su composición nutricional.

**PALABRAS CLAVE:** Producción alimentaria, alimentos funcionales, Nopal (*Opuntia ficus-indica*), fibra dietética.

\*Ingeniera en Industrias Pecuarias. Investigadora independiente. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8756-1459>. E-mail: [jfernandaq@hotmail.com](mailto:jfernandaq@hotmail.com)

\*\* Docente en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2733-7941>. E-mail: [tsanchez@esPOCH.edu.ec](mailto:tsanchez@esPOCH.edu.ec)

\*\*\* Docente en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3332-6096>. E-mail: [ivan.salgado@esPOCH.edu.ec](mailto:ivan.salgado@esPOCH.edu.ec)

\*\*\*\*Docente en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0661-8648>. E-mail: [byron.castillo@esPOCH.edu.ec](mailto:byron.castillo@esPOCH.edu.ec)

\*\*\*\*\* Docente en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8538-6747>. E-mail: [diana.campoverde@esPOCH.edu.ec](mailto:diana.campoverde@esPOCH.edu.ec)

Recibido: 16/11/2023

Aceptado: 30/01/2024

## Potential of the Nopal in the Food Industry

### RESUMEN

The Nopal (*Opuntia ficus-indica*) is a cactus belonging to the genus *Opuntia* present in arid and semi-arid areas, with a wide geographical distribution. At the Industry level it has great importance since it can be used for the production of food, so the objective of the work was to carry out a bibliographic search and review about its use in the Food Industry for the production of functional foods. As a new alternative, cactus flour is obtained through a dehydration process. Thanks to its nutritional composition, it is considered a good food product, presenting a high content of fiber and bioactive compounds; It can be used to prepare a wide range of foods such as: powdered drinks, energy bars and pastry products; considered functional products thanks to the contribution of dietary fiber (13.88%) that they have. On the part of consumers there is a positive acceptance towards products made with cactus flour. The use of flour is recommended in other types of products such as: dairy, meat and juices, in order to increase the dietary fiber content in their nutritional composition.

KEYWORDS: Food production, functional foods, Nopal (*Opuntia ficus-indica*), dietary fiber.

### Introducción

Actualmente se ha observado que existe un gran interés por parte de los consumidores hacia los alimentos funcionales que aporten beneficios extras, adicionales a su valor nutritivo; la población cada día exige una mayor producción de alimentos naturales y funcionales que les permita tener una alimentación más saludable.

Un alimento puede ser considerado funcional cuando se demuestra que, además de sus efectos nutritivos, interviene beneficiosamente en otras funciones del organismo de forma que ayuda a mejorar su estado de salud o bienestar, o reduce el riesgo de enfermedad. (Ramírez, M., 2017. p. 24)

Este tipo de alimentos son aquellos que brindan beneficios para la salud más allá de la nutrición básica y, además, son capaces de generar evidencia científica de que mejoran una o varias funciones en el organismo del ser humano. (Campora, M., 2016. p. 131)

El Nopal (*Opuntia ficus indica*) tiene una extensa distribución en el mundo y puede ser utilizado como fuente de alimentos funcionales (nopalitos y tunas) y no solo utilizarla

como cerca de separación entre parcelas. (Corzo, L., *et al.* 2016. p. 37)

Es conocido como “planta de tuna” y ha tenido un gran interés desde tiempos antiguos, la *Opuntia* ha logrado tener desde la prehistoria una importancia como alimento, bebida y una variada aplicación en la medicina, así como de fuente de pigmentos. (Pérez, S., 2016)

Se considera como un alimento que tiene alto valor nutricional, especialmente por su contenido en minerales, proteínas, fibra dietética y fitoquímicos. Se han descrito también algunas propiedades funcionales, en las que se incluye el contenido de fibra dietética y de pectina, que sugiere su uso como alimento funcional. (Torres, R., *et al.* 2015. p. 1129)

Los cladodios o pencas del nopal son una fuente muy importante de compuestos funcionales, entre los que se puede mencionar, la fibra, los hidrocoloides (mucílagos), los pigmentos (betalainas y carotenoides), los minerales (calcio, potasio), y algunas vitaminas, interesantes entre otros motivos, por sus propiedades antioxidantes. Todos estos compuestos bioactivos son muy apreciados desde el punto de vista de una dieta saludable y también como ingredientes para la fabricación de nuevos alimentos. (Marino, J., 2018. p. 15)

Su contenido de fibra está en 12-18%, propiedad que le ha permitido posicionarse como una buena fuente de fibra dietética. Además, se han descrito propiedades medicinales, en el control de la diabetes, como antioxidante, antiviral, anticancerígeno y como anticolesterolémico, por lo que es utilizado en la medicina tradicional. (Torres, R., *et al.* 2015. p. 1129)

Contiene gran cantidad de fibra dietética, soluble e insoluble. Estas fracciones de fibra tienen efectos fisiológicos distintos: es así como la fibra soluble está relacionada con la reducción de los niveles de glucosa y de colesterol y la estabilización del vaciamiento gástrico y la fibra insoluble con la capacidad de retención de agua (aumento del peso de las heces), el intercambio iónico, la absorción de ácidos biliares, minerales, vitaminas y otros y su interacción con la flora microbiana. (Sáenz, C., *et al.* 2006. p. 15)

La fibra dietética es uno de los componentes que tiene un amplio estudio desde el punto de vista de la nutrición y la relación que existe entre fibra y salud, por ejemplo, para el control del colesterol y prevención de algunas enfermedades como diabetes y obesidad. (Marino, J., 2018. p. 15).

En Ecuador, la única parte que se consume es el fruto del nopal o tuna, sin embargo, los cladodios opencas son desechados sin aprovechar sus principales componentes. Razón por la cual el desarrollo del presente Trabajo de Investigación acerca del Nopal, es muy importante para nuestro país, ya que de esta manera se puede dar a conocer su utilización como alimento funcional dentro de la Industria Alimentaria, dándole un valor agregado a la parte de la planta que no se comercializa, además se pretende ampliar el conocimiento acerca de los alimentos funcionales, ya que brindan muchos beneficios para mejorar nuestra salud disminuyendo el riesgo de padecer alguna enfermedad.

El presente Trabajo de Investigación tiene como objetivo general realizar una búsqueda y revisión bibliográfica acerca de la utilización del Nopal (*Opuntia ficus indica*) en la Industria Alimentaria para la elaboración de alimentos funcionales. Teniendo los siguientes objetivos específicos: Revisar y comparar información bibliográfica del contenido de proteína, carbohidratos, fibra y compuestos bioactivos en el cladodio de Nopal fresco y la harina obtenida, identificar los alimentos que se pueden elaborar con harina de Nopal dentro de la industria Alimentaria y finalmente conocer la aceptación de los productos elaborados con harina de nopal entre los consumidores.

### 1. Aspectos metodológicos

La metodología que se emplea para la realización de la investigación es una metodología descriptiva, la cual nos permite realizar una profunda revisión bibliográfica mediante consultas en diferentes fuentes de información como: revistas especializadas, libros, artículos científicos, artículos de revisión y tesis que tienen estrecha relación con el tema de investigación. Para la búsqueda de información se utilizaron varias plataformas digitales como: Google Académico, Redalyc, Academia.edu, Scielo, entre otras.

Durante el proceso de investigación bibliográfica es necesario considerar una serie de criterios para la selección del material documental que se va a utilizar. (Rodríguez, M., 2013), da a conocer los criterios que se deben considerar:

-Pertinencia, las fuentes consultadas deben estar acorde con los objetivos de la investigación, aportando conocimientos, enfoques, teorías, conceptos y experiencias

significativas que permitan fundamentar la investigación. (Rodríguez, M., 2013)

-Autoría, nos permite conocer el nivel de confianza de la información.

-Actualidad, las fuentes consultadas deben ser actuales para asegurar que reflejan los últimos avances de la investigación. Para el desarrollo de la investigación se tomó en cuenta una base de datos del 30% de investigaciones de años anteriores y un 70% investigaciones desde el año 2015 hasta el año 2020.

## 2. Nopal (*Opuntia ficus-indica*)

(Sacaroto, F., 2017), define al Nopal como plantas arbustivas, rastreras o erectas con un sistema de raíces densamente ramificado y extenso, con tallos suculentos y articulados llamados cladodios o vulgarmente conocidos como pencas. Los cladodios dentro de la industria pueden ser utilizados para nopalitos cuando están tiernos y para la producción de harinas y productos similares.

(Marino, J., 2018. p. 6), menciona que la *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, más conocida como tuna, pertenece a la familia de las cactáceas. Su origen e historia están relacionados con las antiguas civilizaciones mesoamericanas. Los nopales están unidos de modo particular a la historia de México y Mesoamérica y se considera que son originarios de América tropical y subtropical, sin embargo, hoy en día, se pueden encontrar en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, ya sea en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano.

El Nopal pertenece al género *Opuntia* de la familia de las *Cactaceae*, llamadas comúnmente como cactáceas o cactus. Se ha podido identificar un aproximado de 125 géneros y 2000 especies, reconociendo que cerca de 377 especies tienen una mayor relevancia, se encuentran distribuidos desde Canadá hasta la Patagonia Argentina. En la actualidad, ha logrado tener un gran impacto dentro de la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética, debido al excelente potencial que este posee. (Párraga, E., 2015. p. 31)

Desde épocas prehispánicas hasta la actualidad, este cactus ha sido de gran valor alimenticio ya que se considera un importante recurso nutricional para la población de América Latina. (Marino, J., 2018.p. 6).

## 2.1. Descripción botánica

En la ilustración 1 Se puede observar las diferentes partes del Nopal, (1) cladodio, (2) espinas, (3) flor, (4) fruto. (Pilligua, F., 2017. p. 8), en su investigación da a conocer la descripción del Nopal indicando que el sistema radical es extenso, profundo y altamente ramificado. Los cladodios o tallos, también se los conoce como palas o pencas, estos son articulados aplanados y presentan tejidos carnosos; en el centro de la penca se puede identificar una red bilateral del tejido celulósico que con el transcurso del tiempo se endurece, dándole a ésta una constitución rígida.

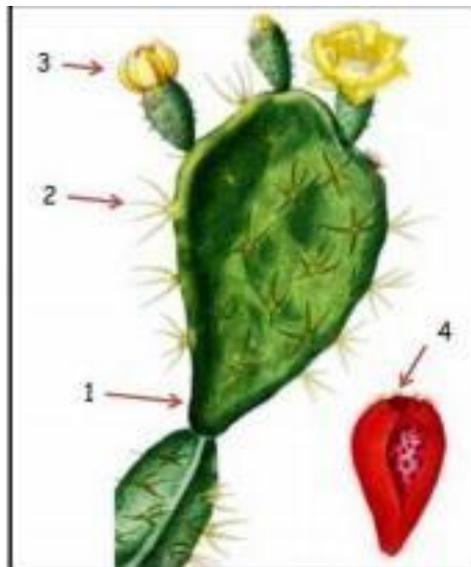


Figura 1. Partes del nopal

Fuente: (Cevallos, E., 2016)

Se conoce que su crecimiento dura un aproximado de 90 días y pueden llegar a tener una longitud hasta 70 cm. Presentan una forma aplanada, lo cual les ayuda a captar mayor energía solar. Se encuentran cubiertos por una cutícula de tipo lipídica, la cual tiene la función de una capa protectora que ayuda a impedir la deshidratación debido a las elevadas temperaturas. (Cevallos, E., 2016) Se considera que los cladodios poseen grandes cantidades de pectina, mucílagos y minerales, además se ha identificado un alto contenido de ácido málico, producto del ciclo diurno propio de la planta bajo el metabolismo MAC. (Párraga, E., 2015. p. 38)

## 2.2. Producción en el Ecuador

En los últimos años se ha podido observar una demanda creciente en el mercado de productos hechos a base de nopal, originándose así una serie de incentivos en el sector agrícola primario a fin de incentivar su siembra, en especial en zonas donde su actividad agrícola se ha visto mermada, fomentando a su vez la generación de nuevas actividades productivas que ayuden a dinamizar la economía y producción de estas regiones. (Encalada, M. & Dávila, A., 2015. p. 8)

En el Ecuador, la variedad más común de nopal que se puede identificar es la *Opuntia ficus-indica* L. esta se adapta a los cambios climáticos entre las estaciones de invierno y verano; evitando la erosión del suelo en temporadas de sequía. (Martínez, A., 2015. p. 13)

De acuerdo con un estudio del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el cultivo de tuna en el país ocupa alrededor de 180 hectáreas. Las provincias donde tiene mayor presencia son Imbabura, Loja, Santa Elena, Tungurahua y Chimborazo, en las que se siembran las variedades: amarilla sin espina, la amarilla con espina, la blanca y la silvestre. En esta última localidad también se destacan los cultivos del cantón Cevallos, el cual se encuentra ubicado a 15 minutos de Ambato, esto se debe a las propiedades del suelo, clima, y sobre todo a la abundancia de abono orgánico. (Chávez, R., 2017)

## 2.3. Composición Nutricional

(Soria, G., 2015. p. 10), da a conocer en términos nutricionales que el Nopal aporta proteínas, calcio, hierro, vitamina A y B, fibra y ácido ascórbico, identificándose un aporte energético de 27 Kcal por cada 100 gr. También contribuye con una alta proporción de agua a la dieta y es muy cotizado por su alto contenido en fibra.

En su investigación (Abraján, M., 2008) y (Magro, S., & Pérez, M., 2017), manifiestan que los nopales están constituidos mayormente por agua, también considerándose de gran interés su contenido mineral y fibra dietaria. Se considera que la composición química varía dependiendo del estado de maduración y del ambiente que rodea a la planta. (Sáenz, C., et al. 2006. p. 13), dan a conocer que la composición química de los nopalitos frescos es principalmente agua (91 por ciento) y 1,5 por ciento de proteínas; 0,2 por ciento de lípidos; 4,5

por ciento de hidratos de carbono totales; 1,3 por ciento de cenizas; el contenido de fibra (1,1 por ciento) comparándose con la espinaca.

Según (Cevallos, E., 2016), la composición química del nopal es: humedad 93,75%, proteína 1,23%, grasa 0,21%, ceniza 1,48%, fibra 0,78% y carbohidratos totales 2.55%. De la misma manera, (Tenelema, J., 2017), en su investigación obtiene los siguientes resultados en cuanto a la composición: humedad 94,82%, proteína 0,38%, grasa 0,10%, ceniza 0,95% y fibra 8,58%. La diferencia que existe en la composición química de cada estudio realizado, concuerda con (Sáenz, C., *et al.* 2006) que manifiestan que el contenido de proteína y fibra va a depender de la edad de la penca de nopal, el porcentaje de proteína es menor a medida que crece la planta mientras que el porcentaje de fibra aumenta; por lo tanto, los resultados corresponden a nopales de diferentes edades.

(Magro, S., & Pérez, M., 2017), en su investigación dan a conocer que el contenido de proteína es mayor en los brotes; la fibra cruda aumenta con la edad del nopal, pudiendo llegar hasta un 16,1% en los tallos suberificados, pero siendo cercana a 8,0%, en promedio, en nopales jóvenes.

La penca de tuna contiene elevada cantidad de agua, compuestos hidrocarbonatos entre los que se pueden identificar la galactosa, xilosa, arabinosa y la fibra dietética que está constituida por diferentes proporciones de lignina, hemicelulosa, pectina mucílago (fibra soluble), celulosa (fibra insoluble) y gomas, además de proteínas y pequeñas cantidades de calcio, hierro, ácido ascórbico, tiamina, riboflavina y niacina. (Huanca, J., 2017)

El contenido de los macronutrientes en el cladodio cambia con su edad, los nopalitos contribuyen con una alta proporción de agua (alrededor del 90%) y son altamente cotizados por su contenido de fibra, el cual es comparable con algunas frutas y hortalizas. (Urquizo, F., 2015. p. 9).

En cuanto a su composición en polifenoles, el nopal se considera un excelente candidato para recomendaciones dietéticas e indicaciones terapéuticas. *Opuntia ficus indica* es conocida por su elevado contenido en polifenoles que exhiben propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. (El- Mostafa, K., *et al.* 2014).

#### 2.4. Propiedades y beneficios

Investigaciones científicas han demostrado que los cladodios del nopal pueden ser usados principalmente como fuentes de nutrientes y fitoquímicos de gran importancia nutricional y funcional. Los cladodios de nopal presentan características funcionales promisorias debido a sus propiedades promotoras de la salud. (Benites, V., 2019. p. 20) Los principales beneficios de los cladodios que se pueden evidenciar son contra las enfermedades crónicas, que están asociados a sus fibras y antioxidantes. (Msaddak, L., *et al.* 2017)

Se ha podido identificar que el nopal tiene propiedades hipoglucémicas e hipercolesterolémicas, antiinflamatorias, anti genotóxicas, hipotensas, inmunomoduladoras, antivirales, antioxidante y todas estas propiedades están asociadas principalmente a su contenido de fibra. (Rodiles, J., *et al.* 2016.p. 49), Aporta una gran cantidad de fibra soluble e insoluble. A la cantidad de fibra soluble le atribuyen una función medicinal que favorece el proceso digestivo. Además, ayuda a reducir el riesgo de problemas gastrointestinales y es auxiliar en el tratamiento contra la obesidad. De lamisma manera, la fibra reduce la cantidad de lipoproteínas y disminuye el colesterol en la sangre al interferir en la absorción de grasas en los intestinos. (Torres, R., *et al.* 2015. p. 1135)

También se ha podido destacar su poder hipoglucemiante. Su elevado contenido de fibra soluble y pectinas afecta favorablemente la absorción de glucosa a nivel intestinal. (Torres, R., *et al.* 2015. pp. 1133-1134) El nopal es un alimento que se recomienda en el tratamiento de la diabetes para disminuir las concentraciones de azúcar en la sangre.

Por su parte, (Otoya, J., 2017. p. 4) en su investigación manifiesta que la penca ha sido estudiada por sus efectos en los niveles de azúcar en sangre, y en un estudio se evidencio que los extractos de cactus pueden producir una disminución significativa en los valores de glucosa en la sangre casi en un 18%. La adición de penca de tuna en las comidas mexicanas con un elevado nivel en carbohidratos en pacientes con diabetes de tipo 2 ayuda a inducir una reducción en la concentración de glucosa después de las comidas.

Se ha observado que al nopal se le atribuyen propiedades terapéuticas, las cuales han sido comprobadas, entre ellas podemos identificar, el fortalecimiento del hígado y el páncreas, se considera un hipoglucemiante natural, por ello resulta un alimento recomendable para

diabéticos y obesos. En los estudios realizados se pudo evidenciar que la ingestión de nopal antes de cada alimento, durante diez días, provoca una disminución del peso corporal y reduce las concentraciones de glucosa, colesterol y triglicéridos en sangre. (Marino, J., 2018. p. 16)

A través de los años, se ha logrado una serie de estudios que demuestran la importancia terapéutica que posee el nopal y sus frutos. Las propiedades hipoglucemiantes son una de las principales características de mayor interés que se le ha atribuido al nopal, los cuales han sido claramente demostrados en varios estudios *in vitro*. (Párraga, E., 2015. p. 11)

Las investigaciones farmacológicas del nopal como un agente hipoglucemiante iniciaron en 1964, en las cuales se concluyó que diferentes preparaciones de nopal crudo licuado, administrado por sonda nasogástrica a conejos con hiperglucemia inducida, ayudaba a disminuir las concentraciones de glucosa en sangre, incrementando los niveles y la sensibilidad a la insulina, logrando con esto estabilizar y regular el nivel de glucosa en la sangre. (Marino, J., 2018. p. 16).

### 3. Harina de cladodio de nopal

Un producto derivado de los nopales y de los nopalitos, son las harinas o polvos de nopal. Este producto en un inicio estuvo destinado tradicionalmente a la industria farmacéutica y para suplementos alimenticios para confeccionar cápsulas, tabletas y otras bases para medicinas. Sin embargo, debido a que las harinas son ricas en fibra dietaria y otros compuestos de alto interés nutricional, puede ser un interesante ingrediente para la industria de alimentos. (Sáenz, C., *et al.* 2006. p.91)

En un inicio, este producto derivado de los cladodios de nopal, tuvo mayor énfasis en la industria farmacéutica para la fabricación de suplementos alimenticios. Sin embargo, en la actualidad ha logrado ser un interesante ingrediente para la industria de alimentos en la elaboración de galletas y tortillas, reportando altas cantidades de fibra dietética. (Párraga, E., 2015)

Esta harina tiene aplicación reciente en la industria panificadora en la elaboración de galletas, pastas, cremas y postres o bien en la de fibras dietéticas paletizadas. Esta última aplicación resulta importante, en virtud de que el consumo de fibras de tipo soluble, representa

una mejoría significativa para los procesos digestivos con problemas de estreñimiento y el nopal es una fuente importante de este tipo de fibras. (Sáenz, C., *et al.* 2006. p. 60)

La harina se ha ensayado a nivel experimental para enriquecer con su aporte de fibra productos como sopas de verduras, postres tipo flan y galletas. Esto es de especial interés, teniendo en cuenta que en general las dietas de muchos países son bajas en este componente y que este compuesto es altamente saludable. (Sáenz, C., *et al.* 2006. p. 60)

La harina de nopal se obtiene por deshidratación y molienda de los cladodios, los que pueden ser de distintas edades; esto influirá en sus características. (Sáenz, C., *et al.* 2006. p. 60)

La deshidratación de los cladodios de nopal para la preparación de harina se considera un método eficiente ya que ayuda a conservar el producto durante largos periodos de tiempo. Los cladodios pueden ser deshidratados usando secadores solares, secadores de banda transportadora y secadores de lecho fluido. (Hernández, E., 2003. p. 40)

### 3.1. Composición nutricional

Para la obtención de harina (Castillo, S., *et al.* 2013), en su investigación utilizaron cladodios maduros de 1-3 años de edad. La harina tuvo una caracterización físico-química en la que se obtuvieron los siguientes resultados, proteína 12,66 g%; grasa 3,03 g%; fibra alimentaria 47,65 g% y cenizas 20,28g%. Además, presenta una apariencia de polvo, de color verde claro, olor intenso a vegetal herbáceo y una textura suave.

(Durán, G., *et al.* 2011), da a conocer que la harina de nopal se caracteriza por su alto contenido de fibra alimentaria y en su investigación presenta su contenido nutricional, encontrándose carbohidratos 16,28%, proteínas 15,16%, grasa 3,53%, fibra alimentaria total 44,25% de la cual el 9,63% pertenece a la fibra soluble y el 34,58% a la parte insoluble y cenizas con 20,74%.

Mientras que (Lecaros, M., 1997), informo sobre algunas características de la harina de cladodio de nopal, indicando que podría ser una nueva fuente de fibra dietética para la elaboración de alimentos funcionales. Los análisis mostraron que la harina obtenida en este trabajo presenta una granulometría similar a las harinas comerciales de trigo y leguminosas. Este producto presenta un alto contenido de fibra dietética (42,99%), siendo mayor el aporte

de fibra insoluble (28,45%) quede soluble (14,54%), ya que presento una relación de 2:1.

Además (Marino, J., 2018. p. 15), en su investigación manifiesta que, entre los compuestos funcionales, la fibra dietética es uno de los componentes más estudiados desde el punto de vista de la nutrición y la relación que existe entre fibra y salud, por ejemplo, para el control del colesterol y prevención de algunas enfermedades como diabetes y obesidad, lo que es conocido por los consumidores.

(Figueroa, M., *et al.* 2018), en su investigación acerca de la harina de nopal identificaron 15 ácidos fenólicos y 13 flavonoides. Observaron diferentes perfiles de polifenoles en los cladodios de nopal recolectados en diferentes etapas de madurez. Los cladodios jóvenes presentaron mayor contenido de varios ácidos fenólicos y flavonoides, como, el ácido ferúlico, rutina, narcisina y nicotiflorina.

(Msaddak, L., *et al.* 2017), en la harina de nopal identificaron 13 compuestos. Estos compuestos se dividieron en 9 flavonoides, 2 fenólicos, 1 alcaloide y 1 terpenoide. Además, dieron a conocer que podrían ser beneficios para la salud gracias a sus propiedades antioxidantes. De la misma manera (Ahmed, M., *et al.* 2019) también manifiestan que en su investigación se identificaron 13 compuestos fenólicos y tienen interés gracias a las propiedades que poseen.

### 3.2. Utilización en la industria alimentaria

En la actualidad la expansión del consumo de nopal se ha extendido por el mundo, gracias a las investigaciones que se realizan en algunos países como Europa y Asia en colaboración con México para el desarrollo de derivados industriales y alimenticios de bajo costo y que sean amigables con el medio ambiente, pero dentro del mismo continente americano también se realizan programas de desarrollo sustentable usando esta planta. (Martínez, A., 2015. p. 21)

Dentro de la industria alimentaria existe una gran variedad de productos que pueden ser elaborados a partir del cladodio o penca de nopal, estos productos además de satisfacer las necesidades de los consumidores generan un beneficio para su salud, debido a las propiedades funcionales propias de la planta.

Los nopales tiernos de la *Opuntia* pueden ser consumidos directamente como verdura en

fresco, procesado en salmuera y/o escabeche, preparados con salsas y ajíes para rotiserías, hoteles, restaurantes, etc. También pueden utilizarse en la preparación de otros alimentos como yogurt, sopas, salsas, ensaladas, jugos concentrados. (Magro, S., & Pérez, M., 2017)

Su versatilidad le permite ser consumido en polvo (deshidratado o molido) del cual se elaboran dulces, panes, tortillas, galletas o tostadas; o como fruto, se emplea en dulces, mermeladas y jaleas, debido a sus antioxidantes y nutrientes. (Santamaría, E., *et al.* 2018. p. 89)

En la industria de alimentos para humanos, se han obtenido a partir de los cladodios, suplementos alimenticios ricos en fibra. (Ortiz, F., *et al.* 2012) Debido a la corta vida de anaquel del nopal fresco se han desarrollado diversas estrategias de preservación de los componentes que posee el mismo, siendo la de mayor aplicación el nopal deshidratado en polvo. (Magro, S., & Pérez, M., 2017)

El producto se prepara después de la selección, cortado, deshidratación y molienda de los nopales, resultando un polvo fino de color verde claro, bajo en humedad y listo para su consumo, con una mayor vida en anaquel. Esto permite facilitar su manejo y conservación de las propiedades funcionales de interés. (Magro, S., & Pérez, M., 2017)

Las fibras dietéticas y los compuestos bioactivos se utilizan ampliamente como ingredientes funcionales en los alimentos procesados. (Msaddak, L., *et al.* 2017).

#### 4. Contenido de proteína, carbohidratos y fibra en el cladodio de nopal fresco y la harina obtenida

El Nopal tiene un gran interés dentro de la Industria Alimentaria gracias a los componentes nutrimentales que este posee. En la tabla 1. se puede observar el contenido de proteína, carbohidratos y fibra del cladodio de nopal fresco según varios autores.

El contenido promedio de proteína es de 1,30%; este varía de acuerdo a la edad, teniendo en cuenta que es mayor en cladodios tiernos y disminuye según aumenta su edad. (Pérez, S., 2016) obtuvo el mayor valor de 2,07% a diferencia de (Tenelema, J., 2017) que obtuvo 0,38%. En el caso de (Sáenz, C., *et al.* 2006) y (Anrrango, A., & Burbano, A., 2013) presentaron valores iguales de 1,50%.

Con respecto al contenido de carbohidratos existen cantidades apreciables con un

promedio de 4,33%. Donde el mayor valor fue obtenido por (Anrrango, A., & Burbano, A., 2013) con 5,96%, seguido de (Sáenz, C., *et al.* 2006) con 4,50% y finalmente (Cevallos, E., 2016) con 2,55%. Considerando que la variación que se presenta podría deberse a la variedad de nopal utilizado para dichas investigaciones.

**Tabla 1.** Contenido de proteína, carbohidratos y fibra en el cladodio de nopal fresco según varios autores

Componentes	Sáenz <i>et al.</i> (2006)	Anrrango & Burbano (2013)	Cevallos (2016)	Pérez (2016)	Tenelema (2017)	Promedio
Proteína (%)	1,50	1,50	1,23	2,07	0,38	1,30
Carbohidratos (%)	4,50	5,96	2,55	NR	NR	4,33
Fibra (%)	1,10	3,50	0,78	13,42	8,58	5,50

Realizado por: Quishpi Guachalá et al, 2024.

El contenido de fibra se encuentra en un rango de 0,78% a 13,42% con un promedio de 5,50% incrementándose según aumenta la edad del cladodio. El mayor valor fue obtenido por (Pérez, S., 2016) con 13,42% a diferencia de (Cevallos, E., 2016) que presento un valor de 0,78%. Según (Tenelema, J., 2017) el contenido nutricional podría variar dependiendo de algunos factores que tienen relación directa con la planta, como, el lugar de cultivo, el clima y su edad. En relación al contenido de fibra (Pérez, S., 2016) y (Tenelema, J., 2017) llevaron a cabo sus investigaciones con la utilización de nopales maduros, ya que el contenido de fibra es alto, mientras que (Sáenz, C., *et al.* 2006), (Anrrango, A., & Burbano, A., 2013) y (Cevallos, E., 2016) utilizaron nopales tiernos.

En la tabla 2 se puede apreciar el contenido de proteína, carbohidratos y fibra de la harina obtenida de nopal según diferentes referencias bibliográficas.

El nopal es considerado como un alimento funcional gracias al alto contenido de fibra dietética que posee. El contenido de fibra promedio es de 46,72% tomando en cuenta los

valores obtenidos por varios autores en sus investigaciones. Donde el mayor valor fue presentado por (Escobar, L., 2017) con 58,55% a diferencia de (Rodiles, J., *et al.* 2019) que obtuvo el menor valor con 37,45%. (Durán, G., *et al.* 2011), (Castillo, E., *et al.* 2013) y (Vázquez, J. 2013) obtuvieron valores similares que se encuentran en un rango de 43% a 47%.

**Tabla 2.** Contenido de proteína, carbohidratos y fibra en la harina de nopal obtenida según varios autores.

Componentes	Durán <i>et al.</i> (2011)	Castillo <i>et al.</i> (2013)	Vázquez (2013)	Escobar (2017)	Rodiles (2019)	Promedio
Proteína (%)	13,69	12,66	3,21	4,50	22,42	11,30
Carbohidratos (%)	18,79	16,38	37,74	59,51	19,21	30,32
Fibra dietética (%)	46,21	47,65	43,76	58,55	37,45	46,72

Realizado por: Quishpi Guachalá et al, 2024.

El contenido de proteína se encuentra en un rango de 3,21% a 22,42%. El mayor valor presentado es de (Rodiles, J., *et al.* 2019) con 22,42%, seguido de (Durán, G., *et al.* 2011) con 13,69%. Los valores menores fueron obtenidos por (Vázquez, J. 2013) y (Escobar, L., 2017) con 3,21% y 4,50% respectivamente. En cuanto a los valores obtenidos por (Vázquez, J. 2013) 3,21% y (Rodiles, J., *et al.* 2019) 22,42% se puede apreciar una diferencia abismal en cuanto a su porcentaje, esto podría deberse principalmente a la variedad de nopal que los autores utilizaron para cada una de sus investigaciones, mencionando que existen alrededor de 377 especies y además que su composición nutricional podría variar debido a la naturaleza propia del cultivo y la salinidad del terreno en el cual se encuentra.

El contenido de carbohidratos fluctúa entre 16,38% hasta 59,51%. Los valores más representativos fueron de (Vázquez, J. 2013) y (Escobar, L., 2017) con 37,74% y 59,51% para cada uno. Los resultados obtenidos por (Durán, G., *et al.* 2011), (Castillo, E., *et al.* 2013) y (Rodiles, J., *et al.* 2019) son similares encontrándose en un rango de 16% a 19%. Las variaciones que se pueden evidenciar por cada uno de los autores posiblemente se deben a la variedad,

edad y ambiente en el cual se ha obtenido el cladodio para su posterior análisis.

Además, la actividad metabólica del nopal también ha sido considerada como uno de los factores que está relacionado directamente con el contenido de su composición nutricional, debido a que esta va cambiando con la madurez de la planta, como es el caso de la fibra en la cual existe un incremento, ya que se presenta un cambio en la estructura interior del cladodio formando una red maciza de celulosa que permite obtener un tejido esponjoso y como resultado también existe una disminución en cuanto a los otros componentes nutricionales.

En la tabla 1. y 2 se da a conocer el contenido de proteína, carbohidratos y fibra tanto en el cladodio de nopal fresco y en la harina obtenida, sin embargo, los valores obtenidos por los diferentes autores en sus investigaciones difieren entre sí. En los cladodios frescos la presencia de nutrientes es baja, debido a que tienen un mayor contenido de agua, (Cevallos, E., 2016) y (Tenelema, J., 2017), dan a conocer que dentro de la composición química del nopal fresco el contenido de agua está en un rango de 91% a 95%. Mientras que en la harina existe un mayor aporte de nutrientes, debido al método utilizado para su obtención, (Alpala, D., 2016) y (Chávez, J., 2015), mencionan que la harina es obtenida en un deshidratador por convección de aire a 62°C, donde se elimina la mayor cantidad de agua y por ende existe una mayor concentración de nutrientes. Es así que la harina de nopal puede ser utilizada como ingrediente para la elaboración de alimentos ya que su contenido de nutrientes es mayor, considerándose una buena fuente de fibra dietética 46,42% con propiedades hipoglucémicas que generan beneficios en la salud del consumidor.

##### 5. Contenido de compuestos bioactivos en cladodio de nopal fresco y la harina obtenida

Todas las partes del Nopal (*Opuntia ficus-indica*) son ricas en miembros de la familia de los polifenoles, como varios flavonoides y ácidos fenólicos. Estos compuestos en la actualidad han tomado interés debido a su capacidad antioxidante con beneficios para la salud humana. Según investigaciones revisadas los compuestos fenólicos son los principales compuestos encontrados en el nopal, estos eliminan los radicales libres, neutralizando su capacidad de causar daño celular.

Como se puede apreciar en la tabla 3 el contenido de compuestos fenólicos en cladodios es diferente en cada investigación teniendo un promedio de 16 compuestos en el cladodio de

nopal fresco y 18 en la harina obtenida, entre fenólicos y flavonoides. Las variaciones en el contenido de compuestos podrían deberse a la edad del cladodio, variedad y condiciones ambientales en las que se encuentra el nopal.

Los efectos beneficiosos para la salud por parte de los polifenoles del cladodio se deben a sus propiedades antioxidantes y eliminadores de radicales. (Izuegbuna, O., *et al.* 2019), manifiestan que los flavonoides se han estudiado ampliamente y se sabe que tienen efectos antioxidantes y antiinflamatorios.

**Tabla 3.** Contenido de compuestos bioactivos de cladodio de nopal fresco y harina obtenida según varios autores.

CLADODIO DE NOPAL FRESCO		
Autores	Compuestos Fenólicos	Compuestos predominantes
El-Mostafa <i>et al.</i> (2014)	11	Nicotiflorina
Rocchetti <i>et al.</i> (2018)	21	Narcisina
Hernández <i>et al.</i> (2020)	-	Quercetina
<b>Promedio</b>	<b>16</b>	
HARINA DE NOPAL		
Msaddak <i>et al.</i> (2017)	11	Quercetina
Figueroa <i>et al.</i> (2018)	28	Kaempferol
Ahmed <i>et al.</i> (2019)	13	Nicotiflorina
Yun <i>et al.</i> (2016)	19	Narcisina
<b>Promedio</b>	<b>18</b>	

Realizado por: Quishpi Guachalá et al, 2024.

En su investigación (El-Mostafa, K., *et al.* 2014) da a conocer que los compuestos predominantes en cladodios frescos son la nicotiflorina y narcisina, estos compuestos también fueron encontrados por (Figueroa, M., *et al.* 2018) en la harina, indicando que tienen propiedades antiinflamatorias y neuro protectoras contra la isquemia cerebral. (Rocchetti, G., *et al.* 2018), en sus resultados manifiestan la presencia de quercetina y kaempferol en cladodios

frescos, de la misma manera (Msaddak, L., *et al.* 2017) indican los mismos compuestos en la harina y además manifiesta que la quercetina es uno de los flavonoides dietéticos más abundantes. De acuerdo a varias investigaciones revisadas se puede determinar que los componentes predominantes tanto en el cladodio de nopal fresco como en la harina son: la nicotiflorina, narcisina, quercetina y kaempferol; indicando que el proceso de deshidratación para la obtención de harina no afecta su contenido, ya que se puede evidenciar la presencia de los mismos compuestos. Es así que los cladodios del nopal brindan efectos beneficiosos sobre el metabolismo de los lípidos y la glucosa, considerándose un buen inicio para el tratamiento de enfermedades, como la diabetes y la obesidad.

## 6. Alimentos elaborados con harina de nopal

Como se puede observar en la tabla 4 el porcentaje de fibra dietética, proteína, carbohidratos y grasa de los alimentos elaborados con harina de nopal es diferente para cada uno de ellos.

**Tabla 4.** Alimentos elaborados con la adición de harina de nopal según varios autores

Autores	Producto	Proteína %	Componentes (g/100g)		
			Carbohidratos %	Fibra dietética %	Grasa %
Sáenz <i>et al.</i> (2002)	Flan en polvo	27,20	42,60	9,20	2,00
Mendoza <i>et al.</i> (2019)	Hot cake	6,70	28,30	17,28	10,92
Marino (2018)	Galletas	12,60	44,52	4,49	7,73
Castillo <i>et al.</i> (2013)	Alfajores	8,99	31,11	24,58	19,55
Domínguez (2017)	Bebida Funcional de polvo de Nopal	NR	NR	16,23	NR
Escobar (2017)	Barra energética	12,61	54,89	11,37	7,71
Rodiles <i>et al.</i> 2019	Tortillas	5,59	69,23	12,77	9,79
<b>Promedios</b>		<b>12,28</b>	<b>45,10</b>	<b>13,78</b>	<b>9,61</b>

Realizado por: Quishpi Guachalá et al, 2024.

## 7. Disposiciones del Codex Alimentarius 2007 para el contenido de fibra dietética por porción en alimentos

**Tabla 5.** Disposiciones del CODEX ALIMENTARIUS: 2007 para el contenido de fibra dietética por porción en alimentos.

Componente	Propiedad declarada	Condiciones
Fibra dietética	Contenido básico	3 g/100g (Alimentos líquidos 1,5 g/100 ml)
	Contenido alto	6 g/100 g (Alimentos líquidas 3 g/100 ml)

Fuente: Codex Alimentarius, 2007.

Realizado por: Quishpi Guachalá et al, 2024.

Los factores que influyen en el contenido de nutrientes en estos alimentos están relacionados directamente con la formulación del producto, edad y variedad del cladodio utilizado para la obtención de la harina. Se ha identificado que la mayoría de productos en donde se utiliza la harina son de repostería, barras energéticas y recientemente para la elaboración de bebidas en polvo.

Gracias a su alto contenido en fibra el nopal ha sido caracterizado como un recurso potencial para la elaboración de alimentos funcionales. El análisis de las investigaciones que se han llevado a cabo a lo largo de los últimos años nos ha permitido conocer los alimentos que se pueden elaborar a partir de harina de nopal, estos alimentos además de satisfacer las necesidades de las personas que los consumen generan un beneficio para su salud, gracias a las propiedades funcionales que posee.

El contenido de fibra dietética en un alimento es de vital importancia ya que tiene beneficios en la salud de los consumidores, es así que en los alimentos elaborados con harina de nopal se han identificado porcentajes relevantes con un promedio de 13,78%. El menor valor obtenido fue de (Marino, J., 2018) en la elaboración de galletas con 4,49% a diferencia de

(Castillo, S., *et al.* 2013) que obtuvo 24,58% en alfajores. (Mendoza, V., *et al.* 2019) elaboró un Hot cake con 17,28% de fibra dietética considerándolo como un prototipo de un alimento tradicional con mejores características nutricionales. En las investigaciones se puede evidenciar que existen diferentes porcentajes de fibra debido a la formulación utilizada para la elaboración de cada producto, sin embargo, al existir un aporte de fibra se puede determinar que podría considerarse funcional para el consumidor. El Codex Alimentarius establece que un alimento puede ser declarado de “alto contenido de fibra” cuando tiene no menos de 6 g por porción, como se indica en la tabla 5-3., es así que los alimentos elaborados con harina de nopal se encuentran dentro de esta declaración, ya que sus valores se hallan por encima del valor establecido con un promedio de 13,78 obtenido según los resultados de varios autores, indicando que podrían tener un importante valor nutritivo y beneficios en la salud.

En cuanto al contenido de carbohidratos se encuentran porcentajes considerables con un promedio de 45,10%, el menor contenido fue de (Castillo, S., *et al.* 2013) en la elaboración de alfajores con 31,11%, mientras que (Rodiles, J., *et al.* 2019) obtuvo 69,23% en tortillas elaboradas con harina de nopal y aguacate. (Escobar, L., 2017) determino en las barras energéticas un porcentaje de 54,89%, seguido de (Marino, J., 2018) con un 44,52%. Las diferencias existentes entre cada producto podrían deberse a la formulación, ya que existe la adición de otros ingredientes como es el caso de las tortillas en las cuales también se incorporó harina de aguacate.

El contenido promedio de proteína en los alimentos fue de 12,28% encontrándose dentro de los parámetros establecidos en la NTE INEN 616:2015, donde el menor valor fue reportado por (Rodiles, J., *et al.* 2019) en la elaboración de tortillas con 5,59% a diferencia de (Sáenz, C., *et al.* 2002) que obtuvo un flan en polvo con 27,20%, esto se debe a la formulación establecida que contenía leche en polvo descremada en mayor cantidad. En la elaboración de galletas (Marino, J., 2018) determinó un contenido de 12,60% y (Mendoza, V., *et al.* 2019) 6,70% en un Hot cake.

El contenido de grasa en los alimentos es bajo con un promedio de 9,61%, el menor contenido fue obtenido por (Sáenz, C., *et al.* 2002) en la elaboración de un flan en polvo con 2,00%, mientras que en los alfajores elaborados por (Castillo, S., *et al.* 2013) se pudo evidenciar un contenido de 19,55%; (Marino, J., 2018) obtuvo valores de 7,73% en la elaboración de

galletas porcentaje similar al de (Escobar, L., 2017) en la elaboración de una barra energética con 7,71%.

Las diferencias que existen en la composición para cada alimento se deben a la formulación establecida para su elaboración, sin embargo, se puede determinar que el contenido de fibra dietética es significativo en relación a los productos que ya se encuentran en el mercado, además el contenido en grasa es bajo por lo que podrían ser una opción saludable para las personas con enfermedades como la diabetes tipo 2 y la obesidad.

#### 8. Aceptación de productos elaborados con harina de nopal

Para conocer si los productos elaborados con harina de nopal tienen aceptación o no por parte de los consumidores, se utilizó el método afectivo hedónico, donde los atributos tienen una escala de me disgusta a me gusta, de esta manera los panelistas identificaron si las muestras eran de su agrado o existía un disgusto de su parte.

En la aceptación general del producto se puede evidenciar que existe una valoración de me gusta por parte de los consumidores hacia la mayoría de los alimentos, indicando que son productos innovadores y que podrían tener una buena acogida en el mercado. En cuanto al atributo color se puede identificar que para los panelistas los alfajores elaborados por (Castillo, S., *et al.* 2013) tuvieron una valoración de me gusta al igual que las galletas elaboradas por (Marino, J., 2018). Sin embargo, para el Hot cake elaborado por (Mendoza, V., *et al.* 2019) y las tortillas elaboradas por (Rodiles, J., *et al.* 2019) existió una valoración de me disgusta, ya que presentaron un color verde muy oscuro y poco atractivo.

En el atributo olor se puede observar que la mayoría de los productos tienen una valoración de me gusta como los alfajores de (Castillo, S., *et al.* 2013) y la barra energética de (Sacaroto, F., 2017.) a diferencia de las tortillas elaboradas por (Rodiles, J., *et al.* 2019) que tuvieron una valoración de me disgusta, ya que presentaron un olor a tierra.

Para el atributo sabor de la misma manera existe una valoración de me gusta para la mayoría de los productos a excepción de las tortillas elaboradas por (Rodiles, J., *et al.* 2019) y el hot cake de (Mendoza, V., *et al.* 2019) que tuvieron una valoración de me disgusta, ya que presentaron un sabor amargo.

En el atributo textura los alimentos tuvieron una valoración de me gusta a excepción de las tortillas elaboradas por (Rodiles, J., *et al.* 2019) que tuvieron una valoración de me disgusta, ya que presentaron una textura quebradiza.

## Conclusiones

El nopal ha sido objeto de estudio gracias a su composición nutrimental y las propiedades que este posee. En el cladodio fresco el porcentaje de nutrientes es bajo, ya que tiene en su composición un mayor contenido de agua, presentando valores de proteína promedio de 1,30%, carbohidratos 4,33% y fibra 5,50%, a diferencia de la harina que presenta porcentajes más elevados en proteína 11,30%, carbohidratos 30,32% y fibra 46,72% debido al proceso de deshidratación, en el cual se elimina la mayor cantidad de agua y existe una mayor concentración de nutrientes.

El nopal es rico en miembros de la familia de los polifenoles, en el cladodio fresco se puede evidenciar la presencia de 16 compuestos y en la harina obtenida un promedio de 18 compuestos entre fenoles y flavonoides. Tanto en el cladodio fresco como en la harina se determina que los componentes predominantes son la nicotiflorina, narcisina, quercetina y kaempferol, con efectos beneficios para la salud gracias a sus propiedades antioxidantes y eliminadores de radicales libres.

El aprovechamiento de la harina de nopal dentro de la Industria Alimentaria es muy importante, ya que puede ser utilizada para la elaboración de una amplia gama de alimentos, como, barras energéticas, tortillas, productos de repostería y recientemente en la elaboración de bebidas en polvo. Según las investigaciones revisadas se podrían considerar funcionales gracias al porcentaje de fibra dietética que poseen y además podrían ser declarados de “alto contenido de fibra” ya que se encuentran dentro de los valores establecidos por el Codex Alimentarius: 2007, sin embargo, se debe considerar que en cada uno de ellos su contenido varía dependiendo de la formulación que se establezca.

## Referencias

- Abraján Villaseñor, Myrna Alicia (2008). Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago de Nopal (*Opuntia ficus-indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible [En Línea] (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, 2008. [Consulta: 23 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/3794/tesisUPV2920.pdf>
- Ahmed, M, et al. (2019). Physicochemical and Sensory Properties of Oat Crackers Incorporated with Cactus Pear Cladodes Flour. *Middle East Journal of Applied Sciences* [En Línea], 2019. [Consulta: 04 de Septiembre de 2020]. Disponible en: <http://www.curreweb.com/mejas/mejas/2019/mejas.2019.9.4.10.pdf>
- Alpala Guerrero, Daniel Stalin (2016). “Obtención de harina utilizando la hoja de nopal de Castilla (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) y su aplicación en repostería, Riobamba 2015” [En Línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Salud Pública. Riobamba-Ecuador, 2016. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11362/1/84T00513.pdf>
- Anrrango Sola, Andrés Fernanda & Burbano Pozo, Amanda Maricela (2013). Elaboración de mermelada dietética apta para personas diabéticas utilizando mezcla de penca de nopal (*Opuntia ficus indica*) y fresa (*Fragaria vesca* L.) [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias. Ibarra-Ecuador, 2013, pp 17-18. [Consulta: 28 de Julio de 2020].
- Benites Calderón, Víctor Josué (2019). La tuna (*Opuntia ficus indica*) en la reducción de la turbidez de las aguas del río de Lurín-Lurín [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur Facultad de Ingeniería y Gestión. Villa El Salvador, 2019, p.20. [Consulta: 28 de Julio de 2020].
- Campora, María Clarisa (2016). Alimentos funcionales: tecnología que hace la diferencia. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* [En línea]. 2016, 42(2), pp.131-137.
- Castillo, Estella, et al. (2013). Obtención de harina de nopal y formulación de alfajores de alto contenido en fibra. *Dieta. Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietista* [En línea]. 2013. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://www.scienceopen.com/document?vid=f1af2f3b-8de0-4bd3-8ed4-5dd5ace0f84e>
- Cevallos Fernández, Emilia (2016). Estudio de la incorporación de pulpa de penca de nopal (*Opuntia ficus indica*) en la elaboración de mermelada de Mora de Castilla (*Rubus glaucus*) [En Línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Tecnológica Equinoccial Ciencias de la Ingeniería e Industrias. 2016 [Consulta: 28 de Mayo de 2020].
- Chávez González, Judith Libertad (2015). “Estudios in vivo para evaluar el efecto fisiológico

de la ingesta de tortilla de maíz adicionada con Harina de Nopal [En Línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Facultad de Ciencias Químicas Biológicas. Morelia-Michoacán, 2015.

Corzo Rios, Luis Jorge et al (2016). *Frutas de cactáceas: Compuestos bioactivos y sus propiedades nutraceuticas* [En línea]. México: ResearchGate. 2016. p. 37. [Consulta: 27 de Mayo de 2020].

Durán, G, et al. (2011). Ensayos de secado de nopalito (*Opuntia ficus indica* L.millar) en un secador solar pasivo de uso doméstico. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* [En Línea]. 2011. [Consulta: 04 de Septiembre de 2020].

El-Mostafa, Karym, et al. (2014). Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica* ) como fuente de compuestos bioactivos para la nutrición, la salud y las enfermedades. *Instituto de Publicación Digital Multidisciplinario MDPI* [En Línea]. 2014. [Consulta: 19 de Agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/19/9/14879/htm>.

Encalada Zurita, María Belén & Dávila Andrade, Ana Karen (2015). Determinación de propiedades funcionales de Sábila (*Aloe barbadensis*), Nopal (*Opuntia streptacantha* Lem), Guayaba (*Psidium guajava*) y FRUTILLA (*Fragaria vesca*) para la elaboración de alimentos y bebidas [En Línea] (Tesis de Pregrado). Universidad de las Américas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Quito-Ecuador, 2015, p. 8-22. [Consulta: 04 de Agosto de 2020].

Escobar Rodríguez, Luz María (2017). Optimización de barra de nopal de “alto contenido de fibra” [En Línea] (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona Departamento de Ciencia Animal y Alimentos. Bellaterra, 2017, pp 57. [Consulta: 29 de Julio de 2020]. Disponible en: [https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2017/hdl\\_10803\\_461074/lmerlde1.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2017/hdl_10803_461074/lmerlde1.pdf)

Figueroa Pérez, Marely, et al (2018). Composición fitoquímica y análisis in vitro de cladodos de nopal ( *O. Ficus-Indica* ) en diferentes etapas de madurez. *Taylor & Francis Online* [En línea]. 2018. [Consulta: 19 de Agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2016.1206126>

Hernández Hernández, Elvia (2003). Evaluacion del efecto de la adicion de harina de nopal (*Opuntia ssp*) natural y libre de clorofila en la elaboracion de tortillas de maiz. [En Línea] (Trabajo de Titulación).Universidad Autonoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista-Salttillo-Coahuila- México, 2003. [Consulta: 04 de Septiembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/312>

Huanca Alca, Juan José (2017). Evaluar los parámetros durante el tratamiento térmico para obtención de mucílago de la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ciencias Agrarias. Puno- Perú, 2017. [Consulta: 28 de Julio de 2020].

Izuegbuna, Ogochukwu et al (2019). Composición química, actividades antioxidantes, antiinflamatorias y citotóxicas de los cladodios de *Opuntia stricta*. *POLS ONE* [En línea]. 2019.

[Consulta: 19 de Agosto de 2020].

Jeong, Y. S., Lee, S. H., Song, J., Hwang, K.-A., Noh, G. M., Jang, D. E., & Hwang, I. G. (2016). Phytochemical Contents and Antioxidant Activities of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 29(5), 767-776. <https://doi.org/10.9799/KSFAN.2016.29.5.767>

Lecaros, Marcela Patricia (1997). Caracterización de harina de cladodio de nopal [En Línea] (Tesis). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, (INIA), Chile. Universidad de Chile. Esc. de Agronomía, 1997.

Magro, Sofía & Pérez Maurice, María Belén (2017). Evaluación de nopales (*Opuntia ficus indica*) como fuente de calcio [En Línea] (Proyecto Final) (Ingeniería). Universidad Argentina de la Empresa, Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas. 2017, p. 10.

Marino, Julieta (2018). Galletas con agregado de Nopal [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Licenciatura en Nutrición). Universidad Fasta Facultad de Ciencias Médicas. 2018, pp. 6-15. [Consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en: [http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1673/Marino NU 2018.pdf?se que nce=1](http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1673/Marino_NU_2018.pdf?seque nce=1).

Martínez Putoja, Andrea Alexandra (2015). Preparación de postres a base de pulpa de penca de nopal (*Opuntia ficus indica* L.) en el sector de Mascarilla, Valle del Chota, provincia del Carchi, Ecuador [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad Iberoamericana del Ecuador-UNIB.E. Quito-Ecuador, 2015, p. 13-14. [Consulta: 28 de Julio de 2020].

Mendoza, Vanessa et al (2019). Desarrollo de un Hot cake con harina de nopal. *Congreso Internacional CUCCAL 12, Palacio de la Autonomía, CDMX*. [En línea]. 2019. [Consulta: 11 de Agosto de 2020]. Disponible en: <http://someicca.com.mx/wp-content/uploads/Memorias-Congreso-Internacional-CUCCAL-12-Sobre-Inocuidad-Calidad-y-Funcionalidad-de-los-Alimentos-en-la-Industria-y-Servicios-de-Alimentaci%C3%B3n.pdf#page=207>

Msaddak, Lotfi et al (2017). Los cladodios de *Opuntia ficus-indica* como ingrediente funcional: perfil de compuestos bioactivos y su efecto sobre la calidad antioxidante del pan. *Lipids in Health and Disease* [En línea]. 2017. [Consulta: 10 de Agosto de 2020]. Disponible en: <https://lipidworld.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12944-016-0397-y>

Ortiz, F, et al (2012). Aprovechamiento de las Propiedades Biotecnológicas, Antioxidantes y Nutraceúticas del Nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Biotecnología y alimentos en Hidalgo: Transitando a la Bioeconomía* [En línea]. 2012. [Consulta: 28 de Julio de 2020].

Otoya Escobar, Jean Felipe (2017). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por penca de tuna (*Opuntia ficus I*) en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de muffins [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad Privada Antenor Orrego Facultad de Ciencias Agrarias. Trujillo-Perú, 2017, p. 4.

Párraga Castillo, Eduardo Javier (2015). Formulación de dos presentaciones artesanales de conserva vegetal a base de nopal (*Opuntia ficus indica*) y evaluación de su capacidad antioxidante [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Químico y Farmacéutico). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas. Guayaquil-Ecuador, 2015, p.31-38.

Pérez Encalada, Samuel Armando (2016). Determinación de Flavonoides y Actividad Antioxidante de Cladodios de Nopal (*Opuntia ficus-indica*) [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Químico y Farmacéutico). Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Químicas. Guayaquil-Ecuador, 2016. [Consulta: 26 de Mayo de 2020].

Pilligua Piguave, Flor María (2017). Extracción de la pectina del nopal (*OPUNTIAFICUS INDICA*) y su aplicación en un dulce de cacao [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Químico y Farmacéutico). Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Químicas. Guayaquil-Ecuador, 2017, p.8.

Ramírez Ortiz, María Eugenia (2017). Propiedades funcionales del hoy [En línea]. México: OmniaScience. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. ISBN: 978-84-945603-4-7. Disponible en: <https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/download/98/415/840-1?inline=1>

Rocchetti, Gabriele, et al (2018). Los cladodios italianos de *Opuntia ficus-indica* como fuente rica de compuestos bioactivos con propiedades promotoras de la salud. *Instituto de Publicación Digital Multidisciplinario MDPI* [En Línea]. 2018. [Consulta: 19 de Agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/7/2/24>

Rodiles-López, José Octavio et al (2016). Elaboración de una botana de nopal obtenida por deshidratación osmótica. *Sociedad Mexicana de Ciencias y Tecnología de Superficies y Materiales A.C.* [En Línea]. 2016, 29(2), pp. 49-54. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/942/94246523004.pdf>

Rodríguez, Manuel (2013). Acerca de la Investigación Bibliográfica y Documental. *Wordpress*. [Enlínea] 2013. [Consulta: 10 de Agosto de 2020]. Disponible en: <https://guiadetesis.wordpress.com/2013/08/19/acerca-de-la-investigacion-bibliografica-y-documental/>.

Sacaroto Díaz, Freddy Germán (2017). Aprovechamiento de nopal “Nopal Energy Bar” [En Línea] (Proyecto de Investigación) (Ingeniería). Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Latacunga-Ecuador, 2017, p.9. [Consulta: 30 de Junio de 2020].

Sáenz, Carmen et al (2006). *Utilización agroindustrial del nopal* [En Línea]. Roma: Food & Agriculture Org. 2006. p. 13-15. [Consulta: 30 de Junio de 2020]. ISBN: 92-5-305518-9. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120301/Utilizacion-agroindustrial-del-nopal.pdf?sequence=1>

Santamaría-Mendoza, Elizabeth Adriana et al (2018). Oportunidad competitiva del dulce de nopal elaborado en Jocotitlán para su consumo en el valle de toluca. Vinculatégica [En Línea]. 2018, pp.86-95.[Consulta: 11 de Agosto de 2020]. Disponible en: [http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/vinculat%C3%A9gica\\_2/12%20SANTAMARIA\\_G\\_ZZ\\_GTZ\\_BERNAL.pdf](http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/vinculat%C3%A9gica_2/12%20SANTAMARIA_G_ZZ_GTZ_BERNAL.pdf).

Soria Melgarejo, Gonzalo (2015). ¿Qué conocemos del nopal? [En Línea]. México: CECTI. [Consulta: 28 de mayo de 2020]. Disponible: <https://icti.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2019/07/10.-QUE-CONOCEMOS-DEL-NOPAL.pdf>

Tenelema, Jennifer (2017). Estudio del efecto de la adición de pulpa de nopal (*Opuntia ficus indica*) en la elaboración de láminas de uvilla (*Physalis peruviana* L.) [En Línea] (Trabajo de Titulación). 2017. [Consulta: 27 de Julio de 2020]. Disponible en: [http://192.188.51.77/bitstream/123456789/16717/1/69706\\_1.pdf](http://192.188.51.77/bitstream/123456789/16717/1/69706_1.pdf).

Torres Ponce, Reyna Lizeth, et al (2015) El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6 (5), pp. 1129-1142. [Consulta: 26 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263139893015.pdf>

Urquizo Zúñiga, Fabiola Alejandra, et al (2015). “Comparación del efecto de secado combinado; osmodeshidratado-secado con el secado convencional para la obtención de harina de penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*)” [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional de San Agustín Facultad de Ingeniería de Procesos. Arequipa-Perú, 2015, p. 9. [Consulta: 28 de Julio de 2020].

Vázquez Rodríguez, Jesús Alberto (2013).. Desarrollo de tortillas de maíz fortificadas con fuentes de proteína y fibra y su efecto biológico en un modelo animal [En Línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. México, 2013. [Consulta: 04 de Septiembre de 2020]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/3750/1/1080256828.pdf>