



MCA-2018/03

S.E.P. TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO de Tuxtepec

**"EVALUACIÓN QUÍMICA, FÍSICA Y TECNO-FUNCIONAL DE
PURÉS DE PITAYA (*Stenocereus griseus*) CON MUCÍLAGO
DE NOPAL (*Opuntia robusta Wendl*) COMO INGREDIENTES
EN EL DESARROLLO DE "MUFFINS"**

TESIS

Para Obtener el título de:
MAESTRA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS

PRESENTA:

I.I.A. FATIMA CAMACHO MORALES

DIRECTORA:

DRA. MARÍA DE LOS ANGELES VIVAR VERA

CO-DIRECTORA:

DRA. ARACELI PÉREZ SILVA

TUXTEPEC, OAXACA, ENERO 2018

COMITÉ TUTORIAL

DRA. MARÍA DE LOS ANGELES VIVAR VERA

DRA. ARACELI PÉREZ SILVA

M.C. ERNESTINA PAZ GAMBOA

DRA. ROSELIS CARMONA GARCÍA



S.E.P

D.G.E.S.T

S.N.E.S.T

Instituto Tecnológico de Tuxtepec

**EVALUACIÓN QUÍMICA, FÍSICA Y TECNOFUNCIONAL
DE PURÉS DE PITAYA (*Stenocereus griseus*) CON
MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia robusta Wendl*) COMO
INGREDIENTES EN EL DESARROLLO DE “MUFFINS”**

T E S I S

MAESTRÍA EN CIENCIA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

I.I.A. FATIMA CAMACHO MORALES

DIRECTOR:

DRA. MARIA DE LOS ANGELES VIVAR VERA

CO-DIRECTOR:

DRA. ARACELI PÉREZ SILVA

TUXTEPEC, OAXACA

ENERO DE 2018

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
División de Estudios Profesionales

Procedimiento para la Titulación
Autorización de Presentación del Trabajo Profesional
Referencia a la Norma ISO 9001:2008 7.5.1

SUBDIRECCION ACADÉMICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
EXPEDIENTE: DEP-ñ/18

Tuxtepec, Oaxaca. **17/ENERO/2018**
OFICIO: No. 5081

I.I.A. FATIMA CAMACHO MORALES
EGRESADA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS
CON NÚMERO DE CONTROL M15350017
PRESENTE.

POR MEDIO DE LA PRESENTE ME PERMITO COMUNICARLE QUE LA COMISIÓN REVISORA INTEGRADA POR LOS C.C. **DRA. MARIA DE LOS ÁNGELES VIVAR VERA, DRA. ARACELI PÉREZ SILVA, M.C. ERNESTINA PAZ GAMBOA Y DRA. ROSELIS CARMONA GARCÍA** REVISÓ Y APROBÓ EN SU TOTALIDAD EL TRABAJO PROFESIONAL DENOMINADO **"EVALUACIÓN QUÍMICA, FÍSICA Y TECNO-FUNCIONAL DE PURÉS DE PITAYA (*Stenocereus griseus*) CON MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia robusta Wendl*) COMO INGREDIENTES EN EL DESARROLLO DE "MUFFINS" "** PRESENTADO POR USTED COMO PRODUCTO DE TESIS DEL LINEAMIENTO DE TITULACIÓN CORRESPONDIENTE, PARA OBTENER EL GRADO DE **MAESTRA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS.**

POR LO ANTERIOR Y DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS INSTITUCIONALES, SE LE DA TRÁMITE LEGAL PARA QUE PROCEDA A LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL.

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TÉCNICA PRESENTES AL FUTURO"

L.I. MARTHA MÓNICA HERNÁNDEZ CRUZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

C.c.p.-Coord. de titulación
MMHC/has



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE TUXTEPEC
DIVISIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES



Av. Dr. Víctor Bravo C.P. 68350 Col. 5 de Mayo Tuxtepec, Oaxaca
Teléfono: (287) 87 5 10 44 Ext. 103, Fax: (287) 87 5 18 80
e-mail: info@ittux.edu.mx



REGISTRO SGC
Código: ITTUX-AC-PO-008-09
Revisión: 1
Fecha de Autorización: 19/Junio/2014

Proceso Educativo: Que comprende desde la inscripción hasta la entrega de título y acta profesional de licenciatura

**EVALUACIÓN QUÍMICA, FÍSICA Y TECNOFUNCIONAL DE
PURÉS DE PITAYA (*Stenocereus griseus*) CON MUCÍLAGO
DE NOPAL (*Opuntia robusta Wendl*) COMO INGREDIENTES
EN EL DESARROLLO DE “MUFFINS”**

POR:

I.I.A. FATIMA CAMACHO MORALES

TESIS PROPUESTA AL:

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC

COMO REQUERIMIENTO PARCIAL PARA OBTENER

EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS

ENERO, 2018

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, a mis padres, hermanos, a mi familia, a mis amigos y compañeros, por su apoyo incondicional en toda mi carrera.

A mis profesores que fueron guía principal para mi formación ética, moral y profesional en mi vida durante estos años de estudio.

AGRADECIMIENTOS

La presente Tesis es un esfuerzo en la cual, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dándome ánimos, acompañándome en los momentos de crisis y en los de felicidad. Son tantas personas a las cuales debo parte de esta gran suceso que significo la culminación de mi carrera profesional.

Agradezco primeramente:

A Dios: Por ser luz que ilumina mi vida, por darme unos padres maravillosos, por haberme dado salud y la oportunidad de seguir adelante, quien me ha permitido alcanzar este triunfo.

Agradezco especialmente:

A mi familia: Por sus innumerables sacrificios realizados, por su apoyo, sus consejos, su paciencia y por darme lo mejor de ellos, por confiar en mí siempre. Gracias por ser el pilar de mi vida porque me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia, mi empeño y todo ello, con una gran dosis de amor.

Agradezco esencialmente:

A mis amigos y compañeros: Por regalarme una amistad sincera, compartiendo sueños, alegrías, tristezas y momentos inolvidables. Siempre los llevare en mi corazón.

Agradezco humildemente:

A mis profesores (a): Quienes compartieron conmigo su tiempo, conocimiento, orientación, manera de trabajar, persistencia, apoyo y dedicación. Gracias a todos los profesores (a) que contribuyeron realmente en mi forma académica, por todos sus consejos, sus formidables clases, su paciencia y su amistad como persona, hasta llegar a la culminación de esta carrera profesional.

RECONOCIMIENTOS

A la Dra. María de los Ángeles Vivar Vera por su paciencia , comprensión, tiempo, dedicación a mi proyecto, además de ser para mí un ejemplo de ética, principios y valores , pero antes que nada muchas gracias por su amistad y gran apoyo durante la realización de mis estudios de maestría.

A mi comité revisor integrado por la Dra. Araceli Pérez Silva, M.C. Ernestina Paz Gamboa y a la Dra. Roselis Carmona García, por todas sus sugerencias tan valiosas para el enriquecimiento de esta tesis, gracias por la dedicación puesta a este trabajo.

A la Dra. Aurea Benardino Nicanor y el Dr. Leopoldo González Cruz por mostrarme la importancia de lo que es el trabajo en equipo así como luchar para conseguir lo que se requiere, pese a lo difícil de las circunstancias.

Al Dr. Andrés Aguirre Cruz por su apoyo brindado, por sus consejos, por su disponibilidad y por sus atenciones brindadas para conmigo.

A todos los doctores pertenecientes al Consejo de Posgrado de la Maestría en Ciencias en Alimentos del Instituto Tecnológico de Tuxtepec por todos sus consejos y enseñanzas.

Al Ing. Eleodoro Gabilán Linares por el tiempo, disposición y dedicación a esta tesis pero antes que nada por su amistad y a los conocimientos que adquirí.

Agradezco Sinceramente:

Al CONAYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología).

Al CONCYTEP (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla).

A la facultad de Maestría en Ciencias en Alimentos del Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Oaxaca.

A la facultad de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico de Celaya.

A la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, Puebla.

AGRADECIMIENTO

Director general

Subdirector general

Jefe de carrera

Asesores internos

Asesores externos

Docentes y Personal

RESUMEN

Camacho Morales Fatima M.C. en Alimentos. Instituto tecnológico de Tuxtepec. Agosto 2017. **“Evaluación química, física y tecnofuncionales de purés de pitaya (*Stenocereus griseus*) con mucílago de nopal (*Opuntia robusta wendl*) para su aplicación a muffins”**. Directora: Dra. María de los Ángeles Vivar Vera y Co-directora: Dra. Araceli Pérez Silva.

La pitaya es una fruta perteneciente a la familia de las cactáceas, originaria de México, siendo el principal productor el Estado de Puebla. Sin embargo su alto contenido de agua y carbohidratos, hace a este producto perecedero y con una vida de anaquel muy corta. La pitaya presenta un contenido de fibra cruda de 1.83 %, una alternativa para incrementar este componente es mediante la adición de ingredientes funcionales extraídos por fuentes vegetales. El objetivo de este trabajo es la evaluación de la composición química y propiedades tecnofuncionales de purés de pitaya (*Stenocereus griseus*) adicionados con mucilago de nopal (*Opuntia robusta wendl*) para su aplicación como ingredientes en el desarrollo de “muffins”. La pitaya se adquirió de la comunidad de Santo Domingo Tonahuixtla, Puebla, mientras que el polvo de mucílago de nopal fue donado por el Instituto Tecnológico de Celaya. La pitaya se acondicionó, se realizó las características morfológicas, fisicoquímicas (azúcares reductores, acidez titulable, sólidos solubles y pH) y la composición químico proximal (humedad, cenizas, grasas y proteínas). Posteriormente se llevó a cabo la elaboración de purés adicionándole polvo de mucílago de nopal (0, 1, 1.5, 2.5 y 5 %), aplicándole el tratamiento térmico por el método de escaldado en bolsas de polietileno de 100 g. A los purés con mucilago (0, 1, 1.5, 2.5 y 5 %) y al mucilago de nopal, se evaluó la composición químico proximal y se evaluará las propiedades tecnofuncionales (capacidad de retención de agua, solubilidad, capacidad de hinchamiento, capacidad de absorción de aceite, capacidad emulsificante y capacidad espumante). Se elaboró los “muffins” con los purés, se le determinará la composición química proximal, las características físicas (perfil de textura y color: L*, a*, b*, Croma y Hue) cuantificación de fibra dietaria y un análisis sensorial mediante la prueba de aceptación. Los resultados obtenidos hasta el momento son las medidas de 100 pitayas transversal (cm) y longitudinal (cm) de una forma semiesférica, su porción de pulpa (%), sus características fisicoquímicas: azúcares reductores (%), acidez titulable (%), sólidos solubles (° Brix) y pH. Los resultados mostraron que los purés con mucilago de nopal aumentaron su valor nutricional, hasta al momento se realizó preliminares del análisis sensorial, revelando valores de 7 (Me gusta), significando que los muffins con nopal fueron aceptadas.

ABSTRACT

ÍNDICE

RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
1. INTRODUCCIÓN	14
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Características de la pitaya.....	17
2.1.1 Composición nutricional de la pitaya.....	19
2.1.2 Producción de la pitaya.....	20
2.1.3 Comercialización y uso de la pitaya.....	21
2.1 Características del nopal	23
2.2.1 Composición química y nutricional del nopal	24
2.2.2 Producción y comercialización del nopal	27
2.2.4 Aplicación del nopal	29
2.3 Tratamiento térmico de los alimentos	30
2.4 Deshidratación	31
2.5 Ingredientes y alimentos funcionales	33
2.6 Fibra dietaría.....	34
3. ANTECEDENTES	38
4. JUSTIFICACIÓN	41
5. OBJETIVOS	43
5.1 Objetivo general.....	43
5.2 Objetivos específicos	43
6. MATERIALES Y MÉTODOS	46
6.1 Materiales	¡Error! Marcador no definido.
6.2 Metodología general experimental	¡Error! Marcador no definido.
6.3 Localización de la pitaya.....	¡Error! Marcador no definido.
6.4 Selección y acondicionamiento de la pitaya	¡Error! Marcador no definido.
6.5 Atributos físicos de la pitaya	¡Error! Marcador no definido.

6.6 Determinación de la porción comestible de la pitaya	¡Error! Marcador no definido.
6.7 Características fisicoquímica de la pitaya	¡Error! Marcador no definido.
6.8 Localización y selección del nopal	¡Error! Marcador no definido.
6.9 Determinación de la porción comestible de los cladodios de nopal	¡Error! Marcador no definido.
6.10 Obtención del mucilago de nopal	¡Error! Marcador no definido.
6.11 Preparación del puré de pitaya adicionado con mucílago	¡Error! Marcador no definido.
6.12 Preparación de los muffins con inclusión del puré mezcla de pitaya con mucilago de nopal	¡Error! Marcador no definido.
6.13 Atributos físicos	¡Error! Marcador no definido.
6.14 Liofilización de las muestras	¡Error! Marcador no definido.
6.15 Propiedades tecnofuncionales	¡Error! Marcador no definido.
6.16 Análisis químico proximal	¡Error! Marcador no definido.
6.17 Fibra dietaría total, soluble e insoluble	¡Error! Marcador no definido.
6.18 Cuantificación de polifenoles extraíbles	¡Error! Marcador no definido.
6.19 Cuantificación de betalainas	¡Error! Marcador no definido.
6.20 Microscopía óptica de los muffins	¡Error! Marcador no definido.
6.21 Textura de los muffins	¡Error! Marcador no definido.
6.22 Color de los muffins	¡Error! Marcador no definido.
6.23 Evaluación sensorial de los muffins	¡Error! Marcador no definido.
6.24 Análisis estadístico	¡Error! Marcador no definido.
7. RESULTADOS Y DISCUSIONES	48
7.1 Atributos físicos de la pitaya (<i>S.griseus</i>)	¡Error! Marcador no definido.
7.2 Proporción comestible de pitayas (<i>S. griseus</i>) y de cladodios de nopal (<i>O. robusta Wendl</i>)	¡Error! Marcador no definido.
7.3 Características fisicoquímica de las pitayas (<i>S. griseus</i>)	¡Error! Marcador no definido.
7.4 Composición químico proximal del parénquima fresco y mucilago de nopal (<i>Opuntia robusta Wendl</i>)	¡Error! Marcador no definido.

7.5	Propiedades funcionales del parénquima fresco y mucilago de nopal (<i>Opuntia robusta Wendl</i>)	¡Error! Marcador no definido.
7.6	Composición químico proximal de las pulpas de pitaya (<i>S. griseus</i>) fresca, tratada térmicamente y mezclada con diferentes concentraciones de mucilago de nopal (<i>O. robusta Wendl</i>)	¡Error! Marcador no definido.
7.6	Propiedades tecnofuncionales de las pulpas de pitaya (<i>S. griseus</i>) fresca, tratada térmicamente y mezclada con diferentes concentraciones de mucilago de nopal (<i>O. robusta Wendl</i>).....	¡Error! Marcador no definido.
7.7	Microscopia de los muffins	¡Error! Marcador no definido.
7.8	Evaluación sensorial de las muestras de muffins ..	¡Error! Marcador no definido.
8.	CONCLUSIONES	49
9.	RECOMENDACIONES	51
10.	REFERENCIAS	53
11.	ANEXO	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Las cactáceas son plantas originarias del continente americano y se encuentra distribuida a todo lo largo y ancho del mismo. México durante varios años ha sido un centro de establecimientos y diferenciación muy importante para esta familia, encontrándose una gran cantidad de endemismo y una variación indiscutible de formas, adaptaciones y tipos biológicos, acordes con la gran diversidad climática del país. Un ejemplo de las cactáceas son: las pencas de nopal y los pitayos los cuales producen un fruto denominado pitaya.

A nivel nacional el Estado de Hidalgo ocupa la quinta producción de nopal *Opuntia* y en Estado de Puebla en la región de la mixteca baja posee la tercera producción de pitaya, se caracterizan por ser cultivadas en una región árida que permite el desarrollo y propagación de las diversas especies de cactáceas, como es el caso del órgano columna *Stenocereus griseus* y la penca *Opuntia robusta Wendl.*

La pitaya (*Stenocereus griseus*) es un fruto exótico, delicioso más apreciado por sus propiedades sensoriales como nutricionales, se consume de forma fresca en las zonas donde se cultiva, hasta el momento no tiene una aplicación a pesar que recientemente se han efectuado estudios en dicha pulpa y tales estudios señalan que estas pueden ser aprovechadas en un futuro como fuente de obtención de antioxidantes puede ser debida a la presencia de compuestos polifenólicos pero hasta al momento no se ha hecho un perfil de dichos compuestos.

El nopal (*Opuntia robusta Wendl*) es una verdura rica en proteínas y en fibra, los factores limitantes son la baja transformación agroindustrial, bajo desarrollo de comercialización, escasa transferencia de tecnología y falta de mercado interno y externo.

Algunas frutas y verduras son altamente perecederas como es el caso de la pitaya y del nopal una vez que se le quitan las espinas, los procesos de maduración se desencadenan rápidamente, alcanzando en pocos días (2-3) su descomposición, debido a la presente problemática en los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías de conservación para extender la vida de anaquel de los alimentos y poder detener su descomposición; una de estas tecnologías desarrolladas son el uso de tratamientos térmicos y deshidratación que se encargaran de mejorar la calidad. Es recomendable que estas sean procesadas en alimentos de alto consumo como es el caso de muffins.

El propósito del presente trabajo fue la utilización de la pulpa de pitaya y el mucilago de nopal a fin de darle una aplicación y tener mayor valor agregado a los compuestos bioactivos y fibra dietaria para desarrollar una nueva formulación de purés de pitaya adicionados con mucílago de nopal y evaluar la influencia del proceso de elaboración sobre el contenido de compuestos polifenólicos, fibra dietaria y capacidad antioxidante, así como conocer las características propias de la pulpa fresca, tratada térmicamente y mezclada con diferentes concentraciones de mucilago de nopal, ya que en base a sus propiedades será el alcance en cuando a su aplicación como ingredientes en el desarrollo de muffins, aprovechándose a su vez como fuente de fibra dietaria y compuestos polifenólicos con capacidad antioxidante, la finalidad de esta investigación es ampliar su distribución, comercialización, alternativas de consumo y prolongación de la vida de anaquel.

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Características de la pitaya

El término pitaya o cualquiera de sus variantes regionales (pitalla, pitahaya, pitajalla o pitajaya) provienen de la lengua antillana. Fue introducida al territorio mexicano por medio de los conquistadores españoles y posteriormente propagada por los colonizadores (Mercado y Granados, 2002). En un inicio este término se usó indistintamente para referirse al fruto de numerosas cactáceas, en su mayoría son de tallos cilíndricos, erguidos, columnares o muy ramificados y candeliformes, a los cuales llamaron “candelabros”, “cirios” o “órganos” y después los “pitayos” por producir dicha fruta (Rebollar et al., 2002).

Los pitayos son cactus columnares, que pertenece a la familia de las cactáceas, más abundantes de las regiones áridas y semiáridas, nativos de México. Los pitayos producen frutos nombradas pitayas (Pimienta et al, 2004; Rebollar et al., 2002).

El termino pitaya se usa para designar los frutos que pertenecen al género *Stenocereus* y el termino pitahaya para los frutos del género *Hylocereus* (Rebollar et al., 2002). A continuación se muestra en la Figura 1 y 2 las plantas de los géneros.

De acuerdo a Granados et al., 2002 y García-Suarez et al., 2007 el género *Stenocereus* se encuentra ubicado dentro de la siguiente clasificación taxonómica: Familia; *Cactaceae*, subfamilia; *Cactoideae*, tribu; *Pachycereeae*, subtribu; *Stenocereinae*, género; *Stenocereus*, especies; *S.queretaroensis* (Weber), *S.griseus* (Haworth), *S.pruinosus* (Otto) y *S. stellatus* (Pfeiffer).



Foto 1. Fruto y planta del género *Stenocereus*.
(Captadas en la ciudad de Puebla.,
Camacho-Morales).



Foto 2. Fruto y planta del género *Hylocereus*.
(Captadas en la ciudad de Puebla.,
Camacho-Morales).

La pitaya (*S. griseus*) es denominada “Pitaya de mayo” o “Pitaya de mitla”, es un fruto exótico y delicioso, el fruto tiene una forma ovoide, con diámetro ecuatorial (transversal) de entre 5 y 12 cm, un peso desde 150 a 350 g, su cascara es lisa de color verde o rojo, dependiendo del tipo y grado de maduración con espinas en la epidermis (Sánchez, 2002; Yáñez - López et al., 2003).

La pulpa del fruto es comestible con sabor dulce, se caracteriza por sus colores atractivos que son: rojo, amarillo, blanco o solferina, contiene semillas negras. Su cosecha se inicia y finaliza el mes de mayo (Sánchez, 2002).

Las pitayas son originarias de las zonas del centro y norte de México, incluyendo a nivel internacional Israel, Colombia y Nicaragua. (Claridades Agropecuarias, 2000). A nivel nacional se encuentra Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, Puebla y Oaxaca (SIAP, 2014).

2.1.1 Composición nutricional de la pitaya

La pulpa de pitaya presenta una composición nutricionalmente, ha sido revelada por medio de estudios bromatológicos (Sánchez, 2002) por cada 100 gramos de fruta comestible, agua (aproximadamente 85%), carbohidratos (9.05%) dentro de las cuales sobresalen la glucosa, fructosa y sacarosa. También contiene cantidades importantes de fibra cruda (3.29-6.10 g) que equivale el contenido de celulosa, hemicelulosa y lenina. Dentro de su composición también incluye grasas (0.84%), proteínas (9.07%) y cenizas (3.23%). Es un fruto rico de vitaminas C (21.7 mg) (Sánchez, 2002; Yañez et al., 2009). Se puede observar en la composición química proximal que contiene mayor cantidad de agua, esto nos indica que la fruta tiene mucha humedad, por el cual su descomposición es muy rápida.

El análisis de la composición mineral en la cascara de las pitaya, nos indica que el contenido de nitrógeno varia 0.63 a 1.22%; de fosforo entre 0.07 a 0.11%; de potasio entre 0.98 a 1.07%; de calcio de 0.3 a 0.7% y finalmente de magnesio de 0.5 a 0.7%. El aporte de minerales de la cascara de la pitaya puede ser de gran valor nutricional, ya que es una fuente importante de magnesio, potasio, calcio y fosforo para la fauna silvestre que la consume (Cruz et al., 2007).

En las semillas el contenido de proteínas vario de 12 a 18% de peso seco y el contenido de lípidos oscilo del 13 al 24%. La pulpa y las semillas al ser masticadas en conjunto constituyen una fuente importante de proteínas al consumidor (Cruz et al., 2007).

La pitaya contiene compuestos bioactivos que son pigmentos nitrogenados del grupo llamado betalainas, químicamente las betalainas son alcaloides derivados de la tirosina que son de dos tipos: betacianinas, que brinda tonalidades rojas a violáceo y se forma por condensación de una estructura ciclo-Dopa (dihidroxifenilalanina) con el ácido betalámico, y las betaxantinas que proporcionan coloraciones anaranjadas a amarillentas y se sintetizan a partir de diferentes compuestos amino y el ácido betalámico (Gandía-Herrero et al., 2010; Wu et al., 2006; García et al., 2012).

2.1.2 Producción de la pitaya

De acuerdo a la revista de Claridades Agropecuarias, 2000 la pitaya es una fruta de origen de las cactáceas que podemos encontrar en zonas áridas y semiáridas, es originaria de México, se encuentra distribuida a nivel internacional en cuatro países que son: Israel, Colombia, Nicaragua y México. En México existen la mayor diversidad de cactáceas aproximadamente 75 especies (Balderas et al., 2000).

La producción nacional de la pitaya en México, de acuerdo a la base de datos SIAP se estima que en el 2014 fue de 3 984.92 toneladas, los principales estados productores fueron: Oaxaca con 1974.35 toneladas, Jalisco con 1238.12 toneladas, Puebla con 503.03 toneladas, Nayarit con 148.50 toneladas, Morelos con 93 toneladas, Michoacán con 26 toneladas y Colima 1.92 toneladas.

Las pitayas son frutas exóticas nativas de los trópicos secos de México son resistentes a la sequía, muchas de estas frutas son cosechadas de plantas silvestres o de selecciones de *S.griseus*, *S.stellatus* y *S.pruinosus* cultivadas principalmente en la Región Mixteca de Oaxaca y Puebla o de *S. queretaroensis*, cultivadas en los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato y Querétaro, entre otros (Corrales, 2002).

En región de Oaxaca y Puebla se produce principalmente la especie *S.griseus* la producción de la pitaya de mayo inicia en abril y termina en mayo, el mayor desarrollo de la producción de pitaya se presenta en cinco municipios del distrito de Huajuapán de león: Santiago Chazumba, Cosoltepec, San Pedro y San Pablo Tequixtepec, Santiago Miltepec y Asuncion Cuyotepeji (Sánchez, 2002). Se estima que en el estado de Oaxaca tiene un mínimo de 875 hectáreas de pitaya (SIAP, 2014).

El valle de Tehuacán en el Estado de Puebla existen cerca de 45 especies de cactáceas columnares en esta zona, es considerado el centro de endemismo y diversidad mundial para este grupo de plantas (Dávila, 2002; García-Cruz et al., 2016; Luna et al., 2001).

2.1.3 Comercialización y uso de la pitaya

Actualmente en México existen diferentes niveles de aprovechamiento del recurso de la pitaya, en algunos lugares como la mixteca Poblana sólo se recolectan para el consumo familiar, sin embargo, generalmente la recolección se hace para la venta, existen vías principales de comercialización la primera es un centro de acopio formada por los productores, en donde el mercado de venta generalmente es la Central de Abasto en la ciudad de México, en los mercados regionales como son en las ciudades de Huajuapán de León, Tehuacán, Izúcar de matamoros y Acatlán de Osorio. Así mismo se lleva a cabo en los en los municipios de Palmar de Bravo, San Salvador el Seco, Atzitzihuacán, Cholula, Acatzingo, Amozoc, Atlixco, Tepeyahualco y Puebla (SIAP, 2014; Flores, 2013; SAGARPA, 2015).

La pitaya (*S. griseus*) es un fruto exótico es considerada como una alternativa con alto potencial de producción y comercialización, actualmente ha sido exportada en los Estados Unidos y en la Unión Europea (100 toneladas obtenidas de parcelas certificadas) con valor de embarque de 600 mil pesos enviadas a California para su comercialización. En el caso del embarque para asegurar la sanidad requerida en la exportación en los Estados Unidos, el contenido de embarque se irradia para evitar cualquier posible riesgo de plagas (SAGARPA, 2015).

De acuerdo a lo anterior la pulpa es prácticamente la única parte del fruto que se consume por su textura, sabor y lo atractivo de sus colores, este generalmente se consume en fresco o se consume en el uso culinario en la preparación de aguas frescas, raspados, helados, nieves, paletas, gelatinas y tamales (Sánchez, 2002).

De la misma forma la pulpa se ha elaborado de manera artesanal mermeladas, bebidas, licores, jarabes, jugos concentrados, polvos solubles y colorantes naturales, utilizando como materias primas esencial (Flores, 2003; Corrales et al., 2002). Se han reportado el desarrollo de procesos tecnológicos para la elaboración de conservas a base de pitaya (*Stenocereus ssp.*), tales como el ate y la mermelada (González, 2006; Corrales et al., 2002)

Sin embargo en la actualidad no hay productos de pitaya industrializados comercialmente disponible y poco se conoce sobre las posibilidades de industrialización de los frutos de pitaya, el procesamiento de este fruto representa un gran reto tecnológico, dando que en forma natural presenta ciertas características que resultan desventajosas, si no se tiene suficiente cuidado en la manipulación del jugo de la pitaya se corre el riesgo de que el sistema coloidal se precipite, formando aglomerado, cuya viscosidad se incrementa considerablemente, y se hace muy difícil su manipulación (Corrales et al., 2002).

2.1 Características del nopal

El nopal del genero *Opuntia* es una cactácea que tiene diferentes especies comestibles (*Opuntia ficus indica*) conocida como “nopal verdura” estos reciben el nombre de nopalitos si son frescos, si son pencas adultas de especies silvestres reciben el nombre del nopal forrajero (*Opuntia robusta Wendl*) (Sepúlveda et al., 2007; Mendoza et al., 2014; Pantoja-Capulin et al., 2016) son recolectadas de las nopaleras silvestres durante la época de brotación marzo o junio (Blanco et al., 2008).



Foto 3. Nopal del género *Opuntia ficus indica*.



Foto 4. Nopal del género *Opuntia robusta*.

Se conocen casi 300 especies del genero *Opuntia*, sin embargo, hay solo 10 a 12 especies hasta hora utilizadas por el hombre, ya sea para producción de fruta y nopalitos para la alimentación humana, forraje o cochinilla para la obtención de colorantes, entre ellas se encuentran, como especies cultivadas para producción de fruta tenemos a la *O. ficus indica*, *O. amyclaea*, *O. joconostle*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*. Entre las especies silvestres de las cuales se utilizan el fruto se encuentra también: *O. hyptiacantha*, *O. leucotricha* , *O. robusta*, *O. rastrera*, *O. cantabrigiensis*, y *O. lindelhimeri* (Financiera Rural, 2011;Reveles-Hernández et al., 2010; Saenz et al., 2006).

El nopal *Opuntia robusta Wendl* (nopal tapón) se trata de una planta arbustiva, muy ramificada, de 1 a 2 m de altura, con tronco leñosos y definido, cilíndrico, artículos oblongos a orbiculares, de 25 a 40 cm de longitud los terminales (Guillot et al., 2008; González-González, 2011), en la epidermis tiene dos capas, una de células verdes, llamada clorenquimia y otra capa interna que está formada por un cilindro de células blancas, conocido como parénquima, dentro de estos tejidos existen células mucilaginosas que almacenan mucilago (González-González, 2011).

2.2.1 Composición química y nutricional del nopal

El nopal (*Opuntia robusta Wendl*) en lo que se refiere a su contenido nutricional aporta al cuerpo humano, por cada 100 gramos de fruta comestible, agua (91.2), proteínas (12.2), pectina total (26.6) y carbohidratos (47.2) unidades de azúcar las más abundantes son: arabinosa (35 a 40 %), galactosa (20 a 25%), ramnosa (20 a 25%), y xilosa (7 a 8 %) (Espinoza et al., 2000; Rodríguez et al, 2010; Cal, 2008; Matsuhira et al., 2006; Mendoza et al., 2014). La proporción de estos monómeros en la molécula depende de diversos factores, como variedad, edad, condiciones ambientales y metodología empleada para la extracción, considerando que sea desde el fruta, cascara o cladodio (Medina et al., 2000; Sáenz et al., 2004).

También contiene minerales como hierro, que forma parte de la sangre; calcio, necesario para la formación de huesos, dientes y la coagulación de sangre; en menor cantidad, aluminio, magnesio, sulfatos y fosfatos. En cuanto a las vitaminas y aminoácidos proporciona: Retinol (A), Tiamina (B1), Niacina (B2) y Ácido ascórbico (C); Lisina, Isoleucina, Treonina, Valina, Leucina, Triptofano y Metionina (aminoácidos) (Blanco et al., 2008; Medina et al., 2000; Sáenz et al., 2004). Asimismo contiene abundante fibra, de tipo soluble, contribuyen al buen funcionamiento de los intestinos y ayuda a la digestión en el cuerpo humano (Blanco et al., 2008). Además, actúa como absorbente de grasa, sustancias biliares, colesterol y glucosa (Blanco-Macias y Valdez-Cepeda., 2008).

Entre los metabolitos de importancia biológica se encuentran los fenoles y flavonoides como propiedades antioxidantes (Robles et al., 2011; Ahmed et al., 2005). Los tallos son suculentos y articulados, botánicamente llamados cladodios o pencas, presenta gran capacidad para almacenar agua, ya que poseen abundantemente parénquima; en este tejido se almacenan considerablemente cantidades de agua lo que permite a las plantas soportar largos periodos de sequía (Sáenz et al., 2006).

El cladodio de un mes de edad es más rico en vitamina C, carbohidratos y proteínas, mientras que el cladodio de un año de edad presenta contenidos mayores de calcio, sodio, potasio y hierro, así como de fibra (Reveles-Hernández et al., 2010).

El nopal excreta una sustancia viscosa llamada mucilago o baba de nopal, es un polímero fibroso, altamente ramificado, cuyo peso molecular oscila alrededor de 2.3×10^4 a 13×10^6 g/mol compuesto por polisacáridos (Aquino et al., 2009; Medina et al., 2000; Sáenz et al., 2004) es uno de los componentes más importantes ya que forma parte de la fibra dietética de 51.79 a 67.51% (Rodríguez et al., 2014), del mismo modo contiene ácido galacturónico de 7 a 8% (Rodríguez et al., 2010; Cal, 2008). Tiene la capacidad de formar redes moleculares y retener grandes cantidades de agua (Ruiz et al., 2009), así como de modificar propiedades como viscosidad, elasticidad, textura, retención de agua, además de que es un buen gelificante, espesante, y emulsificante (Álvarez et al., 2007).

En la revista Claridades Agropecuarias, 2011 mencionan que el nopal destaca por ser una verdura entre las propiedades benéficas que poseen están:

- Aporte de fibra soluble e insoluble (Pectina, gomas y mucilagos).
- Poder hipoglucemiante: Una investigación realizada en la Institución para el Estudio de las Plantas Medicinales, generó resultados positivos en torno a esta cualidad del nopal, situándolo como un alimento muy recomendable en el

tratamiento de la diabetes para disminuir las concentraciones de glucosa (azúcar) en la sangre (Financiera Rural, 2011).

- Protector natural contra diabetes y osteoporosis: Un grupo formado por 12 científicos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y la Universidad del Vallé de México (UVM) reconocidos por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), demostró que consumir un promedio diario entre 200 y 300 gr de nopal tierno pude disminuir notablemente el riesgo de desarrollo diabetes. A su vez, se estima que el consumo de 100 gr de nopal maduro al día podría prevenir el debilitamiento de huesos y diente, así como la consecuente aparición de osteoporosis.
- Actividad antioxidante: Debido a su contenido en pectina, carotenos, betalaínas, ácido ascórbico y quercetina.
- Cardiosaludable: La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, ha revelado la importancia por la presencia de alcaloide llamado cactina, considerando un tónico cardiaco que aumenta la fuerza y amplitud de las contracciones del corazón.
- Propiedades digestivas: El nopal tiene sustancias pépticas útiles para la digestión de las proteínas, además de cualidades laxantes, astringentes y alcalizantes por lo que puede resultar útil en casos de úlceras gástricas y estreñimiento, entre otro tipos de afecciones intestinales.
- Regula la glucosa: Estudiantes del Instituto Politécnico Nacional (IPN), desarrollaron una bebida de tuna adicionada con aminoácidos y con la que aseguran que las personas con diabetes pueden controlar sus niveles de glucosa.

- Anticancerígeno: La tunas ejercen una importante acción en la prevención de células anticarcinógenas.

2.2.2 Producción y comercialización del nopal

Los nopales se encuentran en una gran variedad de condiciones agroclimáticas en todo el continente americano tropical y subtropical, además se han difundido a África, Asia, Europa y Oceanía donde también se cultivan y se encuentran de forma silvestre. Actualmente existen en el sur de España y en toda la cuenca del Mediterráneo: Francia, Grecia, Italia y Turquía, llegando hasta Israel. Los árabes la llevaron desde España a África, difundiéndose en Argelia, Egipto, Eritrea, Etiopía, Libia, Marruecos y Túnez. Sin embargo, su distribución es aún mayor; en el continente americano, se encuentra desde Canadá a Chile, en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Estados Unidos de América, México, Perú, Venezuela y varios países de América Central y el Caribe(Sáenz et al., 2006; Lujan et al., 2017; Granados-Sánchez y Casteñeda- Pérez, 2003).

En países como Argentina, Brasil, Estados Unidos de América, gran parte del área plantada con nopales tiene destino forrajero, en Sudáfrica la producción de forraje es aproximadamente 525,000 ha, Etiopía cubre 355, 000 ha (Reveles et al., 2010).

El nopal es originario del continente americano en zonas áridas y semiáridas (Loayza et al., 2007), se reporta 258 especies de nopal en el mundo, en México se tiene una gran variación de nopales adaptados a diversas condiciones ambientales, en nuestro país se encuentran más de 100 especies del género *Opuntia* (Reveles et al., 2010; Ríos y Quintana, 2004). En México es importante agrónomicamente, socialmente y económicamente (Hernández-Castillo et al., 2016; Torres-Ponce et al., 2015). Existe 3 millones ha de nopal nativo y alrededor de 233, 000 ha de nopal cultivado, de las cuales 15, 000 ha son destinadas al consumo humano (como frutos) con una producción de 139, 193 ton anuales (Aguirre-Cárdenas et al., 2011; Torres-Ponce et al 2015).

En la producción de nopal en México participan 19 entidades federativas (Blanco et al., 2008), solo tres estados dominan la obtención del nopal forrajero con el 99.4% del volumen producido y el 99.3% del valor generado son: Zacatecas, Coahuila y Aguascalientes.

Los otros cuatro estados productores son: Chihuahua, Guanajuato y Sonora (Financiera rural et al., 2011; Muñoz- Urias et al., 2008). El principal centro de comercialización en México es la Central de Abasto de Iztapalapa, donde se estima que se comercializa alrededor del 70 % del producto. También se estima que alrededor del 80 % del producto comercializado proviene de Milpa Alta y un 5 a 9 % proviene de Morelos. El nopal se vende con espinas para ser conservado y se distribuye a otras centrales de abasto en el país, mercados, municipios, locales y tianguis (Financiera Rural, 2011). De acuerdo con el artículo sobre el nopal publicado en el número 213 de la revista Claridades Agropecuarias de ASERCA, en los estudios de mercado del Sistema Producto Nopal y Tuna de 2007 y 2008, se identificó un consumo de nopal de 662,560 y 691,564 toneladas, respectivamente, de los que un 85% se consumió en fresco, un 8% se destinó al consumo industrial y un 7% se destinó a la exportación. Esta demanda se concentró en un 75% durante la temporada alta (marzo- septiembre), debido a la oferta existente (Financiera Rural, 2011).

El *Opuntia robusta Wendl* (nopal tapón), es recolectado principalmente en los estados de San Luis Potosí y Zacatecas para ser despinado y empacado en arpilleras para concurrir a los mercados de las siete ciudades más importantes del país y sobre todo para llevarlo a las fábricas de la Ciudad de San Luis Potosí que lo procesan, lo envasan y los exportan a E.U.A, Canadá y Europa, aunque en Estados Unidos de América se cultivan 200 ha y en México 10,500 ha con el propósito de producir nopal (Blanco et al., 2008).

2.2.4 Aplicación del nopal

El uso integral de esta especie representa un gran atractivo para el sector agroindustrial con productos obtenidos a partir de los nopales, de acuerdo a la FAO, 2011:

- Agroindustrial de alimentos y bebidas para el consumo humano: Producción de diversos alimentos como encurtidos, mermeladas, jugos, néctares, productos deshidratados, concentrados, jarabes, bebidas alcohólicas y analcohólicas.
- Agroindustrial de alimentos para animales: Suplementos y piensos de pencas y de desechos de la industria procesadora de tuna como las cascara y semillas.
- Industria farmacéutica: Protectores gástricos de extractos de mucilagos, capsula y tabletas de polvo de nopal (Rodríguez et al., 2014; Majdoub et al., 2001; Ribeiro et al., 2010; Hwan et al., 2013).
- Industria cosmética: Cremas, shampoo y lociones.
- Industria de suplementos alimenticios: Fibras deshidratada y harinas de cladodios como auxiliar en trastornos digestivos (Financiera Rural, 2011).
- Industria productora de aditivos naturales: Gomas de cladodios y colorantes de la fruta.
- Sector de la construcción: Compuestos ligantes de los cladodios.
- Sector energético: Producción de biogás a partir de las pencas.

El mucilago de nopal se considera importante debido a sus propiedades de viscosidad (Sepúlveda et al., 2006), se puede desarrollar aplicaciones como aditivos naturales para la industria alimentaria tales como; espesantes, reemplazantes de grasas, estabilizadores de emulsiones, películas comestibles y recubrimientos (González-González, 2011) de igual manera se aplica en la elaboración de productos procesados como mayonesa microencapsulaciones, cremas, películas comestibles, mermelada y pigmentos (Godínez et al., 2002; Carolina et al., 2015; Medina et al., 2012; Rodríguez et al., 2010; González-González, 2011; Bernardino et al., 2011; Vergara et al., 2014; Medina-Torres et al., 2013, Otarola et al., 2015; Abraján et al., 2015), además uno de usos potenciales secundarios es para la preparación de jugos, dulces y bebidas alcohólicas (Espinoza et al., 2000).

2.3 Tratamiento térmico de los alimentos

El tratamiento térmico es un método de preservación de los alimentos, para prolongar la vida útil, mejorar biodisponibilidad de algunos nutrientes, mantienen la calidad y seguridad, inhibe agentes patógenos y algunos microorganismos, disminuye la actividad enzimática de deterioro (PPO, PME, ETC.) (Patras et al., 2011; Rohm et al., 2009; Walton et al., 2008), generalmente tiene una disminución en nutrientes, tales como: vitamina A, ácidos grasos insaturados, aminoácidos (Rohm et al., 2009; Walton et al., 2008), compuestos fenólicos, niveles bioactivos tales como antocianina total (Aramwit et al., 2010; Chin et al., 2010; Rattanathanalerk et al., 2009; Zepka & Mercadante, 2009), no obstante los carotenoides totales y ácido ascórbico son estables dependiendo de la severidad del proceso (Rohm et al., 2009; Djoua et al., 2009; Kim et al., 2007, 2009; Vásquez-Caicedo et al., 2007).

Es de suma importancia aplicar el tratamiento térmico en las frutas exóticas y sus productos (Patras et al., 2011) esto depende de la materia prima, las condiciones y el equipo a utilizar.

El tratamiento térmico se efectúa mediante la autoclave que es un dispositivo cerrado, funciona en relación con el tiempo, la temperatura y el uso de vapor a presión como agente esterilizante. Las condiciones de la autoclave es ocupar temperaturas altas durante periodos cortos o temperaturas bajas durante tiempos más largos. Las temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) y las presiones estándar (Psi= libras por pulgada cuadrada) empleadas son las siguientes: $115^{\circ}\text{C}/10$ Psi, $121^{\circ}\text{C}/15$ Psi y $132^{\circ}\text{C}/27$ Psi (Judelson, 2014).

2.4 Deshidratación

Las frutas y verduras son una fuente importante e indispensable de vitaminas y minerales para el ser humano, asimismo constituye a un sector importante de la economía de muchos países. Su consumo cada día está en aumento, por lo que se requiere mejores procesos de conservación para prolongar su vida de almacenamiento. El agua contenida en las frutas y verduras representa más del 80% de su peso, lo cual es un factor determinante para su pronta descomposición microbiana. Para preservar las frutas y verduras se han empleado la deshidratación (Ceballos-Ortiz et al., 2012).

El deshidratado o secado es un método de conservación para productos alimenticios, mediante la aplicación de calor para remover la mayoría del agua libre normalmente presente en los alimentos mediante la evaporación, este fenómeno depende de la velocidad de transferencia de calor y masa, la forma, el tamaño, la composición y la estructura del producto (Torres et al., 2016; Espinoza et al., 2016; Mohapatra et al., 2010). Las transferencias simultaneas de calor y masa dependen de gran medida del movimiento de la humedad en la zona capilar, la difusión del vapor a través de los espacios del poro, la difusión líquida y molecular, según la segunda ley de difusión de Fick, la transferencia de humedad durante el proceso de deshidratación depende del espacio intercelular, la deformación del tejido vegetal, la composición química y la estructura química del producto (Mohapatra et al., 2010).

El secado al aire libre es el método de uso común, más comúnmente empleada en la industria de procesamiento de alimentos y actividades de postcosecha en la agricultura especialmente en los países tropicales y subtropicales (Mohapatra et al., 2010; Hernández et al., 2017; Sánchez et al 2017; Vásquez et al., 2006), debido a que el proceso de secado es por convección natural es un procedimiento de secado económico comparado con otras técnicas de secado (Torres et al., 2016), el principal propósito es extender la duración e incrementar la vida útil de varias frutas y hortalizas (Sánchez et al 2017; Vásquez et al., 2006), preservar productos agrícolas por un mayor tiempo, para evitar su descomposición, reduciendo las pérdidas y aumentando la disponibilidad de alimentos para la población (Hernández et al., 2017) de esta forma se inhibe el crecimiento microbiano y la actividad enzimática (Espinoza et al., 2016).

El mercado nacional alcanzó en el 2013 un total de exportaciones de frutos secos y deshidratados de US \$77 millones, con un crecimiento de 102.1 % en los últimos años. Este mercado se encuentra actualmente en medio de un periodo de fuerte expansión y posicionamiento internacional, con exportación que alcanza los US\$ 700 millones a nivel mundial. El procesamiento para llevar a cabo el deshidratado o secado debe seguir una determinada secuencia. Primeramente la fruta u hortaliza debe ser dispuesta en bandejas con fondo de malla de modo que no se toque o superponga. La fruta debe ser cargada en las bandejas tan pronto como se prepara, para evitar que las piezas se peguen entre sí. La mayoría de los frutos se secan a 60-70°C. Las frutas se secan hasta que tengan el contenido de humedad final deseado (15% convencionalmente) (Espinoza et al., 2016).

Los secadores solares se clasifican en dos amplias categorías: pasiva y activa. Los secadores pasivos usan solo el movimiento natural de aire caliente, es aquel en el que la comida está directamente expuesto a los rayos de sol, son mejores para secar pequeños lotes de frutas y verduras, las muestras de alimentos se colocan en una bandeja perforada que permite que el aire fluya a través de él y la comida.

Los secadores activos están diseñados incorporando medios externos, como ventiladores o bombas (Phoungchandang et al., 2009).

2.5 Ingredientes y alimentos funcionales

Los alimentos funcionales son aquellos alimentos que poseen algún Componente Fisiológico Activo (CFA) cuya finalidad es proporcionar un beneficio para la salud, aportan compuestos químicos o microbiológicos que son beneficiosos al consumidor, no solo desde el punto de vista nutricional si no desde el mejoramiento de muchos procesos fisiológicos al interior del cuerpo humano, mejorando el estado general de salud (Cañas et al., 2011; Chen, 2011) como la circulación, la digestión, la disminución de osteoporosis, prevención de la diabetes, entre otros (Quintero et al., 2011; Jones y Jew 2007). Los alimentos funcionales representan una gama de alimentos, hoy en día es el principal argumento para el desarrollo de nuevos productos, alimenticios (Cañas et al., 2011; Ferguson, 2009; Cañas et al., 2011; Elleuch et al., 2011).

El tema de los alimentos funcionales fue desarrollado en Japón en los años 80s (Quintero et al., 2011), en la década de 1980 y en 1991 el Ministro de salud, trabajo y bienestar de dicho país definió como un conjunto de normas para la denominación de una categoría especial de alimentos promotores de la salud, denominados FOSHU (alimentos para usos específicos en salud) (Illanes et al., 2015) en la actualidad los fisiólogos han identificado algunos Componentes Fisiológicamente Activos que están en los alimentos como: Fibras alimentarias, fibra soluble, fitoesterol, oligosacáridos, alcoholes derivados de azúcares, ácidos grasos poliinsaturados, omega-3, péptidos y proteínas, glucósidos, Isoprenoides y vitaminas, alcoholes y fenoles, colinas (lecitina), bacterias ácido lácticas, minerales entre otros (Quintero et al., 2011; Illanes et al., 2015).

Los alimentos funcionales pueden ser alimentos naturales, alimentos a los que se les ha adicionado, removido o modificado la biodisponibilidad de alguno de ellos (Illanes et al., 2015) incluyen nutrientes o ingredientes alimentarios que ejercen un efecto beneficioso sobre la salud humana y reduce el riesgo de enfermedades más allá de las funciones nutricionales básicas (Ortega et al., 2017).

2.6 Fibra dietaría

La fibra es un componente complejo de origen vegetal que incluye polisacáridos, oligosacáridos de plantas está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares como: la celulosa, la hemicelulosa, las pectinas y la lignina; los cuales son resistentes a la hidrólisis de las enzimas digestivas del intestino delgado y llegan al intestino grueso y son atacados por la microflora colónica, dando como resultado ácidos grasos de cadena corta, hidrogeno, dióxido de carbono y metanol (Ramírez, 2017; 12 Escudero et al., 2006; Cañas et al., 2011).

La fibra ha sido estudiada, ofrece diversos beneficios a la salud humana, su ingestión se ha relacionado con la prevención de ciertas patologías como la diabetes, cardiopatía o neoplasias del estómago, aligeramiento del tránsito intestinal, alto colesterol, cáncer de colon, desordenes gastroestinales entre otros. (Ramírez, 2017; Cañas et al., 2011; Ajila et al., 2008; Godard et al., 2009). Varios estudios han demostrado que la fibra dietaría puede aumentar la saciedad y disminuir el apetito, contribuyendo así al control de la ingesta de alimentos (Ortega et al., 2017), donde el efecto saludadle es efectivo con una ingesta diaria de referencia (IDR) de 20 a 28g/ día, en relación 14g de fibra dietaría por cada 1.000 caloría ya que ingestas superiores a los 50g/día no aportan beneficios adicionales (Cañas et al., 2011; Ortega et al., 2017).

La fibra dietaria (FD) se encuentra principalmente en las paredes de las células vegetales, ha sido definida por la Asociación Americana de la Química de los Cereales (Cañas et al., 2011). Recientemente se están usando las frutas y hortalizas han recibido mucha atención como fuentes de sustancias biológicamente activas (Cañas et al., 2011; Ajila et al., 2008; Dayet et al., 2009), la característica más relevante de estas fuentes es su gran disponibilidad y bajo costo (Elleuch et al., 2011).

Las fibras naturales han sido objeto de diversos estudios como parte de la dieta humana, ha sido clasificado de una forma simplificada en:

La fibra soluble en agua (viscosa), retienen más agua en los segmentos digestivos iniciales son fermentadas en el colon por las bacterias (inulina, pectinas, gomas, mucílago, β -glucanos, fructooligosacaridos y algunas hemicelulosas) captan agua y son capaces de formar geles que acelera el tránsito intestinal, con lo que se produce más masa bacteriana que contribuye a la masa fecal, pero desaparece el agua que retenían (Ramírez, 2017; 23 Lambo et al., 2005).

La fibra insolubles en agua (no viscosa) que sólo fermentada en una parte limitada del colon (celulosa, hemicelulosa y lignina) es aumentar el volumen del bolo fecal y disminuir el tiempo de tránsito intestinal, contribuyendo decisivamente a los contenidos fecales por el residuo no digerible y en menor proporción al agua retenida, así mismo ayuda a prevenir el estreñimiento (Ramírez, 2017; Fernandez-Miranda, 2010; Ortega et al., 2017).

Otra clasificación se debe lugar de procedencia en la planta: las fibras largas; (duras y blandas) provenientes de la parte del sistema vascular de hojas o del tallo, mientras que las fibras cortas; provienen de semillas o frutos, y las fibras misceláneas; se encuentra en diversa regiones de la planta (Aquino et al., 2007).

Los concentrados de fibra dietaria de frutas y hortalizas tienen buenas cualidades nutricionales (Ajila et al., 2008), son usados en la industria de alimentos en el aprovechamiento de residuos, recuperando una valiosa biomasa y diversos nutrientes como ingredientes funcionales (Eim et al., 2008; Elleuch et al., 2011), estos pueden ser obtenidas mediante tratamientos químicos, enzimáticos y físicos seguramente ampliará sus campos de aplicación (Elleuch et al., 2011).

ANTECEDENTES

3. ANTECEDENTES

Keenan et al., 2010. Evaluaron las características físicas, químicas, termofísicas y sensoriales de “purés” de frutas. Los resultados indicaron que los purés de frutas tienen estabilidad nutricional y sensorial se trataron térmicamente con un tiempo de 10 min, teniendo reducciones significativas en la actividad antioxidantes y fenólico, los valores de enrojecimiento (a^*) mostraron un aumento en los purés de frutas, en comparación con los purés fresco almacenadas durante 30 días, concluyeron que los purés son productos suaves, ricos, aromáticos y nutritivos para el consumo humano.

Barboza et al., 2010. Evaluaron las características químicas, perfil de textura y análisis sensorial de cinco formulaciones de panque con nopal fresco (*O.amyclaea tenore*), se realizó 1 formulación testigo sin nopal, 3 formulaciones con sucralosa-nopal y 1 formulación con azúcar-nopal, los resultados mostraron humedad (35.75-40.00%), fibra dietética total (8.27-10.43%), proteínas (9.54-10.08%), cenizas (2.29%), calcio (0.27-0.375gr) y el valor calórico (216.02-225.68 kcal/100g) . Concluyeron que los panqués tienen un alto valor nutritivo por su contenido de fibra dietética y calcio, asimismo una buena aceptabilidad por el consumidor.

Sokol et al., 2011. Evaluaron el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de 10 purés de calabaza (*Cucurbita máxima*) enriquecido con 10, 20 y 30% de membrillo japonés, fresa, cereza y manzanas. Los resultados mostraron que el puré enriquecido con membrillo japonés es el más atractivo por sus propiedades de vitamina C, polifenoles y antioxidantes. El menos atractivo es el enriquecido con manzana (1.36 – 1.6 mg). Concluyeron que los purés se pueden utilizar como un aditivo enriquecedor, un componente de néctares, batidos, productos para niños o simplemente en repostería.

García-Cruz et al., 2016. Evaluaron la calidad de postcosecha de la pitaya *Stenocereus pruinosus* (Ssp) y *Stenocereus stellatus* (Sss). Los resultados mostraron azúcares reductores Ssp ($57.1 \pm 13.9 \text{ gkg}^{-1}$) y Sss ($60.7 \pm 20.3 \text{ gkg}^{-1}$), acidez titulable Ssp (0.17-0.14 %) y Sss (0.60 a 0.48%), pH Ssp (4.19 ± 0.24) y Sss (4.39 ± 0.15), fenoles solubles totales Ssp ($535.9 \pm 69.8 \text{ mgkg}^{-1}$) y Sss ($707.7 \pm 90.6 \text{ mgkg}^{-1}$), betalainas Ssp ($559.9 \pm 65.1 \text{ mgkg}^{-1}$) y Sss (571.3 ± 66.9) y capacidad antioxidantes Ssp ($4.91 \pm 0.28 \text{ mmolkg}^{-1}$) y Sss ($6.68 \pm 0.72 \text{ mmolkg}^{-1}$). Concluyeron que la pitaya roja tiene un alto contenido de betalainas y actividad antioxidante, además que tienen buena aceptación y gran potencial en el mercado de frutas frescas.

Górnas et al., 2016 Evaluaron las condiciones de horneado en muffins enriquecidos con fresa, cereza, frambuesa o bagazo de grosella negra (50 g / kg). Los muffin se cocinaron en un horno convencional a 3 temperaturas (140, 180 y 220 °C), los compuestos más inestables fueron las antocianinas (36-97% perdidas) y los más estables fueron los glicosidos (0-21% perdió). Se observó una recuperación del 100% ácido neoclorógeno y ácido elágico (95-120% y 341-823%, respectivamente). La temperatura más alta combinada con un tiempo de cocción corto tuvo el mejor efecto sobre la preservación de polifenoles. Concluyeron que los muffins enriquecidos con bagazo de grosella negra tenían un alto sabor, color y aceptabilidad competitivos con muffins de control.

JUSTIFICACIÓN

4. JUSTIFICACIÓN

La pitaya (*Stenocereus griseus*) constituye uno de los principales recursos alimentarios y económicos en la región de la mixteca del estado de Puebla teniendo una producción muy elevada de 503.3 ton (SIAP, 2014), a pesar de esto hay pérdidas de la fruta ya que por lo general su comercialización ésta basada en fresco, su periodo es de cuatro días, esto se debe a su alto contenido de agua. Sin embargo, es altamente perecedera, existiendo importantes pérdidas de postcosecha y teniendo baja concentración de componentes nutricionalmente deseables.

Entre los problemas estructurales que inhiben el adecuado desarrollo de la cadena productiva de pitaya y de nopal, sobresalen los siguientes aspectos: producción en un periodo del año, baja transformación agroindustrial, bajo desarrollo de los canales de comercialización, escaso manejo o nula transferencia tecnológica de punta para seleccionar y empacar el producto, falta de apoyo crediticio a nuevos mercados, mercado interno limitado, no se ha desarrollado el mercado externo, pérdidas de productos en la cosecha y poscosecha, falta de infraestructura para el procedimiento e industrialización, falta de estudios y acciones sistemáticas para la exportación y escasa investigación.

Los productores de Santo Domingo Tonahuixtla tienen el interés y la necesidad de conservar y dar valor agregado a la fruta, ya que el uso se limita solamente a productos caseros y artesanales. En el presente trabajo se propone obtener un puré de pitaya adicionado con mucilago de nopal aplicándolo en la elaboración de “Muffins”. El proyecto pertenece a una red nacional de investigación para el aprovechamiento de derivados nutraceuticos para el control de enfermedades crónico degenerativas.

OBJETIVOS

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar la composición química, físicas y tecnofuncionales de purés de pitaya (*Stenocereus griseus*) adicionados con mucílago de nopal (*Opuntia robusta*) para su aplicación como ingredientes en el desarrollo de “muffins”.

5.2 Objetivos específicos

- Obtener y determinar la composición químico proximal y propiedades tecnofuncionales del mucílago de nopal (*Opuntia robusta Wendl*).
- Determinar las características morfológicas, fisicoquímicas, composición químico proximal y tecnofuncionales de las frutas de pitaya (*Stenocereus griseus*).
- Conservar la pulpa de pitaya mediante el tratamiento térmico por presión a vapor y realizar su caracterización química.
- Preparar y analizar la composición químico proximal, propiedades tecnofuncionales y contenido de compuestos bioactivos de los purés de pitaya (*Stenocereus griseus*) adicionados con diferentes concentraciones de mucílago de nopal (*Opuntia robusta Wendl*).

- Elaborar y determinar la composición químico proximal y el contenido de compuestos bioactivos de los “Muffins” adicionados con purés de pitaya (*Stenocereus griseus*) con diferentes concentraciones de mucílago de nopal (*Opuntia robusta Wendl*).
- Determinar las características físicas (color, textura y microscopia de óptica) de los “Muffins” adicionados con purés de pitaya (*Stenocereus griseus*) con diferentes concentraciones de mucílago de nopal (*Opuntia robusta Wendl*).
- Evaluar sensorialmente los “Muffins” adicionados con purés de pitaya (*Stenocereus griseus*) con diferentes concentraciones de mucílago de nopal (*Opuntia robusta Wendl*).

MATERIALES Y MÉTODO

6. MATERIALES Y MÉTODOS

RESULTADOS Y DISCUSIONES

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

9. RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

10. REFERENCIAS

Álvarez, O. C., Díaz S. C., Ramírez V. D. y Yáñez F.J. (2007). "Secado por Aspersión de Mucílago de Nopal". IX Congreso de ciencia de los alimentos y V foro de ciencia y tecnología de alimentos. Departamento de Bioingeniería. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología. IPN. Guanajuato, Gto. Pág. 277.

Aquino, L.; Rodríguez,J.; Méndez, A.; Hernández, S. (2007). Extracción y caracterización. *Naturaleza y desarrollo*. 10 (1): 1-9.

Aquino, L.; Rodríguez, J.; Méndez, L.; Torres, K. (2009). Inhibición del Oscurecimiento con Mucílago de Nopal (*Opuntia ficus indica*) en el Secado se Plátano Roatán. *Información Tecnológica*. 20(4): 15-20.

AOAC. Official Methods of Analysis 18th Edition, (2005). NCh 841.Of 78 "Alimentos - Determinación de humedad"

AOAC Official Method 942.15. Acidity (Titratable) of Fruit Products. Official method of Analysis of AOAC International, ed. 18, 2005, Cap. 37, p.10.

AACC, American Association of Cereal Chemists, Memorias del Curso Internacional "Almidón y fibra dietética: Química, tecnología y biodisponibilidad, Bello, L.A. (editor), Morelos, México, 2003, p. 102.

AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, volumen II, 1995.

AOAC 923.03 Cap. 32, pág 2. Official Methods of Analysis 18 th Edition, (2005)

A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984.

AOAC, 2000. Official Method of Analysis. 17th Ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., United States of America. 107 p.

AOAC, 1990. Official Method of Analysis. 15th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., United States of America. p. 85-89.

Balderas, V.; Palafox, L.; Castro, A.; Saucedo, C. (2000). Evaluación de las propiedades físicas y calidad organoléptica y nutricional de frutos de pitaya (*Stenocereus pruinosus*). *Iberoamericana de Ciencias*. 3 (7): 87-92.

Bernardino-Nicanor, A.; González-Cruz, L.; Filardo-Kerstupp, S.; Bello-Pérez L.; Güemes-Vera, N. (2011). Carotenoid content, antioxidant activity and sensory evaluation

of low-calorie nopal (*Opuntia ficus-indica*) marmalade. Journal of Food Processing and Preservation. 36: 267–275.

Blanco-Macías, F.; Valdez-Cepeda, R. (2008). Establecimiento y manejo del nopalito para verdura. VII Simposium-Taller: “Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México”. 2: 1-17.

Castellanos-Santiago, E.; Yahia E. (2008) Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 Mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. Food Chemistry. 56: 5758-5764.

Carolina, M.; Carriazo, J.; Iturriaga, L.; Nazareno, M.; Osorio, C (2015). Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (*Opuntia ficus-indica*) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agents. Food Chemistry. 187: 174-181.

Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). (2000). Producción y comercialización de pitahayas en México. Panorama internacional de la producción y comercialización de pitahayas. Revista “Claridades Agropecuarias”. Junio. No.82.Pp.44.

Corrales, J. (2002). Caracterización, poscosecha, aprovechamiento e industrialización de pitayas y pitahayas. . México., Texcoco: CUESTAAM.

Espinoza, N.; González, A.; Pineda, M.; González-Cruz, L.; Bernardino-Nicanor, A. (2000). Obtención de dulces a partir del nopal (*opuntia robusta wendl*). Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo (ITESA). 1: 1.

García-Cruza, L.; Valle-Guadarramaa, S.; Salinas-Moreno, Y.; Luna-Moralesa, C. (2016). Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, and antioxidant activity of *Stenocereus pruinosus* and *Stenocereus stellatus* fruit. Postharvest Biology and Technology. 111: 69–76.

Godínez, S.; Martínez, A.; Ortiz, M.; González-Cruz, L.; Bernardino-Nicanor, A. (2002). Obtención de un aderezo tipo mayonesa sin colesterol a partir del nopal (*opuntia robusta wendl*). 1:1.

González-González, R. (2011). Desarrollo y evaluación de una película comestible obtenida del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) utilizada para reducir la tasa de respiración de nopal verdura. Facultad de Ciencia y Tecnología. 10: 131-138.

Hernández-Castillo, J.; Bernardino-Nicanor A.; Juárez-Goiz J.; González-Cruz, L. (2016). Determinación de los cambios originados por los procesos de asado y freído del nopal verdura (*opuntia ficus-indica*) sobre la concentración de carotenoides, fenoles totales y la actividad antioxidante. Researchgate. 1(1): 526-531.

Judelson, H. (2014). Operation of the autoclaves. Howard . 1: 1-7.

Keenan, D.; Brunton, N.; Gormley, R.; Butler, F.; Tiwari, B.; Patras, A. (2010). Effect of thermal and high hydrostatic pressure processing on antioxidant activity and colour of fruit smoothies. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11: 551-556.

Loayza, D.; Chávez, J. (2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Enseñanza de la química*. 73(1): 41-45.

Luna-Morales, C.; Aguirre, R. (2001). Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México. *Interciencia*. 26(1): 18-24.

Medina-Torres, L.; García-Cruz, E.; Calderas, F.; González, R.; Sánchez-Olivares, G.; Gallegos-Infante, J.; Rocha-Guzmán, N.; Rodríguez-Ramírez J. (2012). Microencapsulation by spray drying of gallic acid with nopal mucilage (*Opuntia ficus indica*). *Food Science and Technology*. 50: 642-650.

Mendoza, B.; Gómez, E.; Hernández, E.; Rodríguez, A.; Chavarría, N. (2014). Elaboración y caracterización de películas biodegradables a partir de mucilago de nopal-caseinato de sodio y mucilago de nopal-pectina. *Ciencias Agropecuarias*. 1: 129-136.

Mercado, J.; Granados, D. (2002). *La pitaya. Biología, Ecología, Fisiología sistemática, Etnobotánica*. Universidad Autónoma de Chapingo. México, 2° reimpresión.

Muñoz-Urias, A.; Palomino-Hasbach, G.; Terrazas, T.; García-Velázquez, A.; Pimienta-Barrios, E. (2008). Variación anatómica y morfológica en especies y entre poblaciones de *Opuntia* en la porción sur del desierto chihuahuense. *Ecología*. 83: 1-11.

NMX-Z-013-1977. Guía para Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Mexicanas.

NMX-F-103-1965. Norma Oficial de Método de Prueba para la Determinación de "Grados Brix"

NMX-F-285. Muestreo y transporte de la muestra para análisis de alimentos.

NMX-BB-014. Clasificación y tamaños nominales para utensilios de vidrio usados en laboratorio.

NMX-F-277. Determinación de sustancias reductoras en muestras de jugo de caña de azúcar.

Patras, A.; Brunton, N.; Da Pieve, S.; Butler, F. (2010). Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 10: 308–313.

Pulido, R.; Bravo, L.; Saura-Calixto, F. 2000. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/ antioxidant power assay. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48: 3396-3402

Pulido R, Hernández-García R, Saura-Calixto F. "Contribution of beverages to the intake of lipophilic and hydrophilic antioxidants in the Spanish diet". *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(2003) 127-32

Rebollar, A.; Romero, J.; Cruz, P.; Zepeda, H. 2002. El cultivo de la pitaya (*Stenocereus spp.*) una alternativa para el trópico seco del estado de Michoacán. Universidad Autónoma de Chapingo. México, 2° edición.

Reveles-Hernández, M.; Flores-Ortiz, M. (2010). El manejo del nopal forrajero en la producción del ganado bovino. *Salud Pública y Nutrición*. 5:130-144

Ríos R. J. y V. Quintana M. 2004. Manejo general del cultivo del nopal. Colegio de Postgraduados, Secretaría de la Reforma Agraria. Manual del participante. México. 81 p.

Robles, M.; Santos, M. (2011). Optimización de las condiciones para el establecimiento de callos de opuntia robusta (*H.L wendl*) y análisis de fenoles y flavonoides. Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. 1.

Rodríguez-González, S.; Martínez-Flores, H.; Chávez-Moreno, C.; Macías-Rodríguez, L.; Zavala-Mendoza, E.; Garnica-Romo, M.; Chacón-García, L. (2014). Extraction and characterization of mucilage from wild species of *Opuntia*. *Journal of Food Process Engineering*. 37: 285–292.

Rohm, H. (2009). Thermal Processing of Food: Potential Health Benefits and Risks. *Society of Dairy Technology*. 63(1): 145-146.

Re, R.; Pellegrini, N.; Preteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. 1999 Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.

Robertson, G. L.; F. D. Monredon, P. Dyssele, F. Guillon, R. Amado and J. F. Thibault. 2000.

Ruiz, H. F., Guerrero, B. J. A. (2009). "Aplicación de las películas comestibles a base de quimostato y mucílago de nopal en fresa (*Fragaria ananasa*) en refrigeración". Tesis de maestría. Ciencia en alimentos. Universidad de las Américas Puebla. Puebla. Pág. 21-23.

Sáenz, C.; Berger, H.; Corrales García, J.; Galletti, L.; García, V.; Higuera, I.; Mondragón, C.; Rodríguez-Félix, A.; Sepúlveda, E.; Varnero, M. (2006). Uso de los cladodios del nopal en productos alimenticios. *Researchgate*. 162:1-165.

SAGARPA: Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentos.(2015). Pitayas y miel de Puebla se exportan a EU y Europa. Delegación Estatal en Puebla Comunicación Social. 26: 1-2.

Sánchez, M. (2002). Propuesta para el desarrollo e implementación de una Metodología en el manejo postcosecha de la pitaya. Instituto de Agroindustrias. 1:1-10.

Sepúlveda, E., Saenz, C. Aliaga, E. and Aceituno, c. (2006). "Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp". Dto. de Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agromicas, Universidad de Chile. Santiago chile.

Torres-Ponce, R.; Morales-Corral, D.; Ballinas-Casarrubias, M.; Nevárez- Moorillón, G. (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(5):1129-1142.

Vásquez-Caicedo, A.; Schilling, S.; Carle, R.; Neidhart, S. (2007). Effects of thermal processing and fruit matrix on b-carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into pure'e and nectar. Food Chemistry. 102: 1172–1186.

Walton, N. (2008). Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues. Trends in Food Science & Technology. 19: 47-51.

Wu, L.; Hsiu-Wen, H.; Yun-Chen, C.; Chih-Chung, C.; Yu-In, L.; Ja-an, H. (2006). Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. Food Chemistry. 95: 319–327.

Yáñez-López, L.; Soriano, J.; Ramírez, G. (2003). Phenology, Postharvest Physiology and Marketing of Pitaya (*Stenocereus griseus*, L.) as a Sustainable Resource. Dept. of Biology, Universidad. 598: 251-254.

FAO Food and Nutrition Paper 14/7 Roma, 1986 Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15 th Edition. U.S.A. (1990).

Official Methods of Analysis A.O.A.C. 15th Edition, U.S.A.(1990)

Manuals of food quality control. FAO Food Nutrition Paper 14/7. Roma (1986).

Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15 th Edition. U.S.A. (1990).

Free Radicals in Biology and Medicine, 26 (9/ 10): 121-37

Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 33: 72-79.

