



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

**“UTILIZACIÓN DEL NOPAL EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA
PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTORA: JESSENIA FERNANDA QUISHPI GUACHALÁ

DIRECTOR: ING. IVÁN PATRICIO SALGADO TELLO

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, JESSENIA FERNANDA QUISHPI GUACHALÁ.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, JESSENIA FERNANDA QUISHPI GUACHALÁ, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, 22 de Julio de 2021.

JESSENIA FERNANDA QUISHPI GUACHALÁ

CI: 060554425-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación **“UTILIZACIÓN DEL NOPAL EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES”** realizado por la señorita: **JESSENIA FERNANDA QUISHPI GUACHALÁ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Bqf. Verónica González MsC PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	22-07-2021
Ing. Iván Patricio Salgado Tello DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	22-07-2021
Ing. Iván Flores Mancheno Ph.D. MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	22-07-2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios quien ha sido la luz de mi vida, con su amor me ha permitido seguir a pesar de todas las dificultades que se han presentado en mi camino, para ti todos mis triunfos Padre y Señor del Cielo. A mis padres Flor Guachalá y Luis Quishpi quienes me han guiado siempre por el mejor camino, cuidándome y ayudándome a seguir a pesar de todos los obstáculos que se nos presentan en la vida. A mi hermano Danny quien ha sido mi mayor inspiración y me ha acompañado en todo el camino. A mis abuelitos quienes han compartido mis triunfos y fracasos y nunca me han abandonado. A todos mis ingenieros que han compartido cada uno de sus conocimientos y anécdotas. A mis amigos Johanna, Ximena, Keren, Stefanny y Eduardo quienes forman parte de mi vida y me han acompañado a lo largo de toda la carrera, juntos cumpliendo una meta más.

Fernanda

AGRADECIMIENTO

A Dios quien me ha permitido estar aquí cumpliendo cada uno de mis sueños, gracias mi Señor por todas tus bendiciones y enseñanzas. A mi madre que nunca me ha dejado sola, siempre ha sido mi mayor bendición, gracias por cada uno de sus consejos. A mi tía que ha estado conmigo acompañándome en todo este trayecto, gracias de todo corazón por estar junto a mí. A toda mi familia gracias por el apoyo que me han brindado y por cada consejo que lo he puesto en práctica.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO por abrirme las puertas de sus instalaciones para poder formarme como una excelente profesional. Un agradecimiento especial al Ing. Iván Salgado y al Ing. Iván Flores por guiarme a lo largo de la realización del trabajo, por cada uno de sus conocimientos compartidos, que me han permitido culminar con éxito mi carrera universitaria.

Fernanda

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	3
1.1.1. Aspectos agrícolas.....	3
1.1.2. Descripción botánica	4
1.1.3. Producción en el Ecuador	5
1.1.4. Composición Nutricional.....	5
1.1.4.1. Fibra	6
1.1.5. Compuestos bioactivos.....	8
1.1.5.1. Compuestos fenólicos	8
1.1.6. Propiedades y beneficios.....	9
1.2. Harina de cladodio de nopal	12
1.2.1. Método de obtención.....	12
1.2.2. Composición nutricional	13
1.2.3. Compuestos bioactivos.....	14
1.2.4. Características.....	14

1.3.	Utilización en la Industria Alimentaria	15
1.3.1.	<i>Bebidas</i>	15
1.3.2.	<i>Productos de repostería</i>	16
1.3.3.	<i>Barras energéticas</i>	18

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	19
2.1.	Búsqueda de la información	19
2.2.	Criterios de selección.....	19
2.3.	Métodos para sistematización de la información.....	21

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS DE INVESTIGACIONES Y DISCUSIÓN.....	22
3.1.	Contenido de proteína, carbohidratos y fibra en el cladodio de nopal fresco y la harina obtenida.....	22
3.2.	Contenido de compuestos bioactivos en cladodio de nopal fresco y la harina obtenida.....	24
3.3.	Alimentos elaborados con harina de nopal.....	26
3.3.1.	<i>Disposiciones del CODEX ALIMENTARIUS: 2007 para el contenido de fibra dietética por porción en alimentos.....</i>	27
3.4.	Aceptación de productos elaborados con harina de nopal.....	28
	CONCLUSIONES.....	31
	RECOMENDACIONES.....	32

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3.	Contenido de proteína, carbohidratos y fibra en el cladodio de nopal fresco según varios autores.	22
Tabla 2-3.	Contenido de proteína, carbohidratos y fibra en la harina de nopal obtenida según varios autores.	23
Tabla 3-3.	Contenido de compuestos bioactivos de cladodio de nopal fresco y harina obtenida según varios autores.	25
Tabla 4-3.	Alimentos elaborados con la adición de harina de nopal según varios autores.	26
Tabla 5-3.	Disposiciones del CODEX ALIMENTARIUS: 2007 para el contenido de fibra dietética por porción en alimentos.	27
Tabla 6-3.	Aceptación de productos elaborados con harina de nopal según varios autores.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Partes del nopal	4
---	---

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. El contenido promedio de fibra dietética es de 46,72%. Además, posee un alto contenido de compuesto fenólicos, con un promedio de 18 compuestos entre fenólicos y flavonoides. Se han descrito muchas propiedades funcionales, en las que destacan su poder antioxidante e hipoglucemiante, demostrando que su consumo reduce los niveles de colesterol y glucosa en las personas, previniendo enfermedades como la diabetes tipo 2 y la obesidad. Dentro de la Industria es considerado como un recurso potencial y 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>, <CLADODIO>

ABSTRACT

The Nopal (*Opuntia ficus-indica*) is a cactus belonging to the *Opuntia* genus present in arid and semi-arid areas with a wide geographical distribution. At the industry level, it is of great importance since it can be used for food production, so the objective of the work was to carry out a search and bibliographic review about its use in the Food Industry for the production of functional foods. As a new alternative, nopal 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. The average content of dietary fiber is 46.72%. It also has a high content of phenolic compounds, with an average of 18 compounds between phenolics and flavonoids. Many functional properties have been described, in which its antioxidant and hypoglycemic power stand out, showing that its consumption reduces cholesterol and glucose levels in people, preventing diseases such as type 2 diabetes and obesity. Within the Industry it is considered as a potential resource and can be used for the elaboration of a wide range of foods such as powdered drinks, energy bars and pastry products which make them functional products thanks to the contribution of dietary fiber 13.88% that they have. On the part of consumers there is a positive acceptance of products made with nopal flour. The use of flour is recommended in other types of products such as dairy, meat and juices, in order to increase the content of dietary fiber in its nutritional composition.

Keywords: <FOOD PRODUCTION>, <FUNCTIONAL FOODS>, <NOPAL (*Opuntia ficus-indica*)>, <DIETARY FIBER>, <CLADODIUM>

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 o pencas 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.

De esta manera se desea dar a conocer nuevas alternativas para su utilización dentro de la Industria en el Ecuador, que combinen las técnicas utilizadas por nuestros ancestros, mejorándolas y permitiendo solucionar los retos que el mundo actual exige día a día; además de abrir un mercado internacional, debido al aprovechamiento que tiene el Nopal en otros países. (Sáenz, C., *et al.* 2006)

El desarrollo de este tipo de investigaciones es una oportunidad para contribuir al crecimiento de la matriz productiva del país, así como a la mejora de la calidad de vida de la sociedad y la selección de alimentos que puedan afectar positivamente la salud y bienestar de los individuos.

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.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Nopal (*Opuntia ficus-indica*)

(Sacaroto, F., 2017. p. 9), 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)

1.1.1. Aspectos agrícolas

Es considerada una planta Xenófila, ya que puede adaptarse a condiciones de extrema sequía, debido a que en el interior de sus pencas guarda reservas de agua que recolecta en las temporadas de lluvia, lo que le permite subsistir en terrenos desérticos, semi desérticos y áridos, por su gran versatilidad de adaptación a las diferentes zonas agroecológicas, el nopal podría ser cultivado en zonas donde la agricultura tradicional presenta dificultades para su desarrollo. (Martínez, A., 2015. p. 14)

El nopal se considera una cetácea que tiene gran adaptabilidad a condiciones adversas, pueden crecer en ambientes donde las temperaturas son muy elevadas y tienen un amplio intervalo de pH, aunque el óptimo debe oscilar entre 6.0-8.5, su desarrollo se presenta en suelos volcánicos, suelos calizos, suelos franco-arenoso, franco – arcilloso - arenoso. (Pérez, S., 2016)

Debido a su morfología y fisiología se ha determinado que puede adaptarse a la escasez de agua y a los cambios bruscos de temperatura, naciendo de ello algunas características como la succulencia, debido al almacenaje de cantidades grandes de agua en corto tiempo; la producción de sustancias higroscópicas y mucílagos. (Cevallos, E., 2016)

1.1.2. Descripción botánica

En la ilustración 1-1. 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.

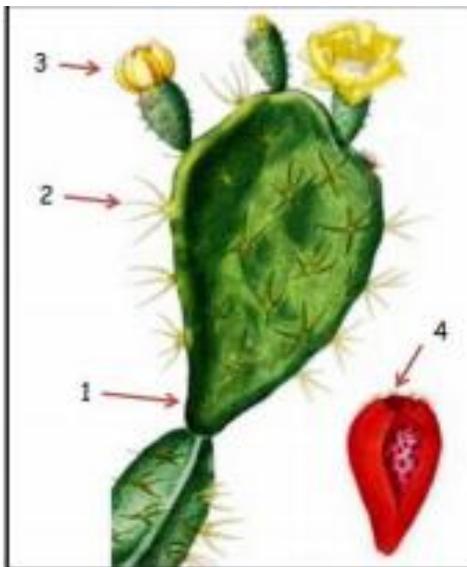


Figura 1-1. Partes del nopal

Fuente: (Cevallos, E., 2016)

Se conoce que su crecimiento dura un aproximado de 90 días y pueden llegar a tener una longitud de 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)

1.1.3. 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)

1.1.4. 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 nopalitas 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 nopalitas 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. (Urquiza, F., 2015. p. 9)

1.1.4.1. Fibra

(Cevallos, E., 2016) y (Magro, S., & Pérez, M., 2017), concluyeron que el Nopal es rico en fibra cruda, y que su contenido aumenta con la edad del mismo, llegando a 16% y teniendo un promedio del 8% en Nopales jóvenes. De la misma manera (Marino, J., 2018), en su investigación da a conocer que la fibra cruda aumenta con la edad del cladodio, llegando a 17,5% en los tallos suberificados, pero siendo cercana a 8,0%, en promedio, en los renuevos.

(Rodiles, J., *et al.* 2019. p. 72), manifiestan que la fibra del nopal representa más del 50% de sus sólidos totales, siendo de gran interés el mucílago, el cual al ponerse en contacto con agua forma una

solución de alta viscosidad. Esta capacidad gelificante es la responsable de los diversos efectos fisiológicos de la fibra. De igual manera (Sacaroto, F., 2017. p. 12) en su investigación da a conocer que el mucílago (carbohidrato) del cladodio posee una gran capacidad de retención de agua, cuya característica lo convierte en un recurso potencial de fibra dietaría, ofreciendo nuevas alternativas de añadir propiedades funcionales a los alimentos.

(Sáenz, C., *et al.* 2006. p. 14), da a conocer que el nopal es rico en fibra dietaría y su contenido es comparable al de varias frutas y hortalizas, entre ellas podemos identificar la espinaca, la alcachofa, la acelga, la berenjena, el brócoli, el rábano y otras. Entre las frutas, es similar al mango, el melón, al damasco y a la uva. Estas fibras son responsables de muchos de los beneficios del nopal para la salud.

El alto contenido de fibra cruda total y carbohidratos que se encuentran en el cladodio de tuna 65,53%, se encuentran constituidos principalmente por: mucílagos de 3,8% a 8,6%, pectinas de 5,3% a 14,2%, hemicelulosa de 5,2 a 13,8% y celulosa de 3,5 a 13,2%, esto permite identificarlo como una excelente fuente de fibra dietaría, donde la edad de los cladodios juega un papel importante en la obtención de la misma. (Sacaroto, F., 2017. p. 12)

(Sáenz, C., *et al.* 2006. p. 15), dan a conocer que el nopal es rico en fibras dietéticas, encontrándose en una relación de 30:70 de fibra soluble e insoluble; la primera está constituida por mucílagos, gomas, pectinas y hemicelulosas y la insoluble es principalmente celulosa, lignina y una gran fracción de hemicelulosa. Concluyendo con (Marino, J., 2018), que estas fracciones de fibra presentan efectos fisiológicos distintos: es así como la fibra soluble está asociada 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.

(Marino, J., 2018. p. 12), menciona que los cladodios, juegan un papel fundamental desde el punto de vista industrial, cuando los brotes son tiernos (10-15 cm) pueden ser utilizados para la producción de nopalitos, y cuando estos se encuentran parcialmente lignificados (cladodios de 2-3 años), para la producción de harinas y otros productos.

(Torres, R., *et al.* 2015. p. 1129), describen diversas características funcionales del nopal relacionadas con el contenido de fibra dietética y de pectina, sugiriendo su uso como alimento funcional.

1.1.5. Compuestos bioactivos

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)

1.1.5.1. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos, se consideran metabolitos secundarios, estos tienen la capacidad de reducir el daño oxidativo de las articulaciones como muchas enfermedades, entre las cuales se puede identificar el cáncer, enfermedades cardiovasculares, cataratas, artritis y diabetes. Las propiedades antioxidantes de los compuestos fenólicos que se encuentran en las plantas de nopal las convierten en un producto importante para prevenir la salud humana frente a enfermedades degenerativas como cáncer, diabetes, hipercolesterolemia, arteriosclerosis o enfermedades cardiovasculares y gástricas. (Kivrak, S., *et al.* 2018)

Los polifenoles representan una amplia familia de moléculas orgánicas que se encuentran distribuidas en el reino vegetal. Sus estructuras químicas se caracterizan principalmente por la presencia de varios grupos fenólicos, estos pueden estar asociados con grupos químicos más o menos complejos, generalmente de alto peso molecular. (El-Mostafa, K., *et al.* 2014)

Se han identificado como antioxidantes los ácidos fenólicos y los flavonoides del género *Opuntia*. Ácidos fenólicos como ácido vanílico, ácido ferúlico, ácido p -cumarico, ácido p -hidroxibenzoico, ácido siríngico, ácido protocatecuico, ácido cafeico, ácido salicílico, ácido gálico y ácido sinápico y flavonoides como rutina, isoquercitrina, kaempferol y narcisos se encuentran en plantas del género *Opuntia*. (Kivrak, S., *et al.* 2018)

(Rocchetti, G., *et al.* 2018), dan a conocer que el contenido fenólico total se encontró alrededor de 2600 mg GAE/ Kg de peso fresco de nopal. Entre los compuestos identificados se encuentran los polifenoles, los más representativos fueron las formas conjugadas de isorhamnetina, kaempferol y quercetina, todos pertenecientes a la clase fenólica de flavonoides.

Los cladodios de *Opuntia ficus-indica* son ricos en nicotiflorina que, a través de mecanismos antiinflamatorios y neuro protectores, ha demostrado que pueden reducir el tamaño del infarto cerebral, atenuar los déficits neurológicos inducidos por la isquemia y regular al alza el óxido nítrico sintasa endotelial en células endoteliales vasculares cerebrales de rata cultivadas. (El-Mostafa, K., *et al.* 2014)

Además, uno de los compuestos presentes en el nopal que se encuentra directamente relacionado con el contenido de flavonoides es el Kaempferol, este es un flavonol que da una coloración amarillenta, se encuentra ampliamente en varias frutas y verduras de la dieta humana en forma glicosilada o aglicona, y se ha demostrado que posee actividades biológicas principalmente su poder antioxidante, antiinflamatorio y antiviral. (Ahmadian, R., *et al.* 2020)

1.1.6. 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 la misma 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.

El consumo de nopal ayuda a reducir la absorción de los azúcares por el intestino, efecto que esta relacionado a la fibra soluble y a los aminoácidos presentes (proveen de energía), lo que hace que se reduzca la digestión de carbohidratos y la producción de insulina disminuya. (Anrrango, A., & Burbano, A., 2013. pp. 17-18)

(Escobar, L., 2017. p. 57), menciona que el nopal puede presentar una amplia gama de propiedades medicinales a su uso como laxante, disminución de la glucosa en sangre, aumento de tiempo de vaciamiento gástrico, reducción de lípidos séricos (colesterol-lipoproteínas de baja densidad (LBD)

y los triglicéridos), disminución de la absorción de glúcidos, aumento de la excreción fecal de energía, nitrógeno y lípidos.

(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)

La combinación de fibra dietética asociada a los fitoquímicos descritos en el nopal, en conjunto con sus propiedades nutraceuticas, lo convierten en un alimento que puede usarse como suplemento dietético y/o como ingrediente alimenticio. La pulpa deshidratada del nopal se considera un material fibroso, cuya función medicinal se basa, como cualquier otra fibra natural, en favorecer el proceso digestivo, ayudando a reducir el riesgo de problemas gastrointestinales y también influyendo positivamente en los tratamientos contra la obesidad. (Torres, R., *et al.* 2015. p. 1135)

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)

La mayoría de las investigaciones clínicas con el nopal, fueron realizadas en el Departamento de Especialidades del Centro Médico “La Raza” IMSS. La primera investigación fue efectuada en 1983, se utilizó 100 gr de nopal asado, el cual fue administrado tanto a sujetos sanos como a obesos

y a diabéticos tipo 2, la administración de nopal 20 minutos antes de los alimentos tres veces al día durante 10 días, produjo una disminución significativa en el colesterol total, en los triglicéridos y en el peso corporal de los sujetos obesos no diabéticos y con diabetes tipo 2 y en la glucemia de sujetos diabéticos. (Basurto, D., *et al.* 2006)

En su investigación (Chávez, J., 2015), evaluó el efecto fisiológico de la ingesta de una tortilla de maíz adicionada con harina de nopal. Los resultados indicaron que al incorporar el 10% de harina de nopal a la tortilla existe una reducción significativa en los niveles de glucosa. Razón por la cual se pudo indicar que el nopal es adecuado para ser utilizado en el tratamiento de la diabetes y obesidad, al ser incorporado en la dieta.

(Encalada, M. & Dávila, A., 2015. p.22), en su investigación mencionan que en el año 1995 Román Ramos estudio el efecto anti hipoglucémico de 12 plantas, entre la que destaco *Opuntia*. Se experimentó con 27 conejos sanos en ayunas, a los cuales se les practico pruebas de tolerancia a la glucosa. Los niveles de glucosa en sangre fueron medidos en ayunas y en 60, 120, 180, 240 y 300 minutos. El nopal demostró una disminución significativa en los valores de glucosa en la sangre.

(Ávila, R., *et al.* 2015), en su investigación Efecto de una bebida a base de nopal (*Nopalea cochenillifera (l) Salm-dyck*) en pacientes de una población rural de Hidalgo, México; ensayo clínico piloto. Prepararon una bebida con 50 gr de nopal en 250 ml de agua potable, la cual fue suministrada a 20 pacientes durante 30 días. Concluyeron que la bebida disminuyo significativamente los valores de circunferencia de cintura, peso, presión sistólica y diastólica. En el caso de la glucosa, se pudo identificar que existe un efecto hipoglucemiante por parte del nopal a lo largo de la suplementación.

Un estudio realizado a pacientes diabéticos y vendedores herbolarios de México, confirmaron que la planta *Opuntia spp*, es utilizada tradicionalmente para el tratamiento de la diabetes no insulino dependiente. Se utilizan los cladodios jóvenes a los cuales se les ha retirado las espinas; éstos son posteriormente lavados y cortados, para finalmente licuarlos con agua y consumirlos antes del desayuno. El resultado es una disminución de los niveles de glucosa. (Magro, S., & Pérez, M., 2017)

(Paredes, T., & Mondragón, C., 2017), en su trabajo de investigación se plantearon como objetivo determinar la actividad hipoglucemiante del extracto acuoso de los cladodios de *Opuntia ficus indica* “tuna” en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Se administró el extracto acuoso en dosis de 195 mL, vía oral en ayunas, una vez al día, por un lapso de 30 días consecutivos a un total de 40 pacientes todos de sexo masculino. Los resultados arrojaron una disminución de la glicemia de 232,4 mg/dL a 145,2 mg/dL en promedio y de 9,7% a 6,9% en promedio para la hemoglobina

glicada; por lo que, se concluye que el extracto acuoso de los cladodios de *Opuntia ficus indica* “tuna” tiene efecto hipoglucemiante en pacientes con diabetes mellitus tipo 2.

1.2. 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)

1.2.1. Método de obtención

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)

(Alpala, D., 2016. p. 13), menciona que el secado de los nopales se lo puede realizar en un secador por convección de aire. Este debe contener bandejas perforadas en el fondo, sobre las cuales se coloca el producto y así la humedad se elimina de una mejor manera. Este es sometido a una corriente ascendente de aire puesto en circulación por un extractor y calentando con llamas. El tiempo de exposición es aproximadamente de 4 horas, se realiza rebanadas a 2 cm para que la deshidratación tenga un resultado más eficaz.

(Chávez, J., 2015. p. 32), da a conocer que para la obtención de harina se realiza el siguiente proceso: en primer lugar, el nopal se lava con agua destilada y posteriormente pasa a desinfección con hipoclorito de sodio (4,5 mg/L) durante 30 min. Las espinas son removidas manualmente y cada una de las piezas son cortadas en cubos con un espesor aproximado de 5 mm. Una vez rebanado, se extiende el nopal de manera uniforme en las bandejas de malla, se colocan en un secador solar a temperatura de 62°C para evitar el daño térmico de los componentes del mismo. Una vez seco con una humedad de 7% el nopal es deshidratado.

1.2.2. 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 20,28 g%. Además, presento 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 presento un alto contenido de fibra dietética (42,99%), siendo mayor el aporte de fibra insoluble (28,45%) que de 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.

1.2.3. Compuestos bioactivos

(Figuroa, 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.

1.2.4. Características

La harina de nopal se considera un alimento de interés nutricional por ser fuente de compuestos beneficiosos para la salud. Investigaciones realizadas demuestran que el contenido de fibra alimentaria es de 43%, de la cual 28,45% es insoluble y 14,54% es soluble. La harina de nopal representa un ingrediente no tradicional que permite incorporar fibra alimentaria en productos alimenticios. (Castillo, S., 2013. p. 21)

Aporta vitamina C y A, proteínas, pectinas, tiene cualidades antidiarreico y son astringentes; es rica en fibra dietética y su contenido es comparable al de varias frutas y hortalizas. De la misma manera es excelente fuente de energía, ya que posee una gran cantidad de carbohidratos, también es rica en minerales, como el calcio, tiene bajo contenido de sodio, lo que es una ventaja para la salud humana. (Calpa, J., 2014. p. 106)

Sirve como materia prima para hacer tortillas, galletas, pan; mezclando entre un 5% y 20% a la harina base del producto. También puede adicionarse a cualquier líquido enriqueciéndolo con fibra. En cantidades moderadas no modifica el sabor. Una de sus principales ventajas es que puede adicionarse a cualquier alimento en general. (Escobar, L., 2017. p. 59)

1.3. 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)

1.3.1. Bebidas

(Jerez, Y., 2015), manifiesta que su investigación “Formulación y caracterización de una bebida con fibra dietética de polvo de nopal”, estuvo dividida en tres etapas: En la primera, se obtuvo diez

tratamientos con matriz variable de polvo de nopal, ácido cítrico y endulzante, de los cuales se obtuvo la bebida optimizada (1,52 % polvo de nopal, 1,48 % ácido cítrico y 1 % endulzante). En la segunda etapa se comparó la bebida con la bebida control. La bebida optimizada tuvo un contenido de fibra dietética total de 3 g en una porción de 330 mL. En la tercera etapa se realizó un seguimiento en el almacenamiento de la bebida por seis meses, donde no se presentaron diferencias significativas. Considerándose un producto innovador y benéfico para el consumidor.

(Domínguez, M., 2017), da a conocer que su investigación tuvo como objetivo obtener un polvo secado por aspersión proveniente de nopal fresco que al rehidratarse genere una bebida funcional. Al polvo de nopal se le realizó una caracterización para determinar el contenido de fibra, obteniendo el 16,23%. Al final se realizó una rehidratación del polvo manejando diferentes cantidades, las cuales se dieron a probar en una evaluación sensorial, dando como resultado la dosis optima de 5g de polvo en 100 ml. Con los datos obtenidos de la caracterización se concluyó que es una buena base para la producción de una bebida funcional.

1.3.2. Productos de repostería

El uso de harina de nopal en formulaciones de postres o flanes se efectuó adicionando a una formulación base diferentes porcentajes de harina de nopal y los ingredientes comúnmente empleados en este tipo de polvos para preparar en forma doméstica. (Vallejo, X., 1999), elaboró un flan sabor a plátano con 16% de harina de nopal, ya que era el que reunía las mejores características sensoriales. El flan mostro un 9,8% de fibra dietética total, siendo mayor el aporte de fibra soluble (6,1%) que de insoluble (3,7%). A causa de estas características es un alimento que proporciona beneficios para la salud humana.

(Alpala, D., 2015), utilizó la hoja de nopal para la obtención de harina y su aplicación en productos de repostería. La harina presento las siguientes propiedades químicas 11,36% de proteína, 14,81% de grasa, humedad 47,20%, ceniza 16,58% y una acidez de 0,22%. Con estas características se pudo llegar a la elaboración de galletas y alfajores. La formulación fue sustituida con la harina obtenida en dos porcentajes: (HN-HT) = F1 (10%-90%), F2 (20%-80%) para galletas en cuanto para alfajores F3 (10%-90%), F4 (20%-80%). A los mismos se aplicó el test de aceptabilidad mediante la escala hedónica simplificada. Los resultados obtenidos revelaron que la formulación F2 fue la de mayor aceptación en cuanto a galleta y la F4 en alfajor.

En su trabajo de investigación (Otoya, J., 2017), evaluó el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por penca de tuna (*Opuntia ficus I.*) en polvo al (0, 19.23, 38.46 y 57.69%) en la elaboración de muffins. Los resultados determinaron que la mejor sustitución fue de 38,46% con una

aceptabilidad general de 8 a la percepción de “Me gusta mucho” entre los panelistas, presentando valores de fibra cruda con un 3,75%. Concluyendo que la penca de tuna puede ser incorporada en la elaboración de muffins, siendo un producto innovador y beneficio para el consumidor.

(Mendoza, V., *et al.* 2019), en su investigación llevaron a cabo el desarrollo de un Hot cake elaborado con harina de nopal, ya que por su alto aporte en fibra y otros nutrimentos, es una buena opción con beneficios para la salud. El contenido de fibra en el Hot cake de nopal fue de 17,28%. Después de los análisis realizados se concluyó que el Hot cake formulado con harina de nopal sugiere el prototipo de un producto tradicional con atributos de calidad mejorada que los del mercado, su contenido en fibra, ausencia de azúcar y bajo valor calórico podrían ser una opción saludable para personas diabéticas y obesas.

Otro modo de utilizar la harina de nopal es en productos de panadería y galletería; para ello se puede sustituir una parte de la harina de trigo en la formulación de galletas con el fin de aumentar su contenido de fibra. Este tipo de productos presenta especial interés para la utilización de la harina de nopal, ya que en el mercado existen numerosas formulaciones de galletas tipo integral que los consumidores buscan por considerarlas más naturales y con un mayor aporte de fibra. (Sáenz, C., *et al.* 2006. p. 62)

Se efectuaron diversos estudios acerca de las proporciones en que se puede mezclar harina de nopal con harina de trigo para preparar galletas. Las proporciones fueron un reemplazo entre 15 y 25 por ciento del total de la harina de trigo utilizada en las formulaciones. La galleta más aceptada fue la que tenía un reemplazo del 15% de harina de nopal. (Sáenz, C., *et al.* 2006. p. 62)

(Bautista, M., *et al.* 2007), dan a conocer que, al incorporar el nopal en la elaboración de galletas, estas pueden ser recomendadas para las personas diabéticas gracias a su alto contenido de fibra, proteína y calcio; de la misma manera se puede ofrecer como una golosina para niños debido a las propiedades nutricionales que el nopal aporta al producto.

En su investigación (Castillo, S., *et al.* 2013), obtienen harina de nopal para su posterior utilización en la formulación de alfajores con mezclas de harinas de trigo-nopal. Se elaboraron las galletas resultando preferida la de HTN (90:10). El porcentaje de fibra alimentaria del alfajor por porción de 40g fue de 9,83 g%; aportando el 39% de los valores diarios recomendados. Concluyendo que es factible la obtención y utilización de harina de nopal como ingrediente no tradicional de alto contenido de fibra para formulación de alimentos.

(Marino, J., 2018), elaboró galletas con agregado de nopal y realizó una degustación con el fin de evaluar la aceptación de las galletas elaboradas. La muestra seleccionada por el panel de expertos

fue la que tenía un agregado del 10% de Nopal obteniendo mayor aceptación y preferencia. Los resultados del análisis químico arrojaron una composición del 44.52% de carbohidratos, 12.60% de proteínas, 7.73% de lípidos y 4.49% de fibra. Un 59% de los estudiantes indicó me gusta mucho a la degustación de las galletitas y un 94% estaría dispuesto a comprar el producto en caso que estuviese disponible en el mercado.

1.3.3. Barras energéticas

Las barras energéticas son un alimento nutritivo, que además de dar beneficios para la salud, ayuda a recuperar la energía gastada durante las actividades diarias del cuerpo humano. Este producto está dirigido a todas las personas de diferentes edades, que desean cuidar su salud. (Cappella, A., 2016)

En su investigación (Meade, N., & Puente, T., 2010), elaboraron una barra energética de nopal y cereales, la cual tuvo como resultado una buena consistencia y textura, además de un sabor y olor agradable con un gran valor nutrimental ya que contiene fibra y nutrientes esenciales para la salud, así como también elementos esenciales para la prevención y control de enfermedades como pueden ser: diabetes, cáncer de colon, arterosclerosis etc.

(Velázquez, J., *et al.* 2016), elaboraron una barra de nopal, avena, arándano y amaranto reducida en azúcar como un alimento funcional. Los resultados de la investigación demostraron que el nopal puede ser utilizado para la elaboración de este tipo de alimentos, ya que el contenido de fibra dietética y bajo contenido de azúcares lo hace un alimento de rápido consumo y con propiedades sensoriales agradables. El producto obtenido presentó parámetros microbiológicos aceptables con una vida útil de 32 días. Por lo que el empleo de nopal en el desarrollo de una barra de cereales, es una opción viable ya que aumenta el aporte nutricional del producto.

En su investigación (Escobar, L., 2017), incluyó nopal para el desarrollo de una barra energética, como alternativa de un alimento con “alto contenido de fibra” en beneficio de salud de los consumidores, debido a las cualidades fisiológicas de fibra dietética (FD). Como resultado se obtuvo una barra optimizada, de alto contenido en fibra ($11,37\% \pm 1,57\text{gr}/100\text{gr}$), sin colesterol y fortificada (vitamina C). La calidad sanitaria es aceptable y su vida de anaquel es de 5 meses.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Búsqueda de la información

La metodología que se emplea para la realización del trabajo de 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. Sirviendo como soportes básicos para el desarrollo y fundamentación de esta parte del trabajo.

Como punto de partida de una investigación bibliográfica se encuentran los libros, estos nos permiten tener una buena base y una visión global del tema que vamos a investigar. Las revistas contienen artículos científicos y de revisión actualizados y especializados, estos son revisados minuciosamente antes de su publicación. Las tesis son las memorias o informes publicados como resultados de trabajos de investigación de maestrías o doctorados estos constituyen una fuente de ideas de actualidad y contienen una serie de valiosas referencias bibliográficas. (Gómez, E., *et al.* 2014)

2.2. Criterios de selección

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.

Exhaustividad, se debe tener todas las fuentes posibles, necesarias y suficientes para fundamentar la investigación.

Las principales fuentes consultadas fueron las siguientes:

En lo que concierne a terminología e historia del Nopal

Rayas, Merina, Quiñonez, Valle, Landa, Vásquez, Vargas, Sánchez & Ortiz (2019): El Nopal planta endémica de Zacatecas; Inglese, Mondragon, Nefzaoui & Saenz (2018): ECOLOGIA DEL CULTIVO, MANEJO Y USOS DEL NOPAL; Ocampo, Riveros & Roldán (2017): Caracterización del SIAL nopal verdura y fruta en el estado de Hidalgo, México.

En la fundamentación de las propiedades y beneficios del Nopal

Encalada, Dávila (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; Ortiz, Góngora, Pacheco, González, Espinosa & Sánchez (2016): Aprovechamiento de las Propiedades Biotecnológicas, Antioxidantes y Nutraceuticas del Nopal (*Opuntia ficus-indica*); Quizhpe (2019): Las conservas vegetales y su capacidad antioxidante; Magro, Pérez (2017): Evaluación de nopales (*Opuntia ficus indica*) como fuente de calcio (Doctoral dissertation, Universidad Argentina de la Empresa); Corzo, Bautista, Gómez & Torres (2016): Frutas de cactáceas: Compuestos bioactivos y sus propiedades nutraceuticas; Barazarte, Terán, D'Aubeterre, Pérez, Garmendia, Moreno, Rodríguez, Pacheco, Colmenares & Sánchez (2017): Características físicas y químicas de cladodios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill; Domínguez (2017): OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL POLVO DE NOPAL SECADO POR ASPERSIÓN; Muñoz, Díaz, González, Medina & Cardona (2014): Efecto de la administración oral de nopal deshidratado sobre el perfil de lípidos en individuos con dislipidemia y sobrepeso/obesidad; Valenciano (2015): Efecto del Nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la glucemia de los diabéticos de la agrupación comunal del adulto mayor de San Rafael Guápiles 2014.

Sobre la utilización del Nopal en la Industria

Torres, Morales, Ballina & Nevárez (2015): El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal; Alpala (2016): "OBTENCIÓN DE HARINA UTILIZANDO LA HOJA DE NOPAL DE CASTILLA (*Opuntia ficus-indica*) Y SU APLICACIÓN EN REPOSTERÍA, RIOBAMBA 2015; Sáenz (2006): Utilización Agroindustrial del Nopal; Marino (2018): Galletas con agregado de Nopal; Escobar (2017): Optimización de barra

de nopal “Alto contenido de fibra”; Sacatoro (2017): APROVECHAMIENTO DE NOPAL “NOPAL ENERGY BAR”; Doumenz (2017): “APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE TUNA (*Opuntia ficus indica*) EN LA ELABORACIÓN DE YOGURT GRIEGO CON FIBRA SOLUBLE”; Hernández, Leyva & López (2019): Exportación de jugo de nopal a Corea del Sur; González, Altamirano & Campos (2019): Calidad microbiológica del pan de caja adicionadas con harinas no convencionales (jamaica y nopal); Cevallos (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*); Párraga (2015): FORMULACIÓN DE DOS PRESENTACIONES ARTESANALES DE CONSERVA VEGETAL A BASE DE NOPAL (*Opuntia ficus indica*) Y EVALUACIÓN DE SU CAPACIDAD ANTIOXIDANTE; González (2019): “Construcción de conocimiento multidisciplinario a partir de la educación y el emprendimiento.” Aprovechamiento agroindustrial del nopal. Mermelada baja en calorías; González, Bernal & Gutiérrez (2016): Usos y aplicaciones del nopal como oportunidad competitiva en la Ciudad de Toluca. Illanes (2015): Alimentos funcionales y biotecnología. *Revista Colombiana de Biotecnología*; CITEagroindustrial Moquegua (2020): ALIMENTOS FUNCIONALES A BASE DE PENCA DE TUNA (*OPUNTIA FICUS-INDICA*).

2.3. Métodos para sistematización de la información

Para la organización y ordenamiento de la información obtenida, se procede a la elaboración de tablas con los resultados de las investigaciones revisadas, permitiéndonos posteriormente realizar el análisis de los mismos.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron mediante el desarrollo del presente trabajo de investigación se detallan a continuación:

3.1. 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 1-3. se puede observar el contenido de proteína, carbohidratos y fibra del cladodio de nopal fresco según varios autores.

Tabla 1-3. 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, Jessenia, 2020.

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.

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 presentó 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 2-3. Se puede apreciar el contenido de proteína, carbohidratos y fibra de la harina obtenida de nopal según diferentes referencias bibliográficas.

Tabla 2-3. 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 <i>et al.</i> 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, Jessenia, 2020.

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%.

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 1-3. y 2-3. 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.

3.2. 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 3-3. 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.

Tabla 3-3. 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 Narcisina
Rocchetti <i>et al.</i> (2018)	21	Quercetina Kaempferol
Hernández <i>et al.</i> (2020)	-	Quercetina
Promedio	16	
HARINA DE NOPAL		
Msaddak <i>et al.</i> (2017)	11	Quercetina Kaempferol
Figueroa <i>et al.</i> (2018)	28	Nicotiflorina Narcisina
Ahmed <i>et al.</i> (2019)	13	-
Yun <i>et al.</i> (2016)	19	Narcisina
Promedio	18	

Realizado por: Quishpi Guachalá, Jessenia, 2020.

Los efectos beneficios 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.

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.

3.3. Alimentos elaborados con harina de nopal

Como se puede observar en la tabla 4-3. 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 4-3. Alimentos elaborados con la adición de harina de nopal según varios autores.

Autores	Producto	Componentes (g/100g)			
		Proteína %	Carbohidratos %	Fibra dietética %	Grasa %
Sáenz <i>et al.</i> (2002)	Flan en polvo	27,20	42,60	9,80	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
Promedios		12,28	45,10	13,78	9,61

Realizado por: Quishpi Guachalá, Jessenia, 2020.

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

Tabla 5-3. 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, Jessenia, 2020.

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, barrar 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 importante 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.

3.4. 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 tabla 6-3. Se puede evidenciar la valoración de las características organolépticas (color, olor, sabor, textura) y aceptación general de los productos elaborados con la adición de harina de nopal.

Tabla 6-3. Aceptación de productos elaborados con harina de nopal según varios autores.

Autores	% Harina	Producto	Color			Olor			Sabor			Textura			Aceptación general		
			Me gusta	Indiferente	Me disgusta	Me gusta	Indiferente	Me disgusta									
Castillo <i>et al.</i> (2013)	10	Alfajores	X			X			X			X			X		
Mendoza <i>et al.</i> (2019)	60	Hot cake			X	X					X	X					X
Sacaroto, (2017)	30	Barra energética		X		X			X			X			X		
Alpala (2015)	10	Galletas		-					-			-			X		
Alpala (2015)	20	Alfajores		-					-			-			X		
Otoya (2017)	38,46	Muffins		-					-			-			X		
Marino (2018)	22	Galletas	X			X			X			X			X		
Rodiles <i>et al.</i> 2019	2,5	Tortillas	X			X			X			X					-
Rodiles <i>et al.</i> 2019	5	Tortillas			X			X			X			X			-

Realizado por: Quishpi Guachalá, Jessenia, 2020.

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.

Las características negativas presentadas en los productos elaborados por (Mendoza, V., *et al.* 2019) y (Rodiles, J., *et al.* 2019) podrían deberse a la formulación y el porcentaje de harina de nopal utilizado, (Marino, J., 2018) manifiesta que al incorporar un porcentaje alto de harina, esta podría influir en las características organolépticas de los productos, como el caso de (Mendoza, V., *et al.* 2019) que utilizó un 60% de harina para la elaboración de un hot cake, sin embargo se podría recomendar la incorporación del 10% al 38%, debido a que con estos porcentajes los productos tuvieron buena acogida por parte de los panelistas presentando valoraciones positivas.

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.
- La mayoría de los productos elaborados con harina de nopal tienen una aceptación positiva por parte de los consumidores, considerándolos como alimentos innovadores que aportan beneficios para la salud. Sin embargo, se debe determinar el contenido de harina que se utilizará para la formulación, ya que porcentajes elevados generan cambios en las características organolépticas del producto, identificando que la cantidad óptima se encuentra en un rango de 10 a 38% de harina, según los porcentajes utilizados en las investigaciones revisadas.

RECOMENDACIONES

- El cultivo de nopal en el país no ha sido explotado, debido a que la única parte de la planta que se comercializa es la fruta, siendo el cladodio o penca rico en nutrientes y beneficioso para la salud, por lo que se recomienda su producción e industrialización a nivel nacional para su consumo.
- Realizar investigaciones de la adición de diferentes niveles de harina de nopal en la elaboración de alimentos como, mermeladas, jugos, productos lácteos y productos cárnicos, para determinar su comportamiento en las características físicas, químicas y sensoriales de los productos finales.
- Investigar acerca de los extractos de nopal, su composición química y su utilización dentro de la Industria.
- Realizar investigaciones acerca del potencial agroindustrial de las diferentes partes del nopal como, las espinas y la flor, ya que podrían ser utilizadas en la industria por sus componentes nutricionales.

GLOSARIO

Actividad Antioxidante: capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, de tal manera que actúa frente a radicales libres. (Londoño, J., 2012)

Actividad hipoglucemiante: capacidad para disminuir los niveles de glucosa en la sangre, principalmente en los casos de diabetes y obesidad. (Andrade, M., 2017)

Alimento Funcional: se considera como tal a todo alimento que, además de su valor nutritivo, contiene componentes biológicamente activos que aportan algún efecto añadido y beneficioso para la salud y reducen el riesgo de contraer ciertas enfermedades. (Beltrán, M., 2016)

Cladodio: rama que sustituye a las hojas, desempeñando las funciones de estas y tomando a veces forma foliácea, como el brusco. (RAE. 2019)

Compuestos Fenólicos: moléculas que tienen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático, presentes en frutas, hortalizas, cereales y raíces, considerados importantes por su poder antioxidante. (Peñarrieta, J., *et al.* 2014)

Deshidratación: método de conservación de alimentos que consiste en eliminar la mayor cantidad posible de agua o humedad del alimento seleccionado bajo una serie de condiciones controladas como temperatura, velocidad y circulación de aire. (García, M., *et al.* 2015)

Fitoquímicos: sustancias orgánicas constituyentes de alimentos de origen vegetal, que no son nutrientes y pueden proporcionar al alimento propiedades fisiológicas que van más allá de las nutricionales propiamente dichas. (Juan, T., 2014)

BIBLIOGRAFÍA

ABRAJÁN VILLASEÑOR, Myrna Alicia. 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>

AHMADIAN, R, et al. Kaempferol: un flavonoide alentador para COVID-19. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* [En Línea], 2020. Consulta: 25 de Julio de 2021]. Disponible en: <https://blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/download/33/27>

AHMED, M, et al. 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. “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>

ANDRADE, María. Definición ABC [blog]. 2017. [Consulta: 09 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/ciencia/hipoglucemiantes.php>

ANRRANGO SOLA, Andrés Fernanda & BURBANO POZO, Amanda Maricela. 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]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2051/1/03%20EIA%20322%20Tesis.pdf>

ÁVILA DOMÍNGUEZ, Rosángela, et al. Efecto de una bebida a base de nopal (*Nopalea cochenillifera* (l) *Salm-dyck*) en pacientes de una población rural de Hidalgo, México; ensayo clínico piloto. *Nutrición Hospitalaria*. [En línea]. 2015, 32(6). [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v32n6/46originalsindromemetabolico06.pdf>

BASURTOS SANTOS, Deni, et al. Utilidad del nopal para el control de la glucosa en la diabetes mellitus tipo 2. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM* [En línea]. 2006. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no49-4/RFM49408.pdf>

BAUTISTA JUSTO, Mayela, et al. Valor Nutritivo de Galletas Elaboradas con Harina Integral y Nopal Fresco. *IX CONGRESO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y V FORO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS* [En línea]. 2007. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://respyn2.uanl.mx/especiales/2007/ee-12-2007/documentos/CNCA-2007-22.pdf>

BELTRÁN DE HEREDIA, María Rosario. “Alimentos Funcionales”. *Elsevier* [En Línea], 2016. [Consulta: 09 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-alimentos-funcionales-X0213932416546681?fbclid=IwAR3Q4drkzjsTKLxi33w9FbeJfjaAt84aE92GRKAzcZUi-Aj81zBRLHhbVPY>

BENITES CALDERÓN, Víctor Josué. 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]. Disponible en:

http://190.12.70.20/bitstream/UNTELS/580/1/Benites_Victor_Trabajo_de_Suficiencia_2019.pdf

CALPA TUPUE, Jenny Elizabeth. “estudio de factibilidad para la creacion de una microempresa para la produccion y comercializacion de harina de tuna, en el Valle del Chota, canton Ibarra, provincia de Imbabura [En Línea] (Trabajo de Titulacion). Universidad Tecnica del Norte. Ibarra-Ecuador, 2014. [Consulta 04 de Septiembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3982>

CAMPORA, María Clarisa. Alimentos funcionales: tecnología que hace la diferencia. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* [En línea]. 2016, 42(2), pp.131-137. [Consulta: 6 de Agosto de 2020]. ISSN: 0325-8718. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86447075004>

CAPPELLA, Agostina Nadya. DESARROLLO DE BARRA DE CEREAL CON INGREDIENTES REGIONALES, SALUDABLE NUTRICIONALMENTE [En Línea] (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza, 2016. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: https://tesisenfermeria.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8188/tesis-brom.-cappella-agostina-24-10-16.pdf.

CASTILLO, Estella, et al. Obtención de harina de nopal y formulación de alfajores de alto contenido en fibra. *Diaeta. 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. 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]. Disponible en: http://192.188.51.77/bitstream/123456789/14345/1/66135_1.pdf.

CHÁVEZ GONZÁLEZ, Judith Libertad. “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. [Consulta: 04 de Septiembre de 2020]. Disponible en: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/2016

CHÁVEZ, Roberto. El cultivo de tuna ocupa 180 hectáreas en el país. *El telégrafo* [En Línea]. 2017. [Consulta: 20 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/193/1/el-cultivo-de-tuna-ocupa-180-hectareas-en-el-pais#:~:text=De%20acuerdo%20con%20un%20estudio,planta%20espinosa%20originaria%20de%20Centroam%C3%A9rica.>

CODEX ALIMENTARIUS. Informe de la 29^a reunión del Comité del Codex sobre nutrición y alimentos para regímenes especiales. [En Línea].2007. [Consulta: 04 de Septiembre de 2020]. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCNFSDU/ccnfsdu29/nf29_03s.pdf

CORZO RIOS, Luis Jorge, et al. *Frutas de cactáceas: Compuestos bioactivos y sus propiedades nutraceuticas* [En línea]. México: ResearchGate. 2016. p. 37. [Consulta: 27 de Mayo de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/314105530_Frutas_de_cactaceas_Compuestos_bioactivos_y_sus_propiedades_nutraceuticas.](https://www.researchgate.net/publication/314105530_Frutas_de_cactaceas_Compuestos_bioactivos_y_sus_propiedades_nutraceuticas)

DOMÍNGUEZ CARRILLO, Merari Nayeli. OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL POLVO DE NOPAL SECADO POR ASPERSIÓN [En Línea] (Tesina). Instituto Politécnico Nacional Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. 2017. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/22817>

DURÁN, G, et al. 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]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/101416/Documento_completo.pdf-

[PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

EL-MOSTAFA, Karym, et al. 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. 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]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9526?mode=full>

ESCOBAR RODRÍGUEZ, Luz María. 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/lmer1de1.pdf

FIGUEROA PÉREZ, Marely, et al. 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>

GARCÍA PATERNINA, María, et al. “Evaluación de los pretratamientos de deshidratación osmótica y microondas en la obtención de Hojuelas de Mango (*Tommy Atkins*)”. *Revista Scielo* [En Línea], 2015. [Consulta: 09 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n5/art09.pdf>

GÓMEZ, Eduardo, et al. Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*. [En línea] 2014.

[Consulta: 10 de Agosto de 2020]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49630405022>.

HERNÁNDEZ GARCÍA, Francisca, et al. Valorización del tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill): composición nutricional, propiedades funcionales y aspectos económicos. *IntechOpen* [En Línea]. 2020. [Consulta: 04 de Septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/online-first/valorization-of-prickly-pear-opuntia-ficus-indica-l-mill-nutritional-composition-functional-properiti>

HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Elvia. Evalaucion del efecto de la adiccion 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. 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]. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10347/Huanca_Alca_Juan_Jos%C3%A9.pdf?sequence=1&isAllowed=y

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 616:2015. *Harina de Trigo. Requisitos* [En Línea]. Quito - Ecuador. 2011. [Consulta: 04 de Septiembre de 2002]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-616-4.pdf>

IZUEGBUNA, Ogochukwu, et al. Composición química, actividades antioxidantes, antiinflamatorias y citotóxicas de los cladodios de *Opuntia stricta*. *POLS ONE* [En línea]. 2019. [Consulta: 19 de Agosto de 2020]. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0209682#sec045>.

JEREZ SAYES, Yery. Formulación y caracterización de una bebida con fibra dietética de polvo de nopal [En Línea] (Tesis Postgrados). Universidad de Chile Biblioteca Digital. 2015. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/149594>

JUAN ESTEBAN, Teresa. Frutas: alimentación y salud [Blog]. 2014. [consulta: 09 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/2683/1/2014_119.pdf

KIVRAK, Seyda, et al. Analytical evaluation of phenolic compounds and minerals of *Opuntia robusta* J.C. Wendl. and *Opuntia ficus-barbarica* A. Berger. *International Journal of Food Properties* [En Línea]. 2018. [Consulta: 19 de Agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2018.1451342?src=recsys#>

LECAROS, Marcela Patricia. Caracterización de harina de cladodio de nopal [En Línea] (Tesis). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, (INIA), Chile. Universidad de Chile. Esc. de Agronomía. 1997. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=023146>

LONDOÑO LONDOÑO, Julián. *Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad* [En Línea]. Corporación Universitaria Lasallista. 2012. [Consulta: 09 de Noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/133/3/9.%20129-162.pdf>

MAGRO, Sofía & PÉREZ MAURICE, María Belén. 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. [Consulta: 23 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/7567/PFI%20Nopales%20050517.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

MARINO, Julieta. 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?sequence=1.

MARTÍNEZ PUTOJA, Andrea Alexandra. 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]. Disponible en: <http://repositorio.unibe.edu.ec/bitstream/handle/123456789/117/MARTINEZ%20PUJOTA%20ANDREA%20ALEXANDRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MEADE ALMAZÁN, Nancy Patricia & PUENTE ALDO, Tovar. BARRA ENERGÉTICA DE NOPAL Y CEREALES. *XI SIMPOSIUM. TALLER NACIONAL Y II INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN DE NOPAL Y MAGUEY* [En línea]. 2010. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: [http://respyn2.uanl.mx/especiales/2011/ee-05-2011/documentos/\(28\)meadealmazan-barraenergeticaदनopal2.pdf](http://respyn2.uanl.mx/especiales/2011/ee-05-2011/documentos/(28)meadealmazan-barraenergeticaदनopal2.pdf).

MENDOZA, Vanessa, et al. 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. 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. Aprovechamiento de las Propiedades Biotecnológicas, Antioxidantes y Nutraceuticas del Nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Biotecnología y alimentos en Hidalgo: Transitando*

a la Bioeconomía [En línea]. 2012. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Luis_Diaz-Batalla/publication/313705927_Biotecnologia_y_Alimentos_en_Hidalgo_Transitando_a_la_Bioeconomia/links/58a37c67458515d15fdae4b/Biotecnologia-y-Alimentos-en-Hidalgo-Transitando-a-la-Bioeconomia.pdf.

OTOYA ESCOBAR, Jean Felipe. 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. [Consulta: 04 de Agosto de 2020]. Disponible en: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3657/1/RE_IND.ALIM_JEAN.OTOYA_SUSTITUCION.PARCIAL_DATOS.PDF

PAREDES SUAREZ, Tania Yovani & MONDRAGÓN ARRIBASPLATA, Cinthia Liliana. Efecto hipoglucemiante del extracto acuoso de los cladodios de *Opuntia ficus indica* “tuna” en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Farmacia y Bioquímica). Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo Facultad de Ciencias de la Salud. Cajamarca-Perú, 2017. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/473/FYB-017-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PÁRRAGA CASTILLO, Eduardo Javier. 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. [Consulta: 30 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9044/1/BCIEQ-T-0142%20Párraga%20Castillo%20Eduardo%20Javier.pdf>.

PEÑERRIETA, J, et al. “Compuestos Fenólicos y su presencia en alimentos”. *Revista Boliviana de Química* [En Línea], 2014, 31(2), 68-8. [Consulta: 09 de Noviembre de 2020]. Disponible en:

https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339682006&fbclid=IwAR3SJnmtHiS_GHxuJ6wxcwfnsjbnvNcNDYVIxBCYjHQ09ItzpYzgOPJ5JZUs

PÉREZ ENCALADA, Samuel Armando. 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]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19453/1/BCIEQ-T-0189%20P%c3%a9rez%20Encalada%20Samuel%20Armando.pdf>.

PILLIGUA PIGUAVE, Flor María. EXTRACCIÓN DE LA PECTINA DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) Y SU APLICACIÓN EN UN DULCE DE CACAÓ [En Línea] (Trabajo de Titulación) (Químico y Farmacéutico). Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Químicas. Guayaquil-Ecuador, 2017, p. 8. [Consulta: 30 de Junio de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21901/1/BCIEQ-T-0218%20Pilligua%20Piguave%20Flor%20María.pdf>.

RAMÍREZ ORTIZ, María Eugenia. *Propiedades funcionales del hoy* [En línea]. México: OmniaScience. 2017. p. 24. [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>

REAL ACADEMIA DE LA LENGUA. Definiciones. 2019. [Consulta: 09 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://dle.rae.es/cladodio?m=form>

ROCCHETTI, Gabriele, et al. 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. 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>

RODILES-LÓPEZ, José Octavio, et al. Desarrollo de una tortilla adicionada con harinas de aguacate y nopal y su efecto en la reducción de colesterol, triglicéridos y glucosa en ratas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud* [En Línea]. 2019, XXI (2), pp. 71-77. [Consulta: 20 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/909/324>

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

SACAROTO DÍAS, Freddy Germán. 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]. Disponible en: <http://181.112.224.103/bitstream/27000/4273/1/UTC-PC-000215.pdf>

SÁENZ, Carmen, et al. Uso de fibra dietética de nopal en la formulación de un polvo para flan. *Scielo* [En Línea]. 2002. [Consulta: 04 de septiembre de 2020]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222002000400010&script=sci_arttext&tlng=pt

SÁENZ, Carmen, et al. *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. Oportunidad competitiva del dulce de nopal elaborado en Jocotitlán para su consumo en el valle de toluca. *Latindex* [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_GZZ_GTZ_BERNAL.pdf.

SORIA MELGAREJO, Gonzalo. *¿Qué conocemos del nopal?* [En Línea]. México: Cuadernos de Divulgación Científica y Tecnológica del Consejo. 2015. p. 10. [Consulta: 28 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://icti.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2019/07/10.-QUE-CONOCEMOS-DEL-NOPAL.pdf>

TENELEMA, Jennifer. 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.

TORRES PONCE, Reyna Lizeth, et al. El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [En Línea]. 2015, México, 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. “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]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/95/B2-M-18108.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VALLEJOS, Ximena Andrea. Elaboracion y evaluacion de la calidad de un flan con adiccion de fibra dietetica de nopal [En Línea] (Tesis). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, (INIA), Chile. Universidad de Chile. Esc de Agronomia. 1999. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi->

bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=024607

VÁZQUEZ RODRÍGUEZ, Jesús Alberto. 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>

VELÁZQUEZ PICHARDO, J, et al. DESARROLLO DE UNA BARRA DE NOPAL, AVENA, ARÁNDANO Y AMARANTO REDUCIDA EN AZÚCAR COMO ALIMENTO FUNCIONAL PARA LA POBLACIÓN MEXICANA. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán* [En línea]. 2016. [Consulta: 28 de Julio de 2020]. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/83.pdf>.

YUN SOOK, Jeong, et al. Contenidos fitoquímicos y actividades antioxidantes de *Opuntia ficus-indica* var. sabotear. *La Revista Coreana de Alimentos y Nutrición* [En Línea]. 2016. [Consulta: 04 de Septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201632747975996.page>